

II-566 – ÍNDICES DE QUALIDADE PARA AVALIAÇÃO DO TRATAMENTO BIOLÓGICO EM ETES

Cristiane Juliano Mathias⁽¹⁾

Analista da Qualidade da Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro. Química Industrial e Licenciada em Química pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Mestre e Doutora em Bioquímica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Danielle Vicente de Farias⁽²⁾

Técnica de Laboratório da Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro. Graduanda em Ciências Ambientais pela Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro.

Endereço⁽¹⁾: Rua Boas Vindas, 4 - Caju - Rio de Janeiro - RJ - CEP: 20931-005 - Brasil - Tel: (21) 2332-3366 - e-mail: cristiane-mathias@cedae.com.br

RESUMO

O uso de índices de qualidade vem sendo amplamente utilizado como uma ferramenta analítica, tanto para a caracterização de processos quanto para produtos, sendo, inclusive, estimulado por normas técnicas como as NBR ISO/IEC 9001 e 17025.

Considerando que a qualidade do efluente obtido numa Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) operada pelo processo de tratamento por lodos ativados depende, dentre outros fatores, da qualidade da microbiota presente no lodo ativado e da eficiência de remoção da matéria orgânica no tanque de aeração, este trabalho teve como objetivo o estudo e a implementação de índices de qualidade relativos a esta etapa do tratamento (Índice de Qualidade do Tanque de Aeração - IQTA).

Com isso, foi observada uma melhora na visualização do processo e maior rapidez para tomadas de decisão, devido à facilidade para a interpretação dos dados, além de simplificar a interface laboratório-operação.

PALAVRAS-CHAVE: Índice de Qualidade, Lodo Ativado, IQTA, Microbiota, Tratamento Biológico.

INTRODUÇÃO

A qualidade do efluente obtido numa ETE operada pelo processo de tratamento por lodos ativados depende da qualidade biótica presente no lodo ativado. Diversos grupos microbiológicos participam desse processo, como: bactérias em suspensão, bactérias aglomeradoras (formadoras) de flocos, bactérias filamentosas, protozoários e micrometazoários (Sant'anna Jr., 2010). Na literatura, encontra-se um grande acervo acerca das comunidades presentes nas mais diversas ETES de lodos ativados em todo o mundo (Vazollér, 1989; Madoni, 1994; Salvadó, 2001), e diversos trabalhos correlacionam os parâmetros operacionais com a microbiota e com a qualidade final do efluente (Madoni, 1994; Bento, 2005).

Madoni (1994), em seu trabalho, realizou a correlação entre condições operacionais e a microfauna encontrada nos tanques de aeração de 44 ETES por lodos ativados, definindo grupos indicadores de boa e má eficiência depurativa dos sistemas. Dentre os indicadores de uma boa depuração (positivos), encontram-se os ciliados predadores de flocos, ciliados fixos e tecamebas, enquanto os indicadores de má depuração (negativos) seriam os pequenos flagelados, os ciliados livre-natantes, *Vorticella microstoma* e *Opercularia* spp. A partir deste estudo, o autor desenvolveu um Índice Biótico do Lodo (IBL) relacionado às características do sistema. A determinação do IBL baseia-se em relações entre os grupos positivos e os negativos, considerando-se a densidade e o número de unidades taxonômicas presentes no tanque de aeração (Bento, 2005). Os valores do IBL correspondem a uma das 4 classes para a caracterização do lodo e a qualificação do efluente, como visto na tabela 1.

Tabela 1: Conversão dos valores de IBL em quatro classes de qualidade e seus respectivos diagnósticos.
Adaptado de Madoni (1994 e 2004).

Valores de IBL	Classe	Diagnóstico
8 – 10	I	Um lodo muito bem colonizado e estável, ótima atividade biológica; alta eficiência depurativa.
6 – 7	II	Um lodo bem colonizado e estável, atividade biológica boa; desempenho bom.
4 – 5	III	Depuração biológica insuficiente no tanque de aeração; desempenho medíocre.
0 – 3	IV	Depuração biológica pobre no tanque de aeração; baixo desempenho.

Contudo, algumas vezes, ocorrem situações não previstas por Madoni, não sendo possível obter um valor de IBL e, consequentemente, um diagnóstico apurado sobre o desempenho operacional do tanque de aeração. Com isso, fez-se necessário buscar uma alternativa com o intuito de solucionar esse problema.

Baseando-se em um conceito amplamente utilizado para a qualificação das águas de um corpo hídrico, o chamado Índice de Qualidade de Água – IQA (CETESB, 2013), foi desenvolvido um novo índice para avaliação do processo ocorrido no sistema de lodos ativados, denominado Índice de Qualidade do Tanque de Aeração – IQTA. O valor do IQTA é determinado como o produtório ponderado da qualidade das variáveis selecionadas (q_i) elevadas aos seus respectivos pesos (w_i), onde n é o número de variáveis que entram no cálculo do índice (equação 1).

equação (1)

$$IQTA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} * 100$$

Os limites numéricos podem ir de zero a 100, onde baixos valores indicam má qualidade e valores altos expressam boa qualidade.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a aplicabilidade de um índice de qualidade que contemplasse os principais parâmetros a serem observados num tanque de aeração de uma ETE, como a microbiota presente no lodo ativado e as concentrações de oxigênio dissolvido (OD) e sólidos em suspensão voláteis (SSV).

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado em uma ETE de grande porte no Estado do Rio de Janeiro, que possui tratamento preliminar (grades e caixas de areia), primário (decantadores por gravidade) e biológico por lodos ativados. A ETE recebe uma vazão afluente de 2000 L/s, apresenta uma carga orgânica de 51.948 kg de DBO/d e Tempo de Detenção Hidráulica (TDH) de 12h.

As análises microbiológicas foram realizadas em microscópio ótico com contraste de fase, modelo Axiolab, da marca ZEISS. As análises qualitativas se deram através de lâmina e lamínula, enquanto as quantitativas foram efetuadas em câmara de Sedgewick-Rafter. A metodologia foi realizada segundo as instruções de CETESB (2012). A identificação dos organismos foi feita de acordo com o guia de Foissner & Berger (1996), o atlas de Berk & Gunderson (1993), Vazollér (1989) e CETESB (2012). Os organismos foram identificados até o grau de gênero, sempre que possível, e classificados de acordo com os seguintes grupos morfológico-funcionais: ciliados predadores de floco, ciliados sésseis, ciliados livre-natantes, tecamebas, flagelados e micrometazoários. Após isso, procedeu-se à verificação do IBL de Madoni, um dos fatores em que se baseia o estudo do IQTA.

As amostras analisadas eram compostas da mistura dos 4 tanques de aeração, que têm um retorno de lodo em comum, sendo coletados 100 mL de cada tanque e transformados em uma amostra única contendo 400 mL de lodo ativado.

Visando a obtenção da variável “Microfauna” para fins de cálculo do IQTA, foi considerado um histórico anual de análises realizadas na ETE, agrupando os principais grupos e calculando-se suas porcentagens de ocorrência, extraindo-se então faixas de valores inseridos em testes lógicos, de onde foi possível obter o diagnóstico do

parâmetro. O diagnóstico “Excelente” foi definido para predadores de floco > 20%, demais ciliados entre 30 e 50% e pequenos flagelados < 10%. O diagnóstico “Bom” definido para predadores de floco > 20%, demais ciliados < 20% e pequenos flagelados < 25%. O diagnóstico “Médio” definido para predadores de floco < 10%, demais ciliados > 20% e pequenos flagelados entre 15 e 35%. Já o diagnóstico “Ruim” foi definido para predadores de floco < 10%, demais ciliados < 20% e pequenos flagelados entre 25 e 50%.

Os diagnósticos obtidos foram então comparados às classes de qualidade e respectivos diagnósticos estabelecidos por Madoni, visando uma possível verificação da metodologia adotada.

As medidas da concentração de oxigênio dissolvido (OD) foram realizadas em campo, com o oxímetro modelo HQ30d, marca HACH, segundo método 4500-O G da APHA (2017). Foram medidos ODs em cada câmara de aeração dos quatro tanques existentes, sendo, posteriormente, obtida uma média global a ser considerada para a avaliação do IQTA. Os valores de OD indicados na tabela 2 foram considerados de acordo com a faixa de valores para a operação ideal dos tanques (Jordão & Pessoa, 2011).

As análises para a obtenção das concentrações de sólidos em suspensão voláteis (SSV) foram realizadas de acordo com o método 2540 E da APHA (2017). Para esse parâmetro, também foi obtida uma média global, enquadrada de acordo com o projeto para o sistema de lodos ativados da ETE.

Com isso, foi obtida uma tabela considerando as três variáveis operacionais, estipulando-se valores para as diversas situações encontradas, das mais favoráveis às menos favoráveis (tabela 2).

Tabela 2: Índices considerando as variáveis Microfauna, OD e SSV.

OD (mg/L)		SSV (mg/L)								
		< 2400			2400-3600			> 3600		
		< 1,5	1,5-2,0	> 2,0	< 1,5	1,5-2,0	> 2,0	< 1,5	1,5-2,0	> 2,0
Microfauna	Excelente (1)	70	80	100	80	90	100	80	90	100
	Bom (2)	60	70	80	60	70	90	70	80	90
	Médio (3)	40	40	50	40	50	60	40	50	60
	Ruim (4)	0	0	0	0	0	0	0	0	0

O valor do IQTA foi determinado como o produtório ponderado do conceito referente a cada parâmetro (q_i) elevado ao seu respectivo peso (w_i) (equação 1). O conceito foi obtido por meio da curva de critérios de pontuação, sendo que, para cada resultado analítico, foi gerado um conceito correspondente. Essa curva foi elaborada considerando-se o pior cenário operacional, assumido como conceito zero, e o cenário ideal, assumido como conceito 1,0. O conceito e o peso relativo a cada parâmetro foram definidos em conformidade com o setor operacional. O produto de todos os parâmetros multiplicado por 100 resultava no valor do IQTA.

De acordo com o valor do IQTA obtido, foram consideradas cinco faixas para índices de qualidade do tanque de aeração, demarcadas por cores para melhor visualização do desempenho, conforme visto na tabela 3.

Tabela 3: Desempenho do tanque de aeração considerando o valor do IQTA obtido.

$90 \leq \text{IQTA} \leq 100$	DESEMPENHO EXCELENTE - ALTA EFICIÊNCIA DEPURATIVA
$70 \leq \text{IQTA} < 90$	DESEMPENHO BOM - ATIVIDADE BIOLÓGICA EM BOAS CONDIÇÕES
$40 \leq \text{IQTA} < 70$	DESEMPENHO MÉDIO - ATIVIDADE BIOLÓGICA DECRESCENTE
$20 \leq \text{IQTA} < 40$	DESEMPENHO FRACO - NECESSIDADE DE AÇÕES CORRETIVAS
$0 \leq \text{IQTA} < 20$	DESEMPENHO RUIM - DEPURAÇÃO BIOLÓGICA POBRE

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para iniciar o estudo, foi investigado o comportamento dos organismos no lodo ativado ao longo do tempo, o que pode ser visualizado na figura 1.

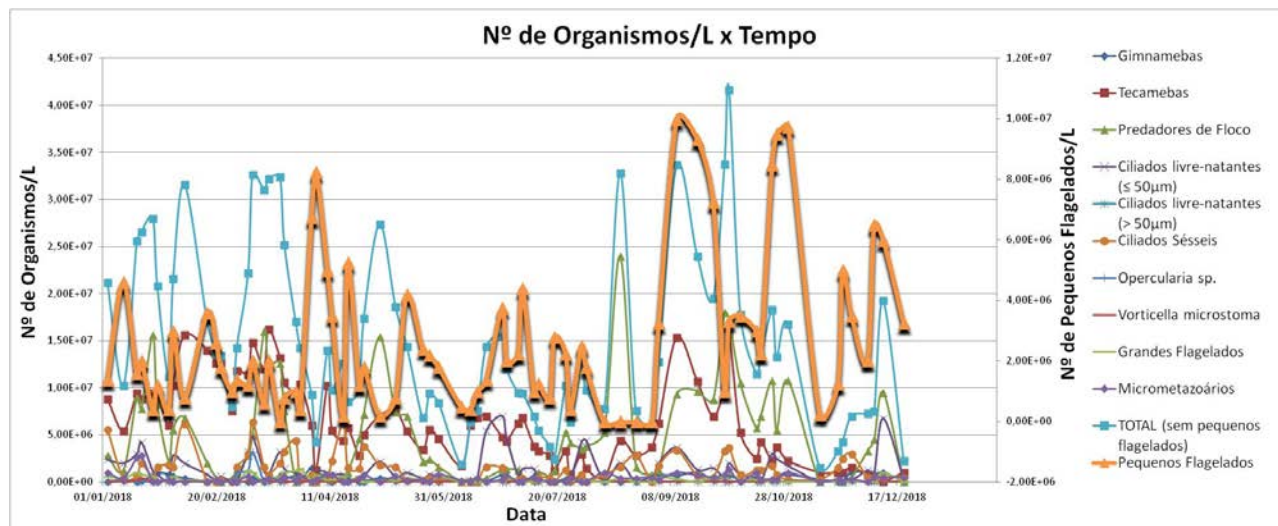


Figura 1: Dinâmica populacional dos grandes grupos em função do tempo.

De acordo com De Marco *et al.* (1991) *apud* Madoni (1994), sistemas de tratamento eficientes são aqueles com 10^6 organismos/L ou mais. Pela figura 1 pode-se visualizar que os valores obtidos permaneceram acima deste limite, indicando um tratamento adequado.

Segundo Madoni (1994), um sistema que apresente a dominância de ciliados predadores de floco, ciliados sésseis (exceto *Vorticella microstoma* e *Opercularia* spp) ou de tecamebas é indicativo de um bom tratamento do efluente.

Pode-se verificar também que, ao longo do tempo de estudo, o número de unidades taxonômicas encontradas no lodo ativado da ETE não foi inferior a 10 em nenhum dos meses observados. Este valor é importante por ser um dos requisitos mínimos para se obter o IBL máximo proposto por Madoni (1994).

Para fins de cálculo do IQTA, os diagnósticos obtidos para a variável “Microfauna” foram comparados às classes de qualidade e respectivos diagnósticos estabelecidos por Madoni. Foi verificado que a metodologia utilizada se mostrou bastante satisfatória segundo esse aspecto.

Os conceitos definidos pelo setor operacional para o melhor e pior cenário de operação são vistos na tabela 4.

Tabela 4: Tabela de conceitos definidos pelo setor operacional.

Parâmetro	Conceito 0	Conceito 1,0
Oxigênio Dissolvido (OD)	0,1 mg/L	2,0 mg/L
Sólidos em Suspensão Voláteis (SSV)	200 mg/L	3600 mg/L
Microfauna	4	1

Com isso, foram realizados os gráficos relacionados e obtidas as equações a serem utilizadas para o cálculo do conceito (q_i), observados nas figuras 2, 3 e 4.

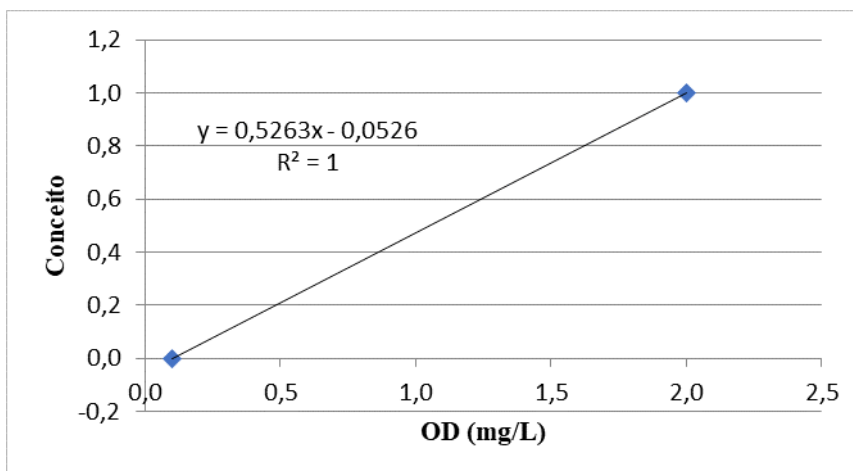


Figura 2: Gráfico de conceito x OD (mg/L).

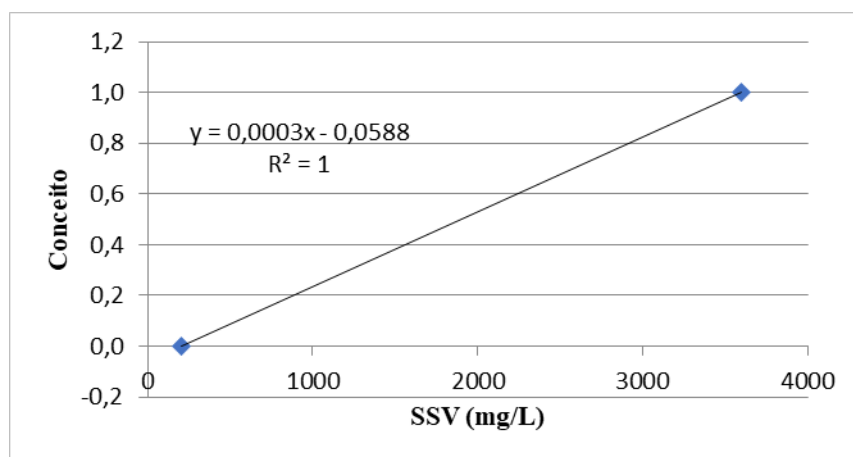


Figura 3: Gráfico de conceito x SSV (mg/L).

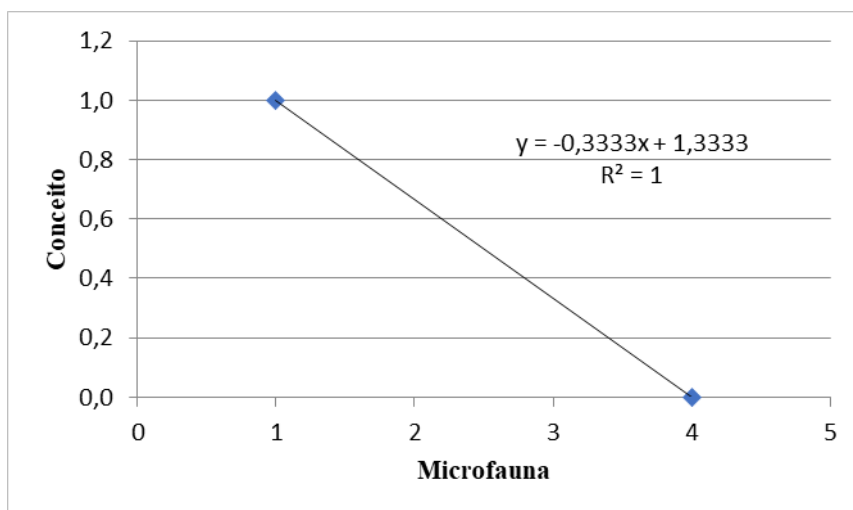


Figura 4: Gráfico de conceito x Microfauna.

O IQTA é obtido através da equação 1, na qual o conceito obtido por meio das curvas de critério de pontuação é elevado ao peso relativo a cada parâmetro. O produto de todos os parâmetros multiplicado por 100 resulta no IQTA. Um exemplo de cálculo pode ser visto na tabela 5.

Tabela 5: Exemplo de cálculo para o IQTA.

Parâmetro	Resultado analítico	Conceito obtido através das curvas (q_i)	Peso relativo (w_i)	$q_i^{w_i}$	$IQTA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} * 100$
OD	1,5 mg/L	0,7	0,35	0,88	$(0,88 \times 0,97 \times 1,00) \times 100 = 85$
SSV	3000 mg/L	0,8	0,15	0,97	
Microfauna	1	1	0,50	1,00	

Com os valores de IQTA calculados, pode-se traçar um gráfico considerando as cinco faixas de qualidade para o tanque de aeração, visando um melhor acompanhamento do processo.

A figura 5 ilustra um gráfico mostrando as faixas de desempenho operacional e a curva obtida de acordo com as análises realizadas.

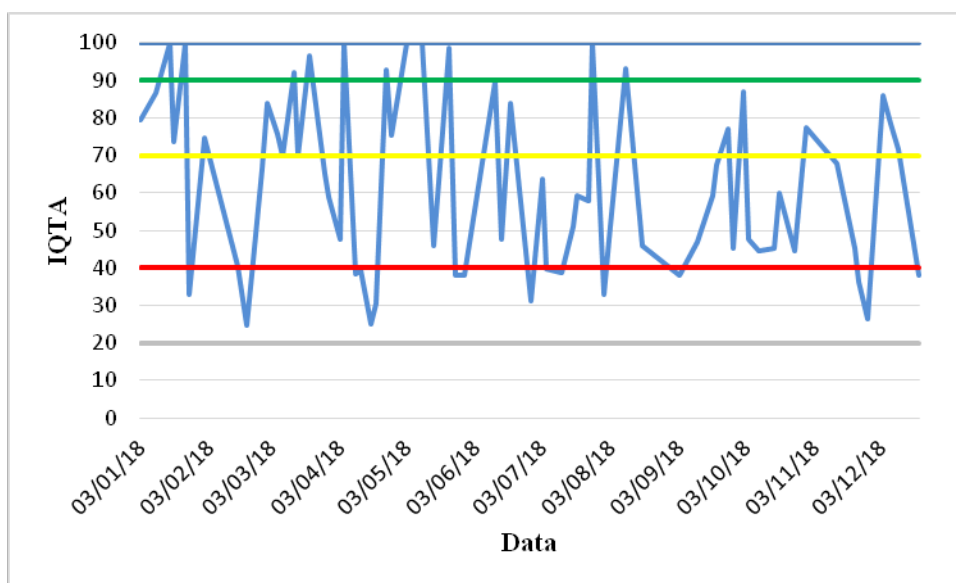


Figura 5: Exemplo de gráfico obtido, mostrando as cinco faixas de IQTA.

Pode-se inferir do gráfico que, em nenhum momento, o processo atingiu um desempenho considerado “ruim”. Os valores obtidos na faixa de desempenho “fraco” geralmente foram observados em períodos em que os sopradores da unidade se encontravam em manutenção. Já os valores obtidos na faixa de desempenho “médio” serviram de alerta para o pronto restabelecimento do processo.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos mostraram-se condizentes quando comparados ao IBL de Madoni e a aspectos operacionais.

Pôde-se verificar que a interface laboratório-operação mostrou-se muito mais eficaz após a implementação do IQTA, tornando mais fácil a visualização e interpretação dos resultados analíticos obtidos, além de possibilitar tomadas de decisão mais ágeis para uma possível correção do processo.

O presente estudo pode ser expandido para outras ETEs e processos, inclusive servindo como modelo para obtenção de um índice para qualidade de um determinado efluente (IQE).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 23ª ed., 2017.
2. BENTO, A. P. Caracterização da Microfauna em Estação de Tratamento de Esgotos do Tipo Lodos Ativados: um instrumento de avaliação e controle do processo. *Engenharia sanitária ambiental*, v.10, n.4, p. 329-338, 2005.
3. BERK, S. G., GUNDERSON, J. H. *Wastewater Organisms: A Color Atlas*. Lewis Publishers, 25 pp, 1993.
4. CETESB. Índices de qualidade das águas, Apêndice C, 29 p., 2013.
5. CETESB. Microbiologia de Lodos Ativados. Caderno da Gestão do Conhecimento – Atualização Profissional. ETGC, São Paulo, 266 pp, 2012.
6. DE MARCO, N., GABELLI, A., CATTARUZZA, C., PETRONIO, L. *Performance of biological sewage treatment plants: some experiences on municipal plants in the province of Pordenone (Italy)*. In *Biological Approach to Sewage Treatment Process: Current Status and Perspectives* (Edited by Madoni P.), Centro Bazzucchi, Perugia, p. 247-251, 1991.
7. FOISSNER, W., BERGER, H. *A user-friendly guide to the ciliates (Protozoa, Ciliophora) commonly used by hydrobiologists as bioindicators in rivers, lakes, and waste waters, with notes on their ecology*. *Freshwater Biology*, v. 35, p. 375–482, 1996.
8. JORDÃO, E. P., PESSÔA, C. A. Tratamento de Esgotos Domésticos. 6ª ed., ABES, Rio de Janeiro, 969 pp, 2011.
9. MADONI, P. *Applicazione dell' Indice Biotico del Fango (S.B.I.) nel Processo di Depurazione a Fanghi Attivi*. Dipartimento di Scienze Ambientali, 2004. Disponível em: <<http://scienzebiologiche.unipr.it/didattica/att/e05b.file.pdf>>. Acesso em 20 out. 2018.
10. MADONI, P. *A sludge biotic index (SBI) for the evaluation of the biological performance of activated sludge plants based on the microfauna analysis*. *Water Research*, v. 28, p. 67–75, 1994.
11. SALVADÓ, H., MAS, M., MENÉNDEZ, S., GRACIA, M. P. *Effects of Shock Load of Salt on Protozoan Communities of Activated Sludge*. *Acta Protozoologica*, v. 40, p. 177–185, 2001.
12. SANT'ANNA JR., G. L. Tratamento biológico de efluentes: fundamentos e aplicações. Interciência, Rio de Janeiro, p. 285–287, 2010.
13. VAZOLLÉR, R. F. Microbiologia de Lodos Ativados (Séries Manuais). CETESB, São Paulo, 23 pp, 1989.