

CAUSAS E CONSEQUÊNCIAS DA FORMAÇÃO DO *BULKING* VISCOSO EM LODO BIOLÓGICO DE UMA ETE DE FÁBRICA DE CELULOSE

Autores*: Joselaine Broetto Lombardi¹
 Analine Silva de Souza Gomes¹
 Tatiana Heid Furley¹
 Vander José Duque Saldanha²
 Divino Fernandes do Amaral²
 Felipe Cristelli²
 Breno Alexandrino²



RESUMO

Entre os problemas possíveis em uma Estação de Tratamento de Efluentes (ETE), o maior e mais comum é a perda de sólidos no efluente tratado devido a separação insuficiente entre o líquido e a biomassa do lodo ativado durante a decantação. A presença desses sólidos neste efluente pode estar relacionada à formação do *bulking* viscoso, também conhecido como *bulking* não filamentosos. Neste processo, ocorre uma produção excessiva de polímeros extracelulares pelas células bacterianas, o que pode conferir uma consistência gelatinosa ao lodo biológico e provocar redução na sua velocidade de decantação e compactação.

Durante o acompanhamento microbiológico da estação de tratamento de efluentes da fábrica Celulose Nipo-Brasileira S.A. – CENIBRA –, o excesso de polímeros extracelulares foi identificado através da análise microscópica do lodo biológico utilizando a tinta nanquim, método que revelou grandes áreas do flocos biológico impenetráveis à tinta, evidenciando presença de material extracelular em seu entorno e interior.

Em função da presença desse material extracelular foram observados prejuízos na estrutura do flocos biológico, o que comprometia a decantação do lodo e resultava em flotações nos decantadores secundários. Como consequência, foi registrado aumento na concentração de sólidos suspensos totais e sólidos sedimentáveis no efluente tratado. Além disso, a consistência do lodo nos espessadores resultou reduzida nesse período, evidenciando redução da compactabilidade do lodo.

Após avaliação microscópica do lodo e identificação do problema microbiológico, foi possível definir as causas desse fenômeno. Ocorrências de *bulking* viscoso foram identificadas entre os meses de maio, junho e julho/2013, período em que a concentração de oxigênio dissolvido nos tanques de aeração manteve-se elevada e o

residual de nutrientes no tratado estava baixo. Em meados de julho/2013, quando ocorreu o melhor controle na aeração e redução da concentração de oxigênio, já foi possível observar a redução significativa do material extracelular e ausência de *bulking*. Nesse período, melhores resultados também foram observados para a concentração de nutrientes no efluente tratado da ETE.

Palavras-chave: análise microscópica, *bulking* viscoso, deficiência de nutrientes, excesso de oxigênio, material extracelular, tratamento biológico.

ABSTRACT

Among typical problems in Waste Water Treatment plant, the main and most common is the loss of solids in treated effluent due to insufficient separation between liquid and biomass of the activated sludge during decanting. The presence of this effluent solids may be related to the formation of viscous bulking, also known as non-filamentous bulking. In this process, there is an excessive production of extracellular polymers by bacterial cells, which can give a gelatinous consistency to the biological sludge and cause a reduction in the rate of settling and compaction.

During the microbiological monitoring of the wastewater treatment at pulp mill Celulose Nipo-Brasileira S.A. – CENIBRA –, excess extracellular polymers was identified through biological sludge microscopic analysis, using the India ink method, which revealed large biological flake areas impermeable to the ink, indicating presence of extracellular material in the environment and inside the flake.

Due to the presence of this extracellular material, losses were observed in the structure of the biological floc, which impaired sludge settling and was cause of flotation at the secondary clarifiers. As a

* Referências dos autores:

1. APLYSIA Soluções Ambientais, Vitória, ES, Brasil
2. CENIBRA Celulose Nipo-Brasileira S.A., Belo Oriente, MG, Brasil

Autor correspondente: Joselaine Broetto Lombardi. Aplysia Soluções Ambientais. Rua Julia Lacourt Penna, 335. CEP 29090-210 – Vitória (ES). Brasil
 Telefone 55 (27) 3337-4877 – E-mail: joselaine@aplysia.com.br

result, there was an increase in concentration of the total suspended solids and settleable solids in the treated effluent. In addition, the sludge consistency at the thickener decreased during this period, showing reduction in sludge compactness.

After microscopic sludge evaluation and identification of the microbiological problem, it was possible to define the causes for this phenomenon. Occurrences of viscous bulking were identified during months of May, June and July/2013, when concentration of dissolved oxygen in the aeration tanks persisted high, and residual nutrients in the treated effluent was low. In mid July/2013, when better aeration control was performed and with reduced oxygen concentration, it was possible to notice a significant decrease of extracellular materials and absence of bulking. During that period, better results were also perceived in nutrients concentration in the treated effluent from the WWT.

Keywords: biological treatment, excess oxygen, extracellular material, microscopic analysis, nutrient insufficiency, viscous bulking.

INTRODUÇÃO

O sistema de tratamento de efluentes pelo método de lodos ativados consiste em complexa associação de microrganismos composta por bactérias, protozoários e micrometazoários, que oxidam os compostos orgânicos e inorgânicos presentes nos efluentes (BENTO *et al.*, 2005). Tal comunidade constituída nesse sistema é dinâmica e fundamental ao tratamento, de modo que cada espécie tem sua importância para o bom funcionamento do todo (AMMAN; GLOCKNER; NEEF, 1997). A estrutura dessa comunidade apresenta forte relação com as condições operacionais e com a qualidade e quantidade de efluente que alimenta o processo (VAZOLLÉR *et al.*, 1989), de modo que a avaliação microbiológica do lodo é capaz de fornecer informações sobre o desempenho da ETE.

Nas estações de tratamento biológico por lodos ativados ocorrem alguns problemas que podem comprometer a qualidade do efluente tratado. Entre os problemas, o maior e mais comum é a perda de sólidos no efluente tratado devido a separação insuficiente entre o líquido e a biomassa do lodo ativado durante a decantação, condição que pode ser influenciada também pelo *bulking* viscoso. Este fenômeno, também conhecido como *bulking* não filamentoso, se caracteriza por uma produção excessiva de polímeros extracelulares, normalmente associados ao crescimento de bactérias floculantes (VASCO *et al.*, 2009).

A produção excessiva do polímero extracelular pode conferir uma consistência gelatinosa ao floco biológico, ocasionando redução da velocidade de sedimentação e da compactação dos flocos, além de flotação de lodo nos decantadores secundários. A presença em quantidade elevada do polímero extracelular pode ser identificada por avaliação microbiológica, com o auxílio da tinta nanquim (JENKINS *et al.*, 2003).

O controle microscópico do lodo é uma ferramenta útil e rápida para se conhecer o estado de um reator biológico e constitui um elemento base de operação, não só porque permite diagnosticar as patologias

habituais do processo, mas porque também permite prever de forma antecipada o seu aparecimento, assim como ajuda na determinação da concentração ideal de oxigênio, nutrientes e descarte do lodo, evitando, na maioria dos casos, desperdícios (FURLEY *et al.*, 2001).

Enfim, o processo de lodos ativados é muito dinâmico e a relação entre microfauna e condições operacionais da ETE em conjunto indica a eficiência do tratamento do efluente, sendo que ambos devem ser determinados e analisados em conjunto, não isoladamente, (CUTOLO; ROCHA, 2000) para identificação e correção do problema.

METODOLOGIA

O tratamento de efluentes da CENIBRA é realizado pelo sistema de lodos ativados, em duas linhas independentes, com um tanque de aeração em cada (tanques de aeração 1 e 2), gerando efluentes tratados distintos (tratados 1 e 2). A CENIBRA utiliza o controle microbiológico do lodo das duas linhas para monitorar a saúde e o desenvolvimento da microbiota responsável pelo tratamento biológico do seu efluente.

O controle microbiológico foi realizado mediante a caracterização microbiológica de setenta e duas amostras de lodo biológico coletadas na entrada (Ponto 1) e na saída (Ponto 4) dos tanques de aeração 1 e 2 da ETE, durante o período de março a julho de 2013.

Essas análises foram feitas em amostras frescas, usando microscópio Leica com contraste de fase através das objetivas de 10 e 40 vezes e ocular de 10 vezes de aumento, no laboratório da APLYSIA, em Vitória - ES. Para este estudo, a avaliação microscópica baseou-se na análise da morfologia e tamanho dos flocos bacterianos e outras características, como a presença de material extracelular e de bactérias tétrades.

O Teste Nanquim das amostras do lodo foi utilizado para identificar o excesso de material extracelular nos flocos. Nesse teste, a tinta nanquim é adicionada à lâmina contendo amostra de lodo biológico, pois tal método revela presença de áreas do floco biológico impenetráveis ou não pela tinta. Havendo ocorrência de material extracelular no entorno e no interior do floco, a tinta não penetra.

As imagens microscópicas do lodo biológico foram registradas mediante máquina digital NIKON e trabalhadas utilizando o programa de imagens LEICA QWIN.

Concomitantemente ao controle microbiológico, foi realizada a avaliação físico-química completa do efluente tratado, que teve como principais parâmetros os sólidos suspensos totais (SST) e sólidos suspensos voláteis (SSV) - analisados todo dia útil -, sólidos sedimentáveis (SS) - analisado três vezes ao dia -, os residuais de nitrogênio amoniacal e fósforo solúvel - analisados duas vezes por semana - e o acompanhamento da concentração de oxigênio dissolvido medida online na entrada e saída dos dois tanques de aeração. No período de flotação contínua de lodo os valores de SSV eram analisados diariamente, incluindo finais de semana, objetivando um controle maior e uma indicação de resposta da estação de tratamento às medidas tomadas. Adicionalmente, foi

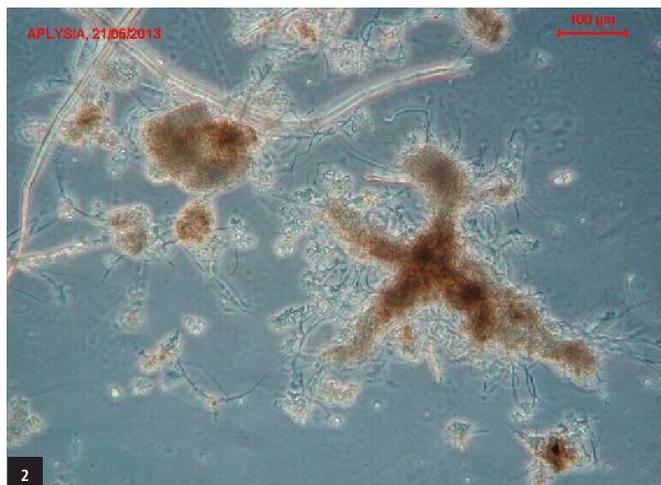
feita também avaliação da consistência do lodo nos espessadores e de todas as condições operacionais da ETE no período.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

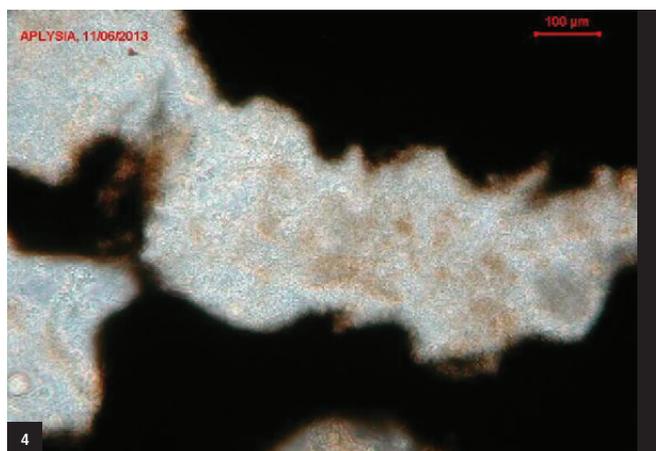
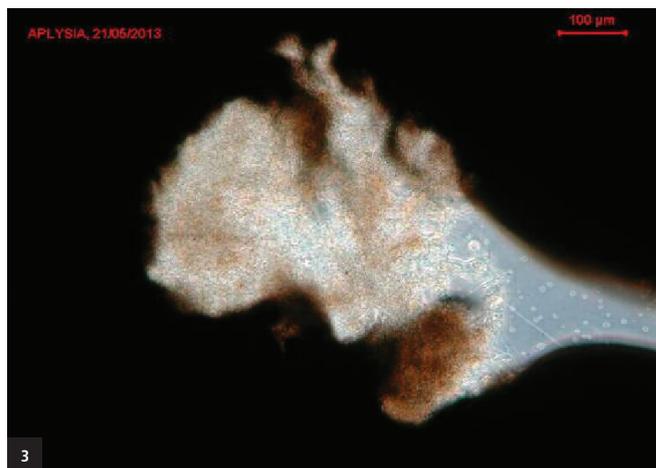
Aspectos microbiológicos: morfologia dos flocos biológicos e arraste de sólidos

Durante o monitoramento microbiológico da ETE da CENIBRA, as análises evidenciaram a presença de polímeros extracelulares nas amostras de lodo biológico coletadas no período de março a julho de 2013. O polissacarídeo extracelular produzido pelas bactérias presentes no sistema de lodos ativados é, em parte, responsável pela formação do floco biológico (RICHARD, 2003), pois permite a adesão entre as células bacterianas.

Nos meses de maio e junho/2013, no entanto, foi registrado um aumento significativo desse polímero nos flocos bacterianos nos dois tanques de aeração. Na **Figura 1**, registrada no mês de março, foi observada pouca quantidade de material extracelular nos flocos biológicos; já na **Figura 2**, registrada em maio, é pos-



Figuras 1 e 2. Flocos biológicos observados durante este estudo, com baixa quantidade (1) e excesso (2) de polímero extracelular



Figuras 3 e 4. Teste Nanquim em amostras de lodo biológico de ETE de fábrica de celulose: (1) Amostra coletada no mês de maio/2013 e (2) amostra coletada no mês de junho/2013, ambas com *bulking viscoso*

sível identificar o aumento do polímero em torno e no interior dos flocos bacterianos. O excesso do polissacarídeo extracelular foi identificado através do Teste Nanquim. Quando em quantidade elevada, esse polímero torna a área do entorno e interna dos flocos impenetrável à tinta nanquim (**Figuras 3 e 4**), fenômeno, esse, denominado *bulking viscoso* (JENKINS *et al.*, 2003).

A presença excessiva de material extracelular confere característica gelatinosa ao lodo biológico, prejudicando sua compactação e sedimentabilidade, como citado por outros autores (JENKINS *et al.*, 2003; *Environmental Leverage*, 2010). ABREU (2004) cita que o *bulking viscoso* está associado a uma produção excessiva de exopolímero bacteriano, que leva à formação de colônias com morfologia característica e com grande capacidade de retenção de água, provocando "inchaço" no lodo com consequentes problemas de sedimentação. Na **Figura 5** nota-se que a consistência do lodo na saída dos espessadores apresentou valores mais baixos nos meses de maio e junho/2013, sobretudo no espessador 2, corroborando com a retenção de água no lodo biológico. Ressalta-se que para a consistência do lodo na saída dos espessadores os valores comumente registrados pela CENIBRA situavam-se entre 3% e 4%.

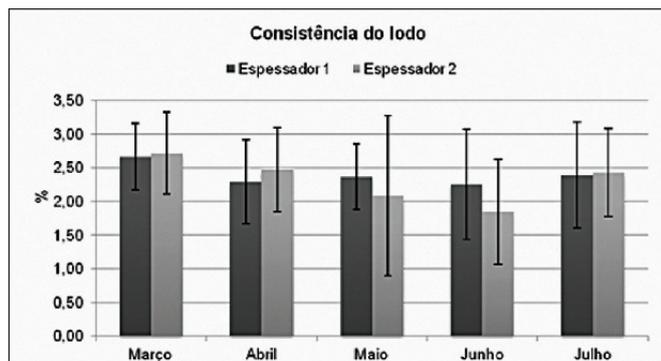
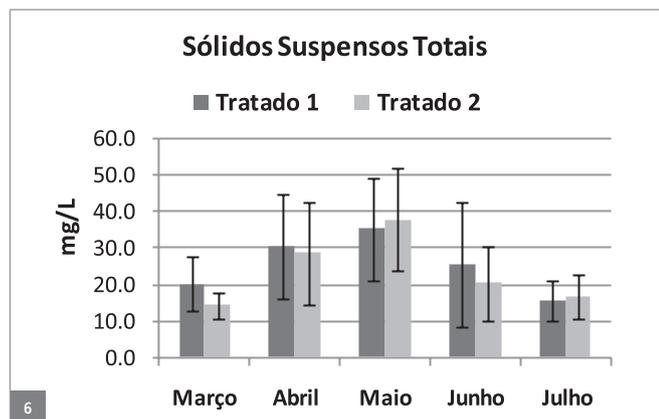


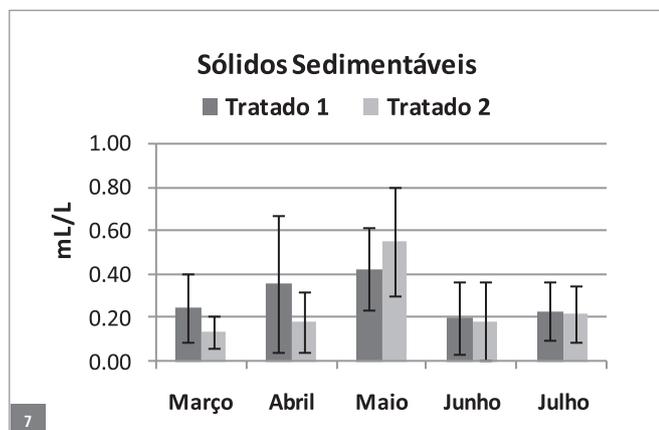
Figura 5. Média mensal e desvio padrão da consistência do lodo avaliados na saída dos espessadores 1 e 2 da ETE da CENIBRA nos meses de março a julho/2013

ABREU (2004) diz ainda que os biopolímeros são agentes tensoativos naturais e um arejamento excessivo do lodo viscoso provoca a formação de espumas brancas, mas que, devido a sua capacidade em capturar biomassa, adquirem rapidamente uma cor acastanhada. Esse fato causa perda de biomassa importante para o efluente tratado.

Aumento de sólidos suspensos totais e de sólidos sedimentáveis foi observado nos efluentes tratados, sobretudo no mês de maio. Nesse mês, os valores médios para o parâmetro sólidos suspensos totais foram: 35,4 mg/L ($\pm 14,1$) no tratado 1 e 38,0 mg/L ($\pm 13,9$)



6



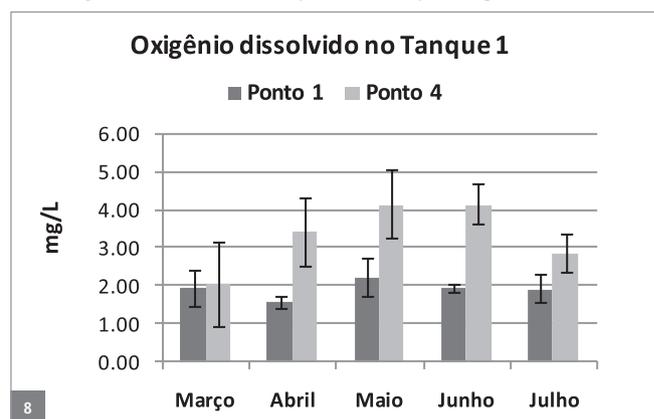
7

Figuras 6 e 7. Resultados obtidos para sólidos suspensos totais e sólidos sedimentáveis medidos nos efluentes tratados nos meses de março a julho de 2013

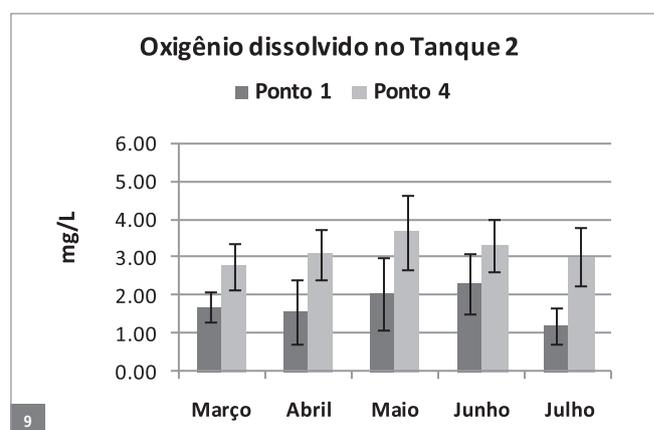
no tratado 2. Já para sólidos sedimentáveis as médias foram 0,43 mL/L ($\pm 0,19$) no tratado 1 e 0,55 mL/L ($\pm 0,25$) no tratado 2 (Figuras 6 e 7). Cabe assinalar que para ambos os parâmetros o tratado 2 apresentou valores mais elevados, indicando pior qualidade para esse efluente, condição influenciada pela menor consistência do lodo biológico registrada nessa linha de tratamento.

Segundo JENKINS *et al.* (2003), a produção desse material extracelular está associada com a alta concentração de oxigênio dissolvido e a deficiência de nutrientes no efluente em tratamento. Para ABREU (2004), a origem mais comum de *bulking* viscoso é a deficiência de nutrientes, especificamente associada a um excesso de matéria carbonácea em relação à quantidade de nitrogênio e de fósforo. Sobre isso, JENKINS *et al.* (2003) informam que a concentração elevada de oxigênio dissolvido favorece o aumento do metabolismo das bactérias, ocasionando um desbalanço, isso porque as bactérias não conseguem obter os nutrientes na mesma velocidade com que a matéria orgânica é degradada, condição que afeta o desenvolvimento dos microrganismos da ETE.

Os resultados desses parâmetros confirmam a assertiva, tendo em vista a elevada concentração de oxigênio dissolvido nos tanques de aeração e a baixa concentração residual de nutrientes no efluente tratado, principalmente em maio/2013. Os dados da ETE evidenciam que do mês de abril até a primeira quinzena de julho a concentração de oxigênio dissolvido (OD) apresentou valores elevados (superiores a 3,0 mg/L) em ambos os tanques de aeração (Figuras 8 e 9).

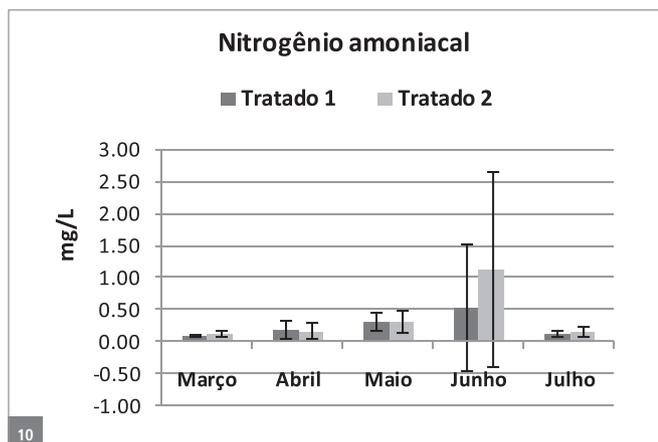


8

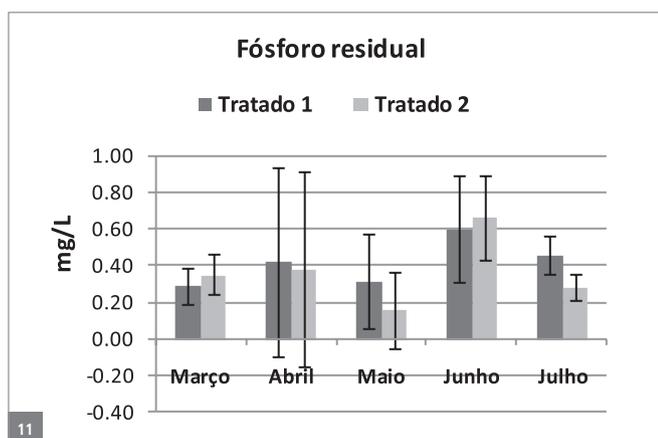


9

Figuras 8 e 9. Média mensal e desvio padrão da concentração de oxigênio dissolvido nos tanques de aeração 1 e 2 nos meses de março a julho/2013



10

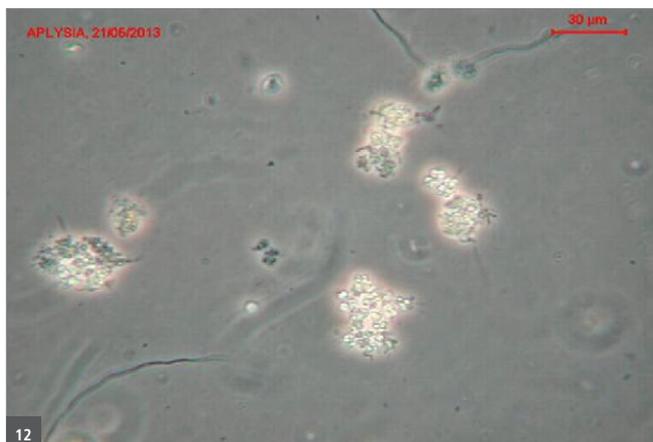


11

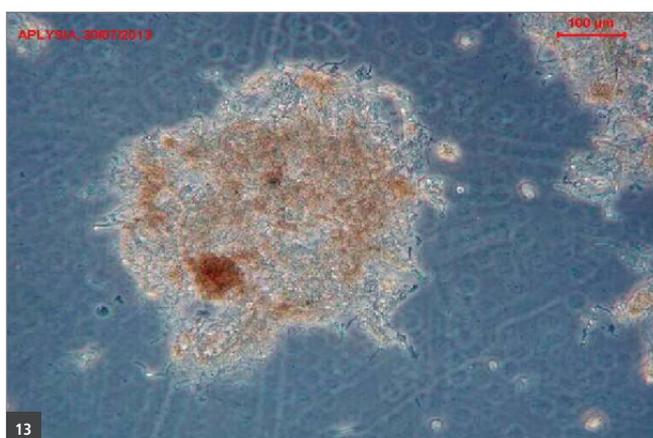
Figuras 10 e 11. Média mensal e desvio padrão da concentração de oxigênio dissolvido nos tanques de aeração 1 e 2 nos meses de março a julho/2013

As concentrações médias mensais mostram que os maiores valores foram registrados nos meses de maio e junho/2013; além disso, a taxa elevada de OD foi registrada na saída dos tanques de aeração (Ponto 4), onde a concentração de matéria orgânica é menor e, portanto, a demanda de oxigênio dissolvido também é reduzida.

Ao avaliar a disponibilidade de nutrientes no tratamento biológico, através do residual desses compostos nos efluentes tratados 1 e 2, foram observadas baixas concentrações de compostos na maioria dos meses avaliados (**Figuras 10 e 11**). Alguns autores reforçam a importância da concentração mínima de 1,0 mg/L de residual para nitrogênio e fósforo, necessária para suprir a demanda do tratamento biológico (RICHARD, 2003; *Environmental Leverage*, 2006). Sendo assim, os resultados de nitrogênio amoniacal e fósforo total solúvel avaliados nos efluentes tratados evidenciam deficiência de nutrientes durante o período, pois que os valores estiveram abaixo do mínimo recomendado para esses parâmetros. Os valores médios mensais mostram que no mês de junho houve maior disponibilidade desse nutriente em relação aos demais meses avaliados e, mesmo assim, as concentrações estiveram abaixo do mínimo recomendado, favorecendo a permanência do *bulking* também nesse mês.



12



13

Figuras 12 e 13. Bactérias tétrades encontradas no tanque de aeração 1 no mês de maio/2013 à esquerda e, à direita, floco biológico sem *bulking* viscoso encontrado neste estudo em julho/2013

Oportuno assinalar que em muitas amostras de lodo biológico, entre os meses de abril e julho/2013, foi observada a presença das bactérias tétrades (**Figura 12**). De acordo com JENKINS *et al.* (2003), esses organismos indicam deficiência de nutrientes, isto é, falta de nitrogênio ou de fósforo ou dos dois nutrientes, corroborando com a baixa concentração residual de nutrientes registrada no período estudado.

A redução de material extracelular nos flocos biológicos foi registrada nos meses de junho e julho/2013, quando houve aumento da disponibilidade dos nutrientes observado pela maior concentração de nitrogênio amoniacal e fósforo total solúvel nos efluentes tratados, condição proporcionada pela melhora na dosagem de nutrientes nesse período. Além disso, realizou-se maior controle da aeração com a paralisação de alguns aeradores fixos em ambos os tanques, a fim de manter as concentrações de oxigênio dissolvido entre 2 e 3 mg/L. Já no mês de julho a condição de *bulking* viscoso era inexistente, com o polímero extracelular encontrado apenas em baixa quantidade nas amostras do lodo da ETE CENIBRA (**Figura 13**). Nesses meses também foram obtidos melhores resultados para sólidos sedimentáveis e sólidos suspensos totais nos efluentes tratados dessa ETE.

Aspectos operacionais: flotação do lodo nos decantadores secundários

No final do mês de junho/2013 os decantadores secundários da linha de tratamento 2 apresentaram ocorrência de flotação contínua de lodo. Esse cenário foi influenciado pela baixa eficiência da recirculação de lodo para o Tanque de Aeração 02 devido aos constantes entupimentos das válvulas telescópicas, isso associado ao *bulking* viscoso identificado no período. Em casos severos de *bulking* pode ocorrer formação de manta de lodo no decantador secundário, e de espuma viscosa com baixa condição de deságue (JENKINS *et al.*, 2003).

A intensa flotação de lodo tomou rapidamente ambos os decantadores da linha de tratamento 2, formando uma espessa camada em sua superfície, como pode ser visto na **Figura 14**. Nas válvulas telescópicas, observou-se grande recirculação de efluente com baixa presença de lodo.

Diversas ações foram tomadas para combate à flotação do lodo. Primeiramente, atenção especial foi dada ao ajuste das válvulas telescópicas, reduzindo sua vazão, pois estavam extraindo pouco lodo e muito efluente, mas também atentando para que nenhuma viesse a entupir. Além disso, a extração de lodo para as prensas foi ajustada de modo a evitar o descarte do pouco lodo ativo que havia no sistema, e também todos os demais parâmetros operacionais da estação, como temperatura e pH, foram rigidamente controlados a fim de evitar maiores impactos na biota.



Figuras 14 e 15. Flotação de lodo observada na superfície dos decantadores da linha de tratamento 2 e coleta manual do lodo flutuado

Adicionalmente às medidas indicadas acima, também houve coleta contínua deste lodo flutuado através dos coletores, recirculando-o no sistema. Esta coleta era realizada manualmente, com um rastelo, conforme visto na **Figura 15**, e contou com a ajuda de um caminhão pipa e um caminhão dos bombeiros, o que demandava mão de obra extra e gerava grande desgaste dos envolvidos. Outra importante medida foi a parada de um aerador fixo no tanque de aeração e a operação de um aerador flutuante próximo (com tampão), de modo a evitar a entrada de oxigênio, funcionando apenas como homogeneizador do lodo biológico. Os demais aeradores flutuantes foram mantidos desligados. Medidas essas que possibilitaram maior controle na concentração de oxigênio dissolvido nos tanques de aeração.

Quinze dias depois, diante da persistência da flotação do lodo, optou-se por isolar um dos decantadores, drenando-o para realização de inspeção em busca de vazamentos ou avarias. Assim, a vazão de efluente enviado às áreas da ETE foi alterada de modo a balancear e evitar sobrecargas em algum dos tanques de aeração. Durante a inspeção do decantador isolado foi encontrado um buraco na caixa de lodo coletado, fato esse que pode ter contribuído de maneira significativa para a situação vivenciada na área, uma vez que ele permitia contato direto do efluente alimentado ao decantador com o que era recirculado.

Além disso, na inspeção foi verificado se a distância entre as rasps do decantador e seu piso estava de acordo com o especificado no projeto, pois, caso houvesse desregulagem nesse parâmetro poderia ser gerada uma zona morta que acumularia lodo e, assim, causaria seu intumescimento com conseqüente flotação.

Com as medidas tomadas, a ocorrência de flotação pôde ser contornada e a estabilidade operacional da ETE restabelecida.

Ademais, cabe assinalar que foi desenvolvido pela CENIBRA um sistema denominado quebra-floco, equipamento acoplado à ponte do decantador secundário quando ocorre a flotação, provocando a quebra do lodo flutuado e facilitando, assim, sua remoção da superfície e permitindo seu retorno ao processo de tratamento (**Figura 16**). Outra melhora significativa gera-



Figura 16. Sistema quebra-floco acoplado ao decantador secundário da ETE da CENIBRA

da pelo equipamento é que seu uso dispensa a necessidade da coleta manual do lodo, reduzindo a demanda de mão de obra e correspondente desgaste.

CONCLUSÕES

A avaliação microscópica de amostras frescas de lodo biológico demonstrou-se muito útil na identificação do *bulking* viscoso em sistemas de lodos ativados, auxiliando na identificação do material extracelular produzido em excesso pelas bactérias no sistema de tratamento e no resultado positivo para o Teste Nanquim. Por meio dessa avaliação foi também possível identificar outras características do lodo, como a presença de bactérias tétrades, que estão associadas à deficiência de nutrientes no sistema de tratamento.

As concentrações de oxigênio dissolvido acima de 3,0 mg/L foram consideradas elevadas para esta estação de tratamento. Valores elevados de oxigênio proporcionam aumento no metabolismo dos microrganismos e geram desequilíbrio relativamente à degradação da matéria orgânica e à obtenção de nutrientes pela microbiota, como identificado por outros autores. Somado a isso, a deficiência de nutrientes, identificada pela concentração residual inferior a 1,0 mg/L de nitrogênio amoniacal e fósforo total solúvel avaliada nos efluentes tratados durante o tratamento de efluentes

de celulose. Esses fatores foram capazes de provocar o *bulking* viscoso no sistema de tratamento biológico de efluentes da CENIBRA, como observado neste estudo.

A presença do *bulking* viscoso comprometeu a sedimentabilidade e a consistência do lodo biológico, afetando, sobretudo, a etapa de decantação. Problemas operacionais foram observados como a flotação de lodo nos decantadores secundários, gerando muitos trans-tornos operacionais. Pode-se afirmar, portanto, que a condição de *bulking* viscoso afeta o tratamento biológico e compromete a qualidade do efluente tratado, tendo em vista a ocorrência de arraste de sólidos para esse efluente, corroborando com o aumento de sólidos suspensos e sedimentáveis nesse efluente.

Fica evidente, também, que a atividade microbiológica na estação é diretamente afetada não só pelos parâmetros de controle da ETE, como o residual de nutrientes e oxigênio nos TAs, mas também pela operação da estação em si. Percebemos, por exemplo, na ocorrência descrita acima, participação contundente da má recirculação do lodo devido obstrução das válvulas telescópicas, do furo existente na caixa destas válvulas e até mesmo da distância inadequada entre as raspas e o fundo do decantador. Enfim, a avaliação microscópica do lodo aliada ao controle operacional da ETE é essencial para o melhor desempenho do tratamento, bem como melhor qualidade do efluente tratado. ■

REFERENCES

1. ABREU, A. A. V., *Identificação de bactérias filamentosas em processo de lamas activadas através da Técnica de Hibridização in-situ de Fluorescência (FISH)*. Minho: Universidade de Minho, 2004. 142 p.
 2. AMMAN, R.; GLÖCKNER, F. O.; NEEF, A., *Modern methods in subsurface microbiology: in situ identification of microorganisms with nucleic acid probes*. FEMS Microbiology Reviews, v. 20, n. 3-4, p. 191-200, 1997.
 3. BENTO, A. P. et al., *Caracterização da microfauna em estação de tratamento de esgotos do tipo lodos ativados: um instrumento de avaliação e controle do processo*. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 10, n. 4, p. 329-338, 2005.
 4. BLUMENROTH, P., BOSECKER, K., MICHNEA, A., VARNA, A., SASARAN, N., 2002., *Development of a biological detoxification process for mining waste waters*. Disponível: <http://www.bgr.de/b412/abwass/abwasser.htm> Acesso em: 30 set. 2002.
 5. CUTOLO, A. S.; ROCHA A. A., *Correlação entre a microfauna e as condições operacionais de um processo de lodos ativados*. In: XXVII CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2000, Porto Alegre-RS. Anais... Rio de Janeiro: ABES, 2000.
 6. FURLEY, T.H. & CARVALHO, A. O. MONTENEGRO, E. S. 2001., *Avaliação do impacto das drenagens sobre a microbiologia da ETE e qualidade do efluente tratado da Aracruz Celulose S.A.* Revista Engenharia Ciência e Tecnologia, v.4, n.3, p 9-18.
 7. JENKINS, D., RICHARD, M., DAIGGER, G., 2003. *Manual on the causes and control of activated sludge bulking, foaming and others solids separation problems*. USA. 190p.
 8. RICHARD, M., *Activated sludge microbiology problems and their control*. 20th Annual USEPA National Operator Trainers Conference, Buffalo, NY, June 8, 2003.
 9. *The Wastewater insight: Are you underdosing nutrients at your plant?* Environmental Leverage, North Aurora, Illinois, v. 3, n. 1, abr. 2006.
 10. *The Wastewater insight: What is Zooglea and how do I get rid of it?* Environmental Leverage, North Aurora, Illinois, v. 7, n. 3, abr. 2010.
 11. VASCO, J.; MAS, M.; SALVADÓ, H., *Caracterización de los microorganismos de depuradoras biológicas urbanas de fangos activos con tratamiento convencional y de eliminación de nutrientes*. Tecnología del agua, Año n° 29, N° 305, p. 68-78, 2009.
- VAZOLLÉR, R.F. et al., *Microbiología de lodos activados*. São Paulo: Cetesb, 1989.