

1039 - APLICAÇÃO DA ANÁLISE MICROSCÓPICA NO CONTROLE DE ESPUMA/ESCUMA EM LODOS ATIVADOS

Ana Luiza Fávoro Piedade⁽¹⁾

Bióloga pela Escola de Ensino Superior do Educandário Seráfico São Francisco de Assis. CEO e sócia-fundadora de Acqua Expert Engenharia Ambiental.

Endereço⁽¹⁾: Acqua Expert Engenharia Ambiental – Av. Ana Costa, 146 - sala 1402 - Vila Matias, Santos - SP, 11060-000 Tel: (13) 3223-8812 - e-mail: ana.luiza@acquaexpert.com.br

RESUMO

PALAVRAS-CHAVE: Lodos-Ativados, Microbiologia, Espuma, Bulking, Microscopia

INTRODUÇÃO

O processo de lodos ativados é o tratamento mais comumente utilizado por todo o mundo, sendo utilizado há mais de 100 anos (WANNER, 2021). Durante esse período de desenvolvimento, foram encontrados alguns problemas ocorridos de forma regular em todos os sistemas. Um problema muito habitual é a formação de espuma. As instalações de lodo ativado que tratam esgoto sanitário e também alguns efluentes industriais específicos podem sofrer com a formação de espuma causada por microrganismos filamentosos. Embora possam ocorrer outros tipos de formação de espuma, como aqueles vistos em fases iniciais de instalação, ou resultantes de um aporte de grandes quantidades de surfactantes, a espuma discutida aqui é o tipo que se vê mais comumente - uma espuma espessa, marrom ou cinza, viscosa e estável (SEVIOUR e BLACKALL, 1999). Na maioria dos casos, altas concentrações de actinomicetos, normalmente associados ao gênero *Nocardia* ou à filamentosa *Microthrix parvicella* encontradas na espuma, embora outras filamentosas possam estar em abundância (HAL et al., 1988).

É importante caracterizar a espuma ao qual o trabalho se refere: um fenômeno trifásico que envolve substâncias nos estados líquido, sólido e gasoso. Ocorre que, além da abundância exacerbada de uma biota hidrofóbica, suas atividades metabólicas também produzem substâncias de alto peso molecular que são igualmente hidrofóbicas, tais produtos são denominados como substâncias poliméricas extracelulares (SPE's ou EPS's, do inglês). Assim como a biota causadora de espuma, esses compostos atuam na superfície do líquido em uma membrana semelhante à um filme denominada por "lamela" (COLLIVIGNARELLI et al., 2020).

No Brasil algumas ETEs que apresentam problemas com formação de espuma relatam apenas um problema estético, mas a grande maioria relata um aumento significativo no trabalho exigido para operar a instalação e/ou uma mudança significativa na qualidade do efluente tratado. As consequências geradas pelo excesso de espuma no tanque de aeração incluem: extravasamento da espuma para as calçadas e áreas circundantes criando áreas perigosamente escorregadias; espuma seca torna a limpeza da instalação mais difícil; o operador pode ter dificuldade em manter um registro dos sólidos na recirculação, uma vez que a espuma pode conter até 40% dos sólidos totais na instalação; a espuma pode putrefar rapidamente em climas quentes, gerando problemas de odor no entorno da ETE; entre outros problemas.

OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é apresentar como a identificação dos microrganismos presentes no lodo e na espuma ajudam a resolver os problemas de formação excessiva de espuma de forma rápida e assertiva, facilitando o trabalho de operadores de dezenas de ETEs no Brasil.

MATERIAIS E MÉTODOS

Ao longo de 2022 foram avaliados o lodo biológico e a espuma do tanque de aeração de 10 sistemas de lodos ativados convencionais e MBR (*Membrane Bio Reactor*) que apresentavam problemas com excesso de espuma.

Para avaliar os microrganismos foram utilizadas as técnicas de análise microscópica propostas por Eikelboom e van Buijsen (1983) e Jenkins et al. (2003). Esta técnica se baseia na coloração Gram e na coloração Neisser com amostras secas de lodo e espuma. Após coloração, as amostras foram analisadas em microscópio óptico - modelo Axiolab 5 ZEISS com câmera AxioCam 208 Color (*Figura 1*), com contraste de fase no aumento de 1000x com óleo de imersão.

A identificação das bactérias filamentosas, causadoras de espuma, seguem a chave dicotômica descrita por Jenkins et al. (2003).



Figura 1: Microscópio utilizado no estudo de avaliação das bactérias filamentosas presentes nas amostras de lodo e espuma

RESULTADOS

A caracterização dos microrganismos das dez ETEs que apresentaram problemas com formação excessiva de espuma, mostrou que a espécie *Nocardia* sp. foi a mais abundante na grande maioria das avaliações realizadas. Contudo, também foram registradas as seguintes espécies: Tipo 1863, Tipo 0092, Tipo 0803 e Tipo 0675. Abaixo estão destacados alguns dos estudos realizados.

Caso 1 - *Nocardia* sp. Nesse estudo foram analisadas as amostras de lodo biológico e espuma de uma Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) de uma indústria de processamento de carne suína. Na ocasião o lodo ativado dessa ETE estava apresentando um grave problema com a produção de uma espuma densa e marrom (*Figura 2*), que além de causar um desconforto visual, estava contribuindo para o escape de sólidos do sistema.

Primeiramente foi coletada uma amostra de lodo biológico do tanque de aeração dessa ETE e também, em um frasco separado, foi coletada uma pequena amostra da espuma (*Figura 3*). Ao observar a amostra fresca do lodo no microscópio no aumento 100 vezes com contraste de fase é possível observar que os flocos biológicos estavam com características de lodo muito saudável, isto é, estavam, grandes, firmes, compactos e

aparentemente com uma quantidade bem controlada de bactérias filamentosas, como pode ser observado na **Figura 4**.

Contudo, quando analisamos a amostra da espuma no microscópio, mesmo na amostra fresca já foi possível observar o bulking filamentososo da espécie *Nocardia* sp. (**Figura 5**). Mas com a amostra corada com GRAM ficou ainda mais evidente este bulking (**Figura 6**), confirmando então que a *Nocardia* sp. era a causadora do excesso de espuma nessa ETE.



Figura 2: Espuma no tanque de aeração proveniente da indústria de carne suína.



Figura 3: Amostra da espuma do tanque de aeração proveniente da indústria de carne suína.

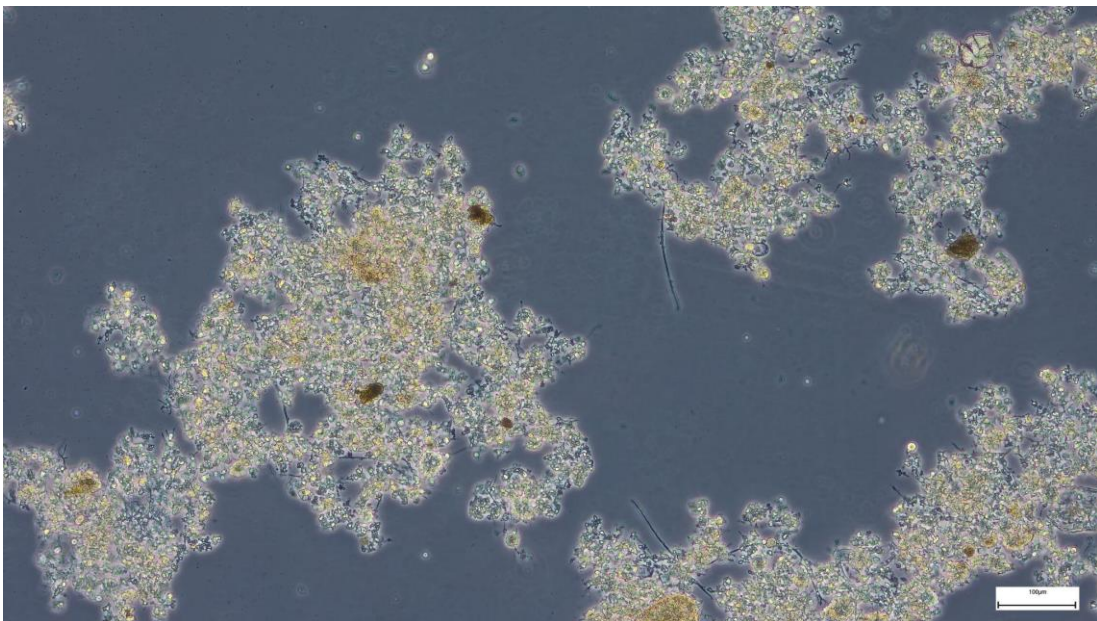


Figura 4: Flocos biológicos registrados na amostra de lodo do lodo proveniente da indústria de carne suína. In vivo. 100 x. Contraste de fase.

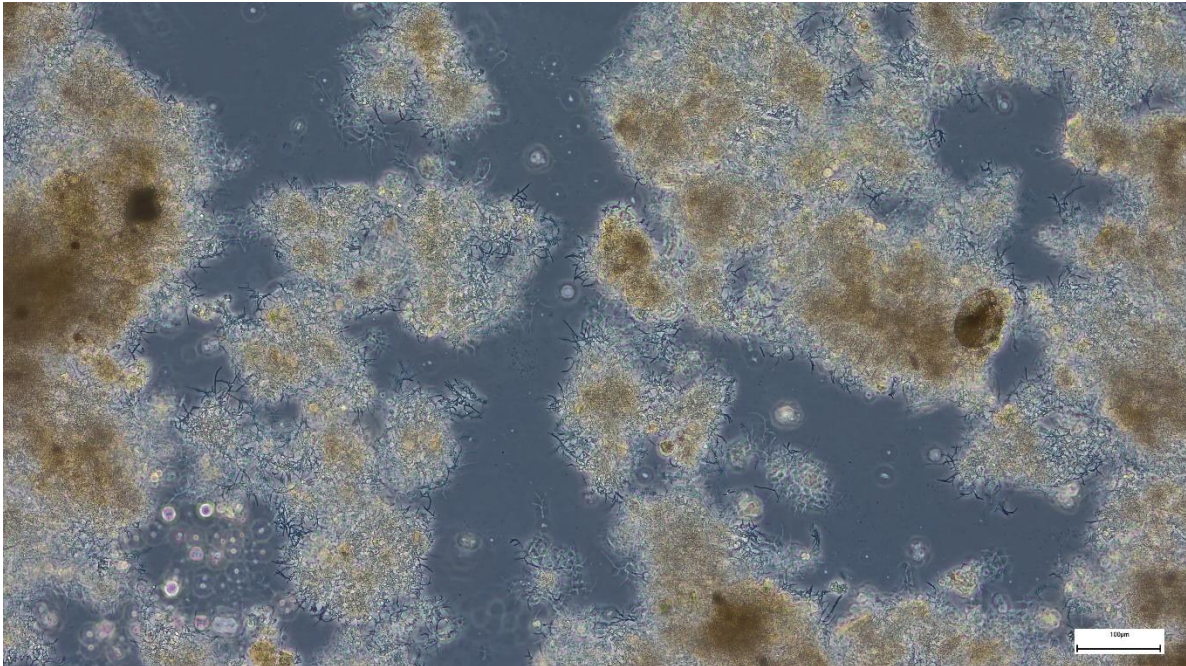


Figura 5: Flocos biológicos com bulking de *Nocardia* sp. registrados na amostra de espuma do lodo ativado proveniente da indústria de carne suína. In vivo. 100 x. Contraste de fase.

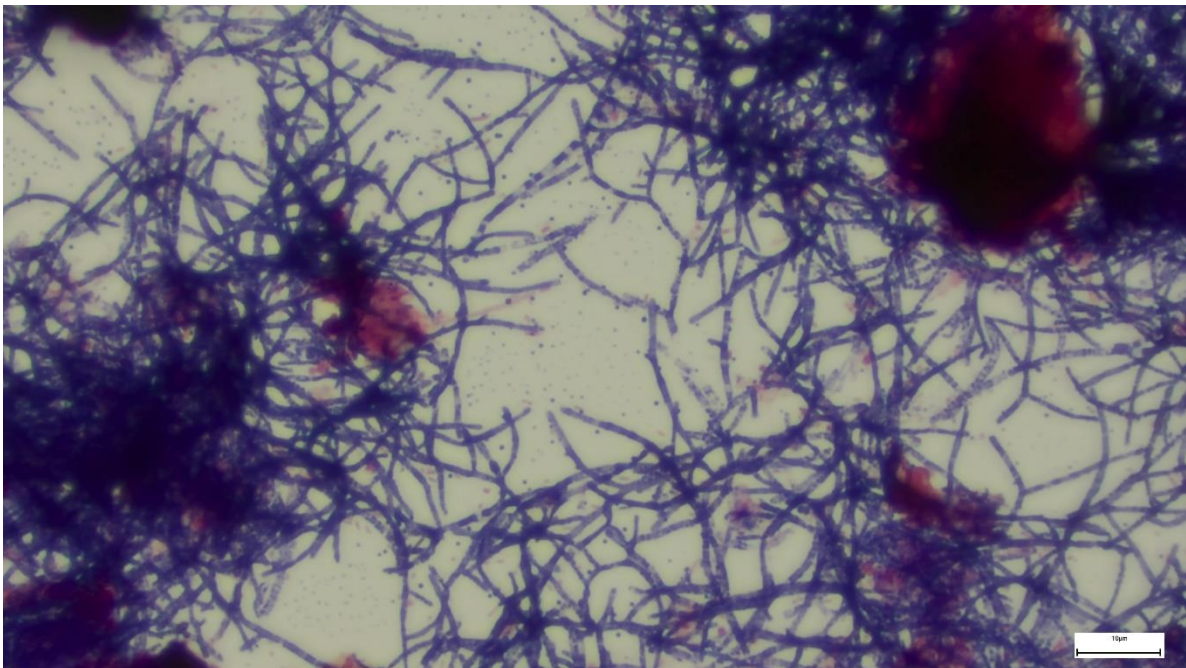


Figura 6: Coloração GRAM. *Nocardia* sp. registrada na amostra da espuma. (Gram positivo). 1000x. Campo claro.

As bactérias do gênero *Nocardia* (**Figura 7**) são filamentosas Gram positivas e Neisser negativas, possuem ramificação verdadeira, com filamentos com comprimento de 5 à 30 µm e largura de 1 µm, ocorrem tanto dentro dos flocos como dispersas no lodo. São conhecidas por serem patogênicas e por sua contribuição em eventos de formação de espuma. O bulking dessas filamentosas ocorre principalmente em condições de alta concentração de gorduras no esgoto e/ou idade do lodo muito elevada.

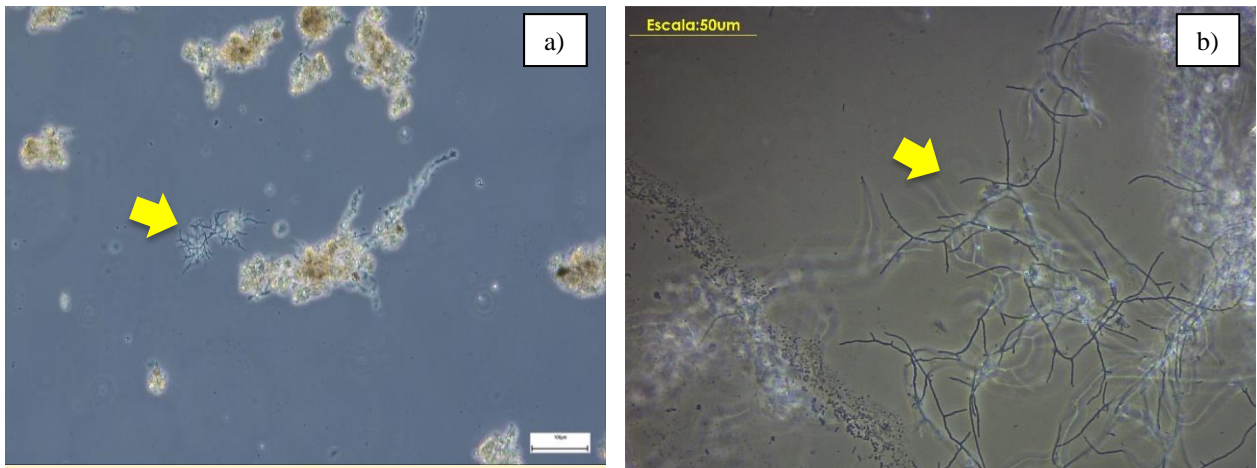


Figura 7: Bactérias filamentosas do gênero *Nocardia* registrados no aumento de 100 x (a) e no aumento de 400x (b). *In vivo*. Contraste de fase.

A teoria atualmente favorecida envolve uma seleção seletiva enriquecimento de organismos de licor misto por um processo de flotação (Blackall e Marshall, 1989). De acordo com Jenkins et al (2003) e Soddell e Seviour (1990) a espuma se forma porque bactérias filamentosas, como as do gênero *Nocardia*, possuem paredes celulares hidrofóbicas, aderem a superfícies de partículas sólidas tornando-as hidrofóbicas, se ligam a bolhas de gás presentes no tanque de aeração produzida pelo sistema de aeração, formando uma espuma trifásica. Estas partículas são pequenas (menos de 300 µm) e acabam sendo flotadas pela fluabilidade das bolhas (Soddell e Seviour, 1990). Além disso, se forma uma película de água entre duas bolhas de ar, criando uma barreira que impede a drenagem líquida e a redução da película, o que torna essa espuma muito estável.

A formação dessa espuma no caso 1 registrado acima se deu em função das elevadas concentrações de óleos e graxas que estavam sendo mantidas em torno de 200 mg/L na entrada do reator biológico. A espuma foi controlada cerca de 20 dias após as concentrações de óleos e graxas ter reduzido para valores abaixo de 50 mg/L.

Caso 2 - *Nocardia sp.* Nesta segunda ocorrência, uma planta de sistema MBR (*Membrane Bio Reactor*) tratando esgoto proveniente das atividades de um *shopping center* relatou ter um grave problema com espuma, atingindo o nível de haver vazamento no tanque, que, além de apresentar um perigo para os operadores por conta do risco de escorregamentos, também diminui a eficiência da planta por conta do descarte de sólidos necessários para o pleno funcionamento da estação. A **Figura 8** mostra a microscopia de uma amostra de espuma, que novamente demonstra a ocorrência da *Nocardia sp.* em formas agregadas ou não aos flocos biológicos. A amostra Gram revelou o bulking de forma mais fácil (**Figura 9**).

Observando ainda a amostra de espuma no microscópio foi possível registrar uma grande quantidade de gotas de óleo (**Figura 10**), sendo possível relacionar o bulking de *Nocardia* nessa amostra também com o excesso de gordura.

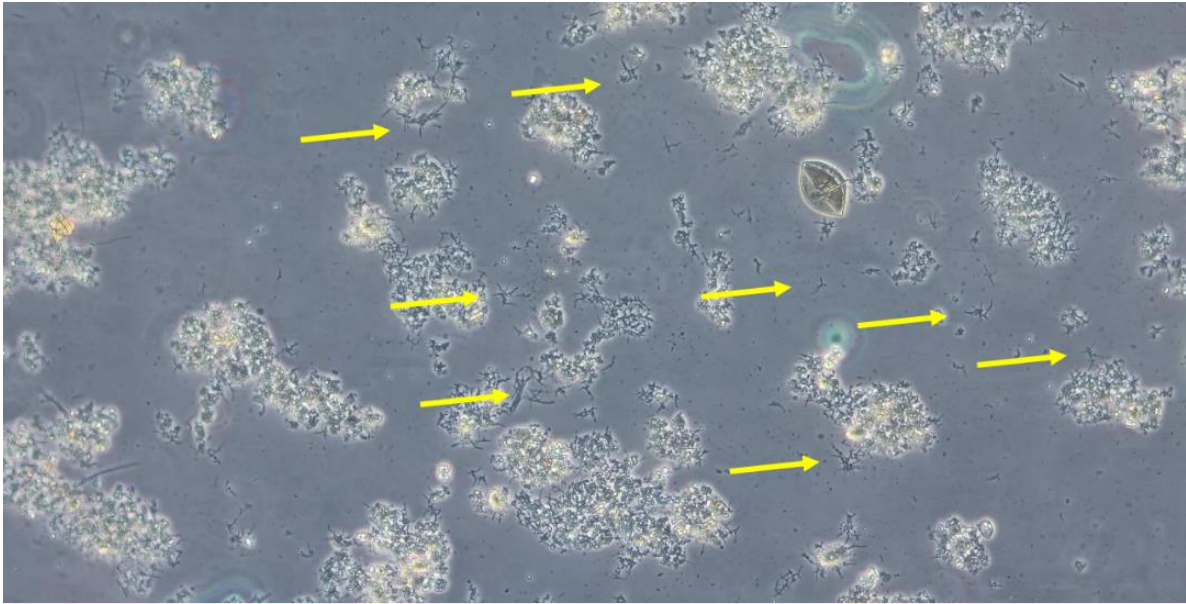


Figura 8: Flocos biológicos com bulking de *Nocardia* sp. registrados na amostra de espuma do MBR de um shopping center. *In vivo*. 100 x. Contraste de fase.

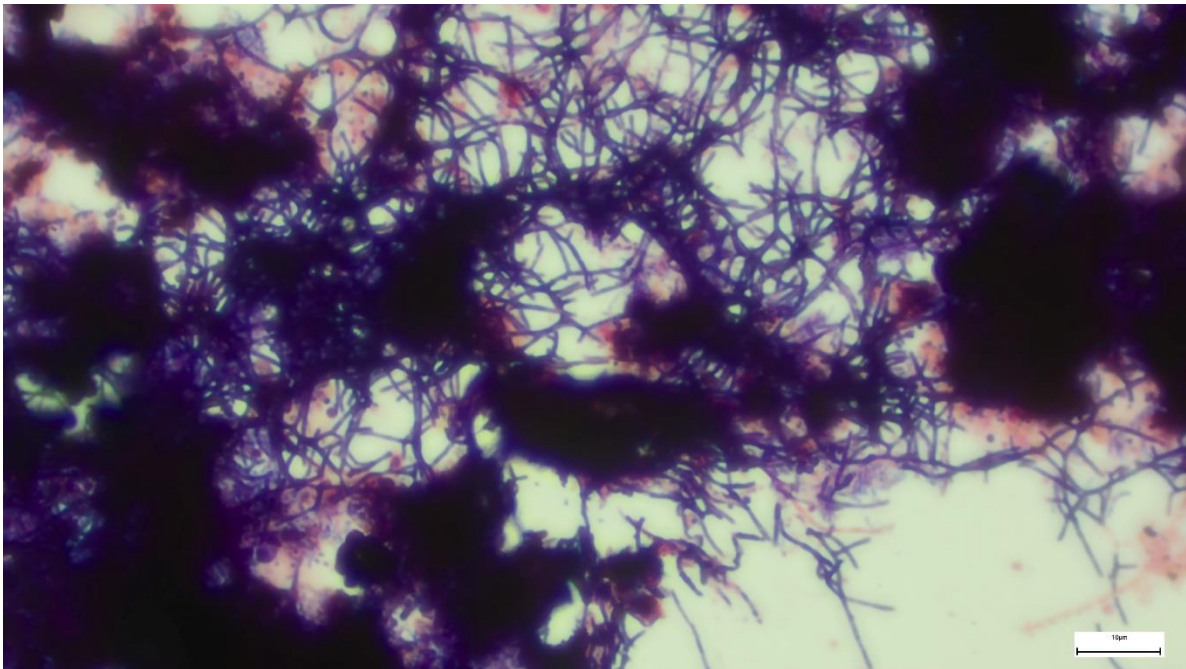


Figura 9: Coloração GRAM. *Nocardia* sp. registrada na amostra da espuma do sistema MBR. (Gram positivo). 1000x. Campo claro.

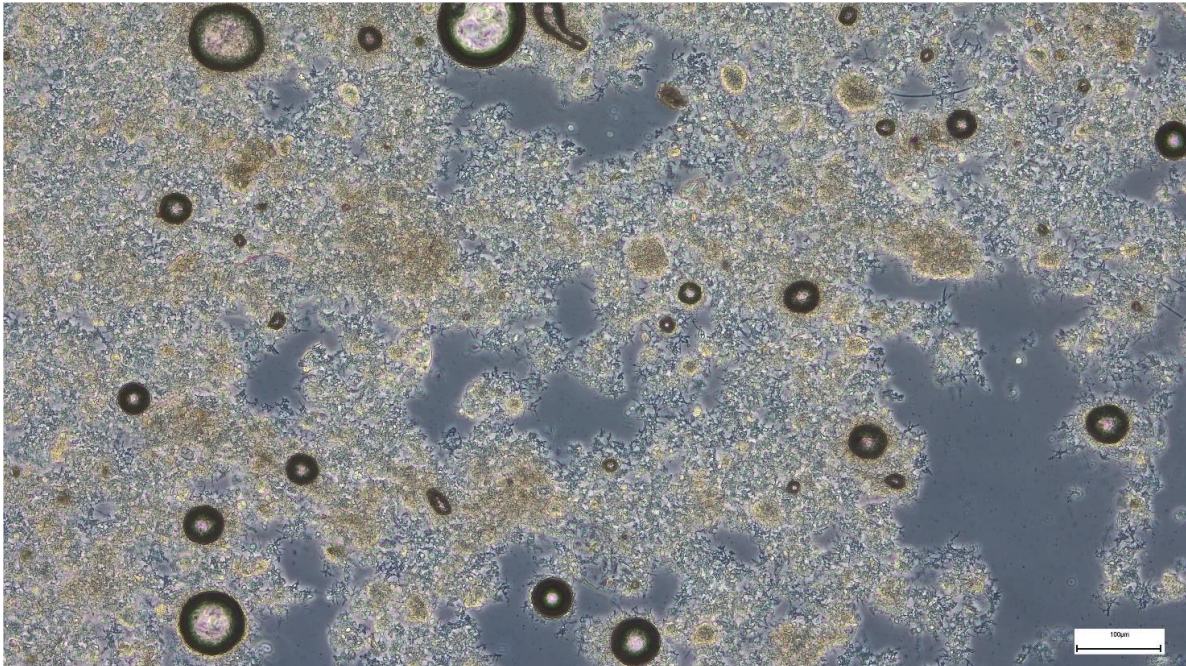


Figura 10: Gostas de óleo registradas na espuma do MBR.
In vivo. 100 x. Contraste de fase.

Caso 3 – Tipo 0803. Neste terceiro caso, foram analisadas amostras de lodo e espuma de uma ETE do tipo Lodos Ativados que trata esgoto doméstico. A espuma estava em grandes proporções, como pode ser observado na **Figura 11**.

Observando então a amostra do liquor misto no microscópio foi registrado flocos biológicos pequenos, firmes, difusos tendendo a compactos, com aspecto mineralizado, bem típico de sistemas com idade do lodo muito alta e com bulking filamentososo (**Figura 12**). A espécie registrada em excesso, tanto no lodo quanto na espuma, foi a Tipo 0803. Trata-se de uma espécie que possui o tricoma reto que pode se estender a partir da superfície do flocos ou ficar disperso no lodo. Os filamentos geralmente têm de 50 a 150 µm de comprimento e 0,8 µm de largura. As células individuais são quadradas, sem indentações nos septos e têm dimensão de 0,8 x 1,0 mm. Sem bainha; sem crescimento anexado; sem ramificação; não móvel (**Figura 13 e Figura 14**).

A espécie Tipo 0803 se desenvolve em excesso em sistemas operando com uma relação F/M muito baixa (<0,05 kgDBO/kgSSV.d) ou idade do lodo muito alta. Logo, a espuma foi controlada alguns dias depois que a equipe de operação dessa ETE conseguiu aumentar o descarte de lodo e controlar a relação F/M em uma faixa em torno de 0,15 kgDBO/kgSSV.d



Figura 11: Espuma no tanque de aeração proveniente do esgoto doméstico.

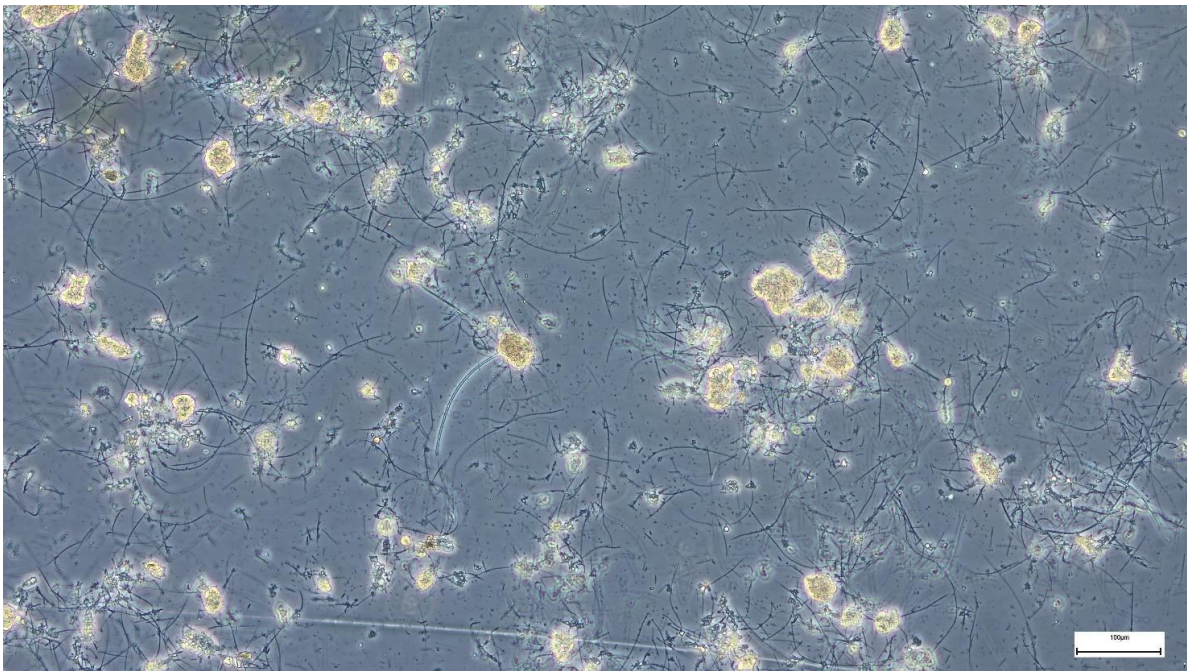


Figura 12: Flocos biológicos com bulking de Tipo 0803 registrados na amostra do lodo ativado que trata esgoto doméstico.
In vivo. 100 x. Contraste de fase.

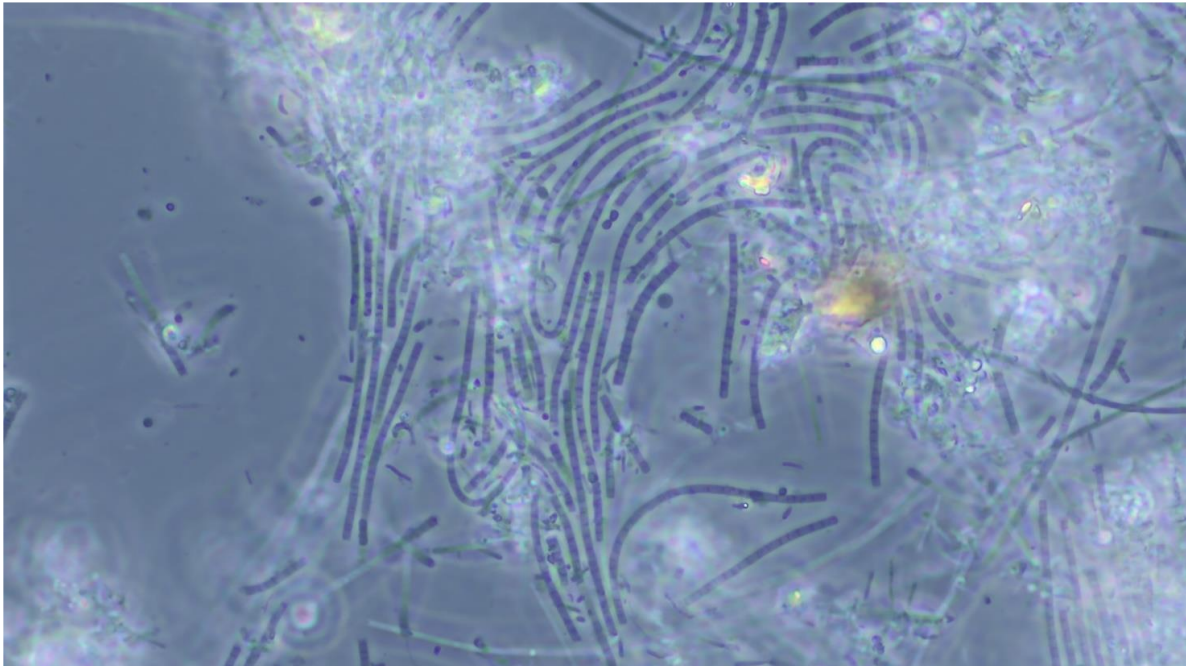


Figura 13: Bactérias filamentosas da espécie Tipo 0803 registradas em grande quantidade na amostra de espuma do sistema de lodos ativados que trata esgoto doméstico.
In vivo. 1000 x. Contraste de fase.

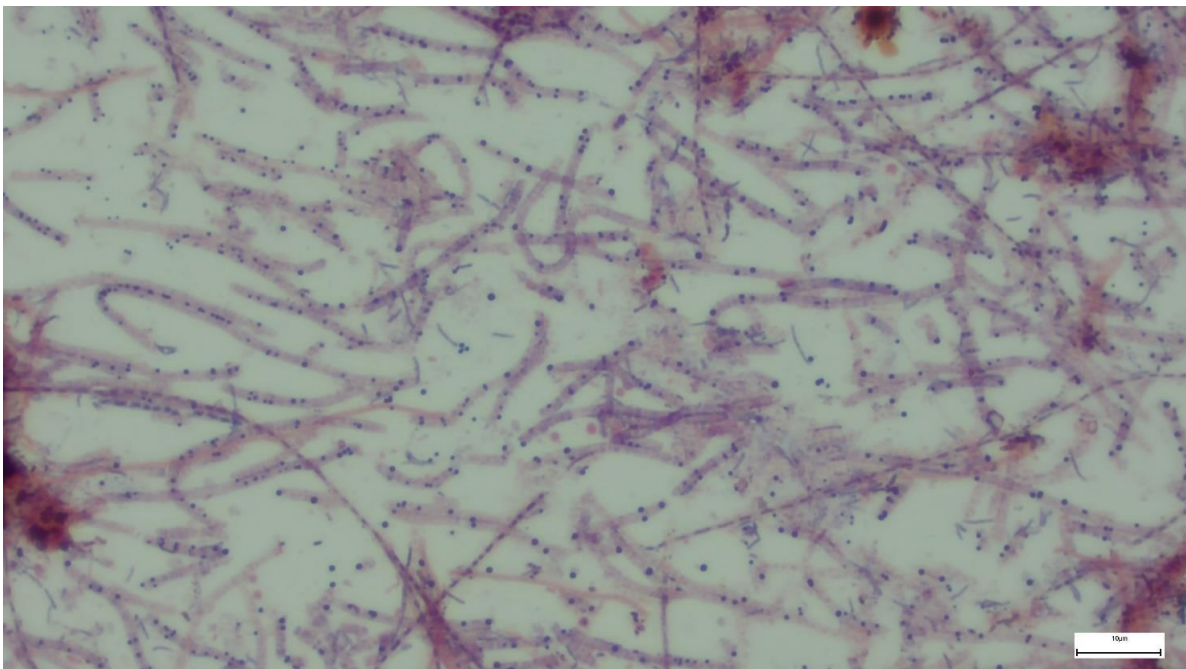


Figura 14: Coloração Gram. Tipo 0803 registradas na amostra de lodo da ETE que trata esgoto doméstico.
(Gram -). 1000x. Campo claro

ANÁLISE DOS RESULTADOS

O bulking dessas filamentosas normalmente está relacionado com afluentes com excesso de gorduras, óleos e graxas e/ou com a uma relação F/M muito baixa e/ou com afluentes que apresentam septicidade elevada, principalmente relacionada com ácidos orgânicos voláteis (BLACKALL, et al, 1991c, BLACKBEARD et al, 1986, GOODFELLOW et al, 1996 e WANNER, 1994a).

Assim sendo, para realizar o controle da espuma causado pelo bulking dessas bactérias filamentosas foi necessário atacar as causas supracitadas. Em algumas ETEs o problema foi resolvido reduzindo a contribuição de óleos e graxas no tanque de aeração para valores inferiores a 50 mg/L. Em outras ETEs, o problema foi resolvido através da redução da idade do lodo. Por fim, em algumas das ETEs avaliadas, o problema de excesso de espuma causado pela alta septicidade, foi resolvido aumentando a concentração de OD no tanque de aeração.

CONCLUSÕES

Este trabalho mostrou que as ETEs que utilizam a análise microbiológica do lodo na rotina operacional conseguiram diagnosticar a causa da formação de espuma e também de outros problemas operacionais de forma muito mais rápida do que as ETEs que não se utilizam dessa importante ferramenta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BLACKALL, L.L., TANDOI, V. e JENKINS, D. (1991c) Continuous culture studies with *Nocardia amarae* from activated sludge and their implications for *Nocardia* foaming control. *J. Wat. Poll. Cant. Fed.*, 63, 44-50.
2. BLACKALL, L.L., AND MARSHALL, K.C. (1989) The mechanism of stabilization of actinomycete foams and the prevention of foaming under laboratory conditions. *Journal of Industrial Microbiology* 4: 181-188.
3. BLACKBEARD, J.R, EKAMA, G.A e MARAIS, G.V.R. (1986). A survey of bulking and foaming activated sludge plants in South Africa. *J. Water. Pollut. Contr. Fed.*, 85, 90-100.
4. COLLIVIGNARELLI, Maria et al. *Foams in Wastewater Treatment Plants: From Causes to Control Methods*. *Applied Sciences*, [S. l.], v. 10, n. 8, 15 abr. 2020.
5. EIKELBOOM, D.H, van BUIJSEN H.J.J. (1983) *Microscopic Sludge Investigation Manual*, 2ª edição. TNO Research Institute of Environmental Hygiene, Delft.
6. GOODFELLOW, M., DAVENPORT, R, STAINSBY, F.M. e CURTIS, T.P. (1996) Actinomycete diversity associated with foaming in activated sludge plants. *J. Indust. Microbiol.*, 17, 268-280.
7. HAL, Oliver et al. A review of the role of *Nocardia*-like filaments in activated sludge foaming. *Water SA*, [S. l.], v. 14, n. 2, abr. 1988.
8. JENKINS, D., RICHARD M. G., DAIGGER G. T. (2003). *Manual on the causes and control of activated sludge bulking, foaming, and other solids separation problems*. 3ª ed.
9. SEVIOUR, R. J., e BLACKALL L. L. (1999) *The Microbiology of Activated Sludge*. 1ª ed.
10. SODDELL, J.A., AND SEVIOUR, R.J. (1990) A review: microbiology of foaming in activated sludge plants. *Journal of Applied Bacteriology* 69: 145-176.
11. WANNER, J. (1994a). *Activated Sludge Bulking and Foaming Control*, Technomic Publishing Co., Lancaster, P A
12. WANNER, Jiří. The development in biological wastewater treatment over the last 50 years. *Water Sci Technol*, [S. l.], v. 84, n. 2, p. 274-283, 12 Mar. 2021.