



II-078 – AVALIAÇÃO PRELIMINAR DOS MICRORGANISMOS EM SISTEMA DE LODO ATIVADO DE INDÚSTRIA METAL-MECÂNICA

Zuleica Souza dos Santos⁽¹⁾

Professora da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI), Mestre em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (IPH/UFRGS). GPAS (Grupo de Pesquisa Ambiente e Saúde)

Fabiana Matze da Silva⁽²⁾

Bióloga. Funcionária da URI. Técnica do GPAS (Grupo de Pesquisa Ambiente e Saúde).

Endereço⁽¹⁾: Av. Universidade das Missões, 464. Santo Ângelo, RS - CEP: 98802-470 - Brasil - e-mail: zuleicasantos@urisan.tche.br

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo identificar e caracterizar os microrganismos presentes no tanque de aeração de lodos ativados, assim como buscar uma inter-relação entre os microrganismos e os nutrientes presentes neste sistema. Estes dados foram utilizados para verificar a eficiência com o sistema de tratamento implantado. O sistema de tratamento sob análise está instalado em uma indústria metal-mecânica situada na região das Missões, noroeste do Estado do Rio Grande do Sul e já tem sido utilizado para vários ensaios na busca da melhoria do processo. Uma das áreas do sistema que não tinha nenhum dado era a identificação dos microrganismos presentes no lodo ativado e a forma com que o substrato vem se comportando ao longo do último período de tratamento. Os dados foram obtidos através de análises microbiológicas e físico-químicas do efluente presente no tanque de aeração e o de saída do processo, segundo metodologia preconizada na *Standard Methods for water and wastewater* (AWWA, 1998). Foram realizadas dez coletas para identificação dos microrganismos e seis coletas para as análises físico-químicas (OD, DQO, Temperatura e pH). Os resultados de saída foram comparados com a Resolução 357/2005 do CONAMA e 128/2006, do CONSEMA-RS. A densidade de microrganismos se apresentou muito baixa e foram observados *Microthrix parvicella*, *Zoogloea ramige*, *Sphaerotilus natans*, *Arcella*, *Euglena sp.*, *Vorticella micróstoma*, *Aspidisca costata*, *Trachelophyllum sp.*, *Amoeba*. Cada um destes microrganismos tem função específica no sistema de lodo ativado e a redução na quantidade determina baixa eficiência do processo, qualificando a necessidade de melhoria do sistema como um todo, talvez na busca de aclimação das espécies benéficas presentes no sistema. Considerando a preocupação da indústria com o meio ambiente e o interesse no bom funcionamento do seu sistema de tratamento foram sugeridas a implantação de novas ações de controle, físico-químico e microbiológico, possibilitando a adequação do sistema às necessidades prementes de adequação da estação, assim como a inserção de organismos adaptados ao efluente sob tratamento. Esta última sugestão requer um trabalho de modificação das condições e/ou criação de um sistema próprio de aclimação criando a expectativa de espécies melhor adaptadas ao efluente da indústria interessada na melhoria do seu processo de tratamento.

PALAVRAS-CHAVE: Microrganismos, lodo ativado, meio ambiente.

INTRODUÇÃO

Este trabalho foi realizado dentro de uma indústria metal-mecânica cujo sistema de tratamento se baseia em lodo ativado. Este tipo de sistema é amplamente utilizado, a nível mundial para o tratamento de despejos domésticos ou industriais nas situações em que seja necessário obter uma boa qualidade do afluente e do efluente de saída da indústria e nos quais a DBO₅ do afluente apresente um valor razoável e pouco material não biodegradável, o que não ocorre neste tipo de indústria, onde existe a presença de metais e substâncias de difícil biodegradação (resinas e substâncias oriundas das limpeza das peças). O princípio deste processo está baseado na oxidação bioquímica dos compostos orgânicos e inorgânicos presentes neste sistema e é realizado pela população microbiana existente. O bom funcionamento deste processo se dá pelo grau de capacidade de floculação da biomassa ativa e da composição dos flocos de lodos ativados presentes no tanque de aeração (Bento, 2005).



Como a indústria sob análise vem realizando várias atividades no sentido de melhorar o processo de tratamento, identificando as variáveis que devem ser alteradas no sistema como forma de promover o aumento da eficiência de remoção da DBO e garantir que os microrganismos existentes no sistema sejam especializados no tipo de efluente industrial, faltava identificar o tipo de organismo presente no tanque de aeração e a maneira como os diferentes tipos aparecem nas variadas conformações do efluente oriundo do processo industrial. Assim como o reconhecimento da identidade dos microrganismos presentes monitorar o afluente que era oferecido a estes organismos. Nesta situação este trabalho teve como objetivo verificar a existência de inter-relação entre os tipos de microrganismos presentes no tanque de aeração de indústria metal mecânica e o bom funcionamento do sistema de tratamento implantado.

METODOLOGIA

O trabalho foi realizado em Indústria Metal-Mecânica, do tipo Fundição e Usinagem, localizada na região noroeste do Estado do RS, na região das Missões. Foram coletadas amostras mensais de dois pontos de coleta, no tanque de aeração e no efluente de saída do processo. As análises foram quinzenais para os microrganismos do tanque de aeração, num total de 12 coletas e mensais, para a determinação dos parâmetros físico-químicos (Temperatura, pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio- DBO₅ e demanda química de oxigênio- DQO), em um total de 6 coletas.

As análises foram realizadas no laboratório de Águas e Saneamento Ambiental da URI – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - Campus Santo Ângelo. Os métodos utilizados para a análise estão de acordo com o *Standard Methods for examination of water and wastewater* (A.W.W.A, 1998). A identificação de microrganismos foi realizada com auxílio de textos de microbiologia (A.W.W.A, 1998; Bicudo e Bicudo, 2004; Bicudo e Menezes, 2005; PPGÉ, s.d.).

Os resultados do efluente de saída foram comparados com os determinados pela Resolução 357/2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) e 128/2006 do Conselho da Secretaria de Meio Ambiente do Estado do Rio grande do Sul (CONSEMA), para disposição de efluente em curso de água natural. Também foram avaliados índices determinantes da adequação do processo de lodo ativado, no sentido de avaliar a forma com que está sendo executado este sistema de tratamento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No aspecto da temperatura, observou-se que a média do ambiente para o período de análise esteve situada entre 19,5°C e 25,5°C para o tanque de aeração, temperatura considerada ótima para este tipo de situação.

Na análise de pH, se verificou uma média de 7,85 no tanque de aeração, valor um pouco acima do recomendado que é entre 6,5 e 7,5, e no efluente de saída a média ficou 7,92, valor dentro do permitido para disposição de efluente dentro de curso de água. Em nenhum momento da avaliação houve problema na adequação deste parâmetro.

Quanto a presença de Oxigênio Dissolvido (OD) no afluente, dentro do tanque de aeração, em grande número de análises, não houve presença de OD, demonstrando que os microrganismos ali presentes tem sua atividade prejudicada, favorecendo os organismos anaeróbicos que conseguem trabalhar sem a presença do oxigênio, este fato demonstra ineficiência na aeração no tanque, ocasionando alta concentração de microrganismos filamentosos, prejudicando assim a sedimentação e a qualidade do processo de Lodo Ativado. Este fenômeno é muito grave pois além do fato já apontado ainda representa um problema visto que existe uma variação no tempo de aeração do sistema, assim como o custo de energia para manter a aeração não é revertido em eficiência do sistema de tratamento. No quadro 1 aparecem os resultados desta análise.

Quadro 1 – Oxigênio Dissolvido do tanque de aeração e efluente de saída

Sistema analisado	Concentração de oxigênio dissolvido (mg/L)						Média (mg/L)
Tanque de aeração	0,22	0,0	0,45	0,0	0,0	0,0	0,11
Efluente de saída	4,68	3,33	4,5	3,06	7,4	4,63	4,6

Já no efluente de saída se verifica uma baixa quantidade de oxigênio na maioria das coletas, exceto na 5ª coleta, onde o efluente apresentou excelente oxigenação, no entanto, é importante verificar o corpo receptor, para garantir que a concentração de oxigênio dissolvido, na zona de mistura, permaneça com valores acima de 5mg/l, em respeito à resolução 357/2005, do CONAMA, para classe 2, pois o receptor ainda não havia sido enquadrado pelo Comitê de bacia.

O Quadro 2 apresenta a DBO₅ do tanque de aeração e do efluente de saída. Percebe-se valores muito baixos deste parâmetro gerando uma incapacidade de manutenção de substrato para as bactérias. A média de 39,4 mg/L é inconsistente com a preservação dos microrganismos e sua capacidade de biodegradação fica prejudicada. Estes valores de DBO nos remete a pensar se este processo apresenta sempre este tipo de situação ou se foi somente no período desta análise?

Todos os valores de DBO₅ do efluente de saída são adequados ao preconizado na Resolução 128/2006 do CONSEMA-RS caracterizando boa qualidade do efluente derivado do sistema, para disposição no corpo receptor.

Quadro 2- DBO₅ no tanque de aeração e no efluente de saída.

Sistema analisado	DBO ₅ (mg/L) nas diferentes coletas						Média (mg/L)
Tanque de aeração	100,1	24,8	24,8	24,8	24,8	37,2	39,4
Efluente de saída	50,1	12,4	12,4	12,4	12,4	12,4	18,7

A DQO que representa a quantidade de oxigênio utilizada para oxidação completa da matéria orgânica e inorgânica do sistema de tratamento com substância biodegradável, pouco biodegradável e não biodegradável, responsável pela dificuldade de degradação a ser enfrentada pelas bactérias no sistema (Santos, 2005), a média no tanque de aeração foi de 134,8 mg / L DQO, um valor não muito elevado mas quando relacionado ao DBO₅ identifica grande dificuldade para a atividade das bactérias.

No efluente da saída, o DQO teve grande variabilidade de resultados (31,1 a 78,4), encontrando-se dentro da legislação vigente, a qual exige uma concentração de até 360 mg/l de DQO, considerando a vazão da indústria, para disposição no corpo receptor. Todos os valores de DQO do efluente de saída são adequados ao preconizado na Resolução 128/2006 do CONSEMA-RS caracterizando boa qualidade do efluente derivado do sistema, para disposição no corpo receptor. O Quadro 3 apresenta os resultados de DQO e a relação DBO₅/DQO. A relação DBO₅/DQO representa a biodegradabilidade do sistema e observa-se que no tanque de aeração ela se situa entre 13 e 26% da matéria presente na DQO como biodegradável o que identifica um sistema pobre, com dificuldade para sobrevivência dos microrganismos e exigindo uma aclimação das bactérias para possibilitar uma melhoria na biodegradação do sistema. Observa-se que esta relação, praticamente, se manteve no efluente de saída.

O Quadro 4 apresenta a capacidade de remoção da DBO₅ e DQO. A remoção da DBO₅ apresentou valores muito abaixo do preconizado para este tipo de sistema de tratamento, com média de 52,8 quando os valores usuais se encontram entre 85-90% (Jordão e Pessoa, 2005; Claas, 2007). Também a remoção de DQO obteve valor médio de 56,1%, baixo, mas considerando a maior parte das análises, proporcionalmente, houve valores um pouco maiores de remoção na maior parte das análises. No entanto, como foram poucas análises foram

realizadas não é possível afirmar que esta diferença seja ou não significativa. Considerando-se que o sistema é caro pode-se considerar que não existe boas condições de desenvolvimento das bactérias.

Quadro 3- Valores de DQO e relação DBO₅/DQO para os sistemas analisados

Sistema analisado	DQO (mg/L)						Média (mg/L)
Tanque de aeração	p.a.	109,7	94,0	78,4	188,1	203,8	134,8
Efluente de saída	p.a.	62,7	47,0	31,1	78,4	62,7	56,4
	Relação DBO ₅ /DQO						Média
Tanque de aeração	p.a.	0,22	0,26	0,31	0,13	0,18	0,22
Efluente de saída	p.a.	0,20	0,26	0,40	0,16	0,20	0,24

Quadro 4- Percentual de remoção da DBO e DQO no sistema de lodo ativado.

Sistema analisado	% de remoção da DBO ₅ e DQO no sistema de lodo ativado, nas análises realizadas						Média
DBO ₅	49,9	50,0	50,0	50,0	50,0	66,6	52,8
DQO	p.a.	42,8	50,0	60,3	58,3	69,2	56,1

Durante o andamento do processo de lodos ativados ocorre enquadramento do processo conforme seu ponto de predominância, que diz respeito à sucessão ecológica exercida pelos microrganismos no processo de depuração biológica da matéria orgânica contida no sistema. A Figura 1 mostra o diagrama de predominância das diferentes espécies em função da carga orgânica presente no sistema (Claas, 2007).



Figura 1: Diagrama de Predominância das diferentes espécies de microrganismos em função da carga orgânica do sistema de tratamento de lodo ativado.

Fonte: Claas, 2007

O ponto A representa o início do processo), o ponto B, demonstra o processo de reprodução, o ponto C é a fase de crescimento, o ponto D já se percebe uma fase de crescimento lento, o ponto E é a fase estacionária e, finalmente, no ponto F ocorre a fase de respiração endógena (Claas, 2007). Os Microrganismos geralmente encontrados neste tipo de sistema de tratamento são: Bactérias, Fungos, Protozoários, Metazoários, Rotíferos, Nematóides, Anelídeos e Algas.

Considerando a carga orgânica e carga volumétrica (CV), o sistema de tratamento de lodo ativado por aeração prolongada, processo instalado na Empresa, pode ser classificado como alta, média e baixa carga. Na classificação de alta carga se tem menor tempo de retenção, de 4 a 10 horas, trabalhando com a classe C no diagrama de predominância e se caracteriza pela presença de lodo jovem, com baixa sedimentabilidade e índice volumétrico de lodo (IVL) alto (Claas, 2007). Na carga média o tempo de retenção é de 8 a 12 horas, operando



no ponto D na sua predominância relativa, indicando lodo bem floculado, de boa decantabilidade e IVL baixo (Imhoff, 1996). Já a carga baixa possui tempo de retenção variando entre 12 a 36 horas. Seu ponto no diagrama de predominância é variante entre o ponto D e E, se definindo conforme o razão entre alimento-microrganismo (A/M). Esse processo é de alta sedimentabilidade, com índice volumétrico de lodo (IVL) baixo (Sperling, 1995).

O período de retenção do processo analisado está acima de 36 horas, operando no ponto E, com lodo pouco floculado e decantação rápida. Este tipo de processo, segundo Sperling (1997) tem como vantagens a forma simples de operação, a estabilização do lodo no próprio reator, a boa resistência a cargas tóxicas e permite maiores variações na carga do processo, independente das condições climáticas. Ao mesmo tempo considera como desvantagens o alto custo de instalação e da operação.

Na avaliação dos microrganismos presentes neste sistema pode ser observada a presença de várias espécies de bactérias, protozoários e algas, como pode ser constatado no quadro 5.

Dentre as bactérias pode ser observado que em boa parte das amostragens houve repetição das espécies de microrganismos, sendo que nas primeiras coletas havia uma quantidade maior, o que pode ser justificado, em parte, por influência da temperatura, pois nas primeiras amostragens a estação era verão, o que pode ter influenciado na sobrevivência dos microrganismos.

Os protozoários encontrados em sua maioria foram os que predominam, usualmente, neste tipo de sistema. Nas últimas amostragens foi constatado ausência de protozoários, presença excessiva de algas, organismos que, em excesso, caracterizam o mau funcionamento do processo (Bicudo, 2004). O papel de maior importância para os microrganismos em ambientes aquáticos está relacionado ao fato que, ao mesmo tempo em que sustentam o elo microbiano, sofrem regulação de suas comunidades pelos nutrientes disponíveis, mantendo assim, o equilíbrio dinâmico do sistema (Bicudo e Bicudo, 2004). Os microrganismos Filamentosos são parte essencial na população de floculação no processo de lodo ativado, dando forma estrutural ao processo de floculação e auxiliando as bactérias a aderência no sistema (Paolo, 2000).

As bactérias encontradas nesse sistema de tratamento são de suma importância para a depuração do lodo ativado, bem como para a formação do floco biológico (Bento, 2005). Representam 90% da constituição dos lodos ativados, sendo unicelulares e vivendo em colônias ou isoladas e são pertencentes ao reino Monera.

Os protozoários constituem 5% da biomassa do lodo, e quando ausentes no processo fazem com que as bactérias não floculem, sendo eliminados juntos com o efluente final, prejudicando o bom desempenho do processo (Sperling, 2001; Class, 2007).

Os microrganismos foram observados por mL, sendo que no total foram encontrados, aproximadamente, um total de 12.000 bactérias, 8.300 protozoários e 10.200 algas, o que caracteriza uma densidade ínfima de microrganismos, considerando as dimensões do tanque. Esta constatação exige uma tomada de atitude dos gestores do sistema de tratamento promovendo atividades capazes de melhorar esta densidade e especializando estes organismos, talvez por uma aclimação feita ao efluente, o cuidado na disposição dos diferentes sistemas de abastecimento da planta de tratamento, o cuidado com a equalização do sistema e o controle dos parâmetros do afluente ao tanque de aeração, assim como a reciclagem do decantador secundário.

No efluente de saída não foi observada presença de microrganismos, podendo-se dizer que o filtro utilizado está sendo eficiente. Após o decantador secundário foi implantado um processo de filtração que melhora a qualidade do efluente a ser colocado no arroio, um tributário do rio Ijuí que está em fase de estudos para elaboração do plano de bacia. O fato da indústria estar buscando uma melhoria do seu processo de tratamento é muito importante para levar um aumento da eficiência do sistema, possibilitando respeito ao ambiente natural, além do atendimento às resoluções vigentes.

Quadro 5: Relação de microrganismos encontrados no Sistema de Lodos Ativados

Coletas	1ª	2ª	3ª
Bactérias	<i>Microthrix parvicella</i> <i>Zoogloea ramigea</i> <i>Sphaerotilus natans</i>	<i>Zoogloea ramigea</i> <i>Sphaerotilus natans</i> <i>Microthrix parvicella</i>	<i>Microthrix parvicella</i> <i>Sphaerotilus natans</i>
Protozoários	<i>Arcella</i> <i>Vorticella microstoma</i> <i>Aspidisca costata</i> <i>Trachelophyllum</i>	<i>Arcella</i> <i>Trachelophyllum</i> <i>Amoeba</i>	<i>Aspidisca costata</i> <i>Trachelophyllum</i>
Classe Rhizopoda			
Classe Ciliophora			
Algas	<i>Euglena sp.</i>	<i>Euglena sp.</i>	<i>Euglena sp.</i>
Coletas	4ª	5ª	6ª
Bactérias	<i>Microthrix parvicella</i> <i>Sphaerotilus natans</i> <i>Zoogloea ramigea</i>	<i>Microthrix parvicella</i> <i>Sphaerotilus natans</i> <i>Zoogloea ramigea</i>	<i>Microthrix parvicella</i> <i>Zoogloea ramigea</i> <i>Sphaerotilus natans</i>
Protozoários	<i>Arcella</i> <i>Aspidisca costata</i> <i>Trachelophyllum</i>	<i>Arcella</i> <i>Aspidisca costata</i> <i>Trachelophyllum</i>	<i>Trachelophyllum</i> <i>Aspidisca costata</i>
Classe Rhizopoda			
Classe Ciliophora			
Algas	<i>Euglena sp.</i>	<i>Euglena sp.</i>	<i>Euglena sp.</i>
Coletas	7ª	8ª	9ª
Bactérias	<i>Zoogloea ramigea</i> <i>Sphaerotilus natans</i> <i>Microthrix parvicella</i>	<i>Microthrix parvicella</i> <i>Sphaerotilus natans</i>	<i>Microthrix parvicella</i> <i>Sphaerotilus natans</i>
Protozoários	<i>Arcella</i> <i>Trachelophyllum</i> <i>Aspidisca costata</i>		
Classe Rhizopoda			
Classe Ciliophora			
Algas	<i>Euglena SP</i>	<i>Euglena sp.</i> <i>Ulothrix</i>	<i>Euglena sp.</i> <i>Ulothrix</i>
Coletas	10ª		
Bactérias	<i>Microthrix parvicella</i> <i>Sphaerotilus natans</i>		
Algas	<i>Euglena sp.</i> <i>Ulothrix</i>		

CONCLUSÕES

Durante a avaliação dos parâmetros físico-químicos foi verificado que o sistema encontra-se com problemas de baixa matéria orgânica, controle do processo e manutenção do sistema. Sugere-se que a empresa realize monitoramento rigoroso da estação, verificando se ocorre variações na vazão, pois este fator interfere na carga poluente, também promover a redução das frequentes paradas nas aerações do sistema, pois o mesmo deve ser bem regulado, podendo causar insuficiência na oxigenação e má homogeneização do lodo, ocasionando problemas de degradação da matéria orgânica e inviabilizando a atividade dos organismos aeróbios, especializados no sistema de lodo ativado.

O interesse e a motivação dos responsáveis pelo sistema de tratamento demonstra a nova visão empresarial voltada para a manutenção do ambiente e do novo paradigma do desenvolvimento que não aceita uma produção alicerçada em desrespeito aos princípios básicos de manutenção da qualidade ambiental. Neste aspecto a convivência com os responsáveis pelo sistema reforçou a crença de que as sugestões estruturadas poderão ser implantadas e melhorar o sistema, finalidade precípua deste trabalho. Atualmente, o sistema foi adaptado a partir das sugestões realizadas ao final deste trabalho.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. A. W.W. A.; A. P. H. A. *Standard Methods for the examination of water and wastewater*. 20th ed. Washington: APHA, 1998.
2. BENTO, A; SEZERINO, P; PHILIPPI, L; REGINATTO, V; LAPOLLI, F. Caracterização da Microfauna em estação de tratamento de esgotos do tipo Lodos Ativados: Um instrumento de avaliação e controle do processo. *Eng. Sanit. Ambient.* V. 10 n° 4, p. 329 – 338, 2005.
3. BICUDO, C. E. M.; MENEZES, M. *Gêneros de algas de águas continentais do Brasil- chave para identificação e descrições*. São Carlos: RiMa, 2005. 489p.
4. BICUDO, C.E. M.; BICUDO, D.C. *Amostragem em limnologia*. São Carlos: RiMa, 2004. 351p.
5. CLAAS, Isabel Cristina. *Lodos Ativados. Princípios teóricos fundamentais, operação e controle*. Porto Alegre. Evangraf, 2007.
6. CONAMA, Resolução n° 357/2005, de 17 de março de 2005. *Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências*. Resoluções do Conama. Ministério do Meio Ambiente (MMA), Conselho Nacional do Meio Ambiente – (CONAMA), Brasília, 2006. 1° edição.
7. ELMOOR-LOUREIRO, L.M.A. *Manual de identificação de cladóceros límnicos do Brasil*. Brasília: Editora Universa, 1997.155p.
8. IMHOFF, K.; IMHOFF, K. *Manual de tratamento de águas residuárias*. São Paulo: 1986
9. JUAN, L; MIN, Y; RONG, Q; WEI, A; JUN, Z. Comparative study of protozoan communities in full-scale MWTPs in Beijing related to treatment processes. *Wat. Res.* V. 42, n°, p. 1907 – 1918, 2008.
10. PAOLO, M; DONATELLA, D; GIBIN, G. Survey of filamentous microorganisms from bulking and foaming activated-sludge plants in Italy. *Wat. Res.* V. 34, n° 6. p. 1767 – 1772, 2000.
11. SPERLING, Marcos Von. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 1995.
12. SPERLING, Marcos Von. *Princípios do tratamento biológico de águas residuárias*. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2001.
13. ZHOU, K; XU, M; LIU, B; CAO, H. Characteristics of microfauna and their relationships with the performance of an activated sludge plant in China. *J. of Environ. Sci.* V.20, n° 4, p.482 – 486, 2008.