



## II-353 - AVALIAÇÃO DA MICROFAUNA EM UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO DO TIPO LODOS ATIVADOS CONVENCIONAL

**Antônio Felipe Amorim Soares<sup>(1)</sup>**

Estudante de Engenharia Ambiental e Sanitária na Escola de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Goiás (EECA/UFG).

**Nora Katia Saavedra del A. Hoffmann**

Bióloga e Doutora em Hidráulica e Saneamento. Professora Associada da Escola de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Goiás (EECA/UFG).

<sup>1</sup>**Endereço:** Universidade Federal de Goiás (UFG). Avenida Universitária 1488, Quadra 86 - Setor Leste Universitário, Goiânia – GO. CEP: 74605-220 – Brasil - *e-mail:* antonio\_felipe@discente.ufg

### RESUMO

O sistema de lodos ativados é apresentado como uma solução eficiente no tratamento de águas residuárias, baseada na oxidação bioquímica por uma diversificada microfauna aeróbia, que desempenha um papel vital na degradação da matéria orgânica e na manutenção dos níveis de DBO<sub>5</sub> e na remoção de coliformes. A sensibilidade do sistema a mudanças ambientais e físico-químicas é discutida, ressaltando a importância da análise da microfauna para avaliar a eficiência do tratamento. O trabalho visou caracterizar e quantificar a microfauna em tanques de aeração de uma estação de tratamento de esgoto (ETE) do tipo lodo ativado convencional. A presença de bactérias filamentosas e formadoras de lodo, bem como uma diversidade de protozoários identificados como *Colpoda*, *Aspidisca*, *Paranema*, são cruciais para a eficácia do tratamento. A manutenção de condições ideais de pH na faixa de 7 e temperatura ideal de 25°C é essencial para a atividade microbiológica e a eficiência do processo. O estudo concluiu que a caracterização e quantificação da microfauna são métodos valiosos para avaliar e otimizar o sistema de tratamento biológico, garantindo que o efluente tratado possa ser devolvido aos corpos d'água sem riscos de contaminação.

**PALAVRAS-CHAVE:** ETE, Tratamento biológico de efluentes, Lodos ativados, Processo aeróbio, Protozoários, Bactérias.

### INTRODUÇÃO

Os recursos hídricos são amplamente conhecidos e difundidos entre a sociedade, mas quando se trata do conhecimento teórico e aprofundado sobre o tema tem-se encontrado um empecilho para levar a fundamentação de maneira clara para que se possa compreender as várias etapas do tratamento de efluentes, nesse caso, abordando as múltiplas facetas do tratamento através de Sistemas de lodos ativados convencionais (da Silva et al., 2021).

A poluição de corpos hídricos, pelo geral se associa à água contaminada, neste caso, efluentes, sejam provindos de fontes domésticas ou industriais. A poluição de recursos hídricos é um assunto principal de investimento em



infraestrutura de saneamento básico no Brasil. Segundo dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) em 2016, cerca de 44,9% dos efluentes lançados são tratados no território, ou seja, 55,1% não são tratados, acarretando diversos problemas de contaminação na ordem ambiental e de saúde pública.

Buscando nos atuais métodos de tratamento utilizados mundialmente, a discussão do estudo se enfoca no uso de estações com sistema de lodos ativados, na qual, funcionam principalmente pela alta eficiência alcançada associada à pequena área de implantação requerida, quando comparado a outros sistemas de tratamento. O princípio do processo baseia-se na oxidação bioquímica dos compostos orgânicos e inorgânicos presentes nos esgotos, mediada por uma população microbiana diversificada e mantida em suspensão num meio aeróbio (Bento et al., 2005).

Na etapa de tratamento secundário em um reator ocorrem as reações bioquímicas necessárias para a remoção da matéria orgânica. A biomassa utiliza substrato presente no esgoto que entra no reator para se desenvolver. Em seguida, em um decantador secundário, ocorre a sedimentação desses sólidos advindos da biomassa, permitindo a clarificação do efluente na saída. Os sólidos sedimentados no fundo do decantador serão recirculados, garantindo o aumento na concentração de biomassa, que é responsável por garantir a elevada eficiência do sistema (Amorim et. al., 2014).

Essa população microbiana principal será a responsável na degradação da matéria orgânica presente no efluente e a formação de flocos de lodo. E essa microbiota, é composta principalmente por bactérias, fungos e protozoários. Também possuem um papel de relevância para manter os níveis regulares de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO<sub>5</sub>), e na remoção de coliformes totais e *Escherichia coli*.

Por se tratar de um sistema utilizando componentes vivos, o mesmo se torna mais sensível a bruscas mudanças de meio, sejam físico-químicas e/ou ambientais. Dessa maneira, a composição da microfauna do lodo ativado revela tendências do processo, quanta a eficiência da remoção de DBO<sub>5</sub>, remoção de sólidos suspensos (SS), presenças de compostos tóxicos, como metais e pesados e amônia, além de indicar ocorrências de processos de nitrificação (Gerardi, 1986; Hoffmann e Platzer, 2000).

Nesse sentido, pretendeu-se através da análise de parâmetros de qualidade de cada um desses componentes, avaliar se o tratamento estava ocorrendo de maneira adequada. Foi realizada a identificação da microbiota utilizando o microscópio para análise de amostras de lodo ativado retirada diretamente do sistema de tratamento. Também, foi necessária a avaliação físico-química dessa amostra, para conhecer a eficiência do tratamento, e se foi eficaz o suficiente para devolver esse efluente tratado de volta aos corpos d'água sem que haja contaminação e consequentemente impactos ambientais.



## OBJETIVOS

O presente trabalho teve como objetivo a caracterização e quantificação da microfauna presente no tanque de aeração de uma estação de tratamento de esgoto (ETE) do tipo lodos ativados convencional, como método de avaliação do sistema de tratamento biológico.

## MATERIAIS E MÉTODOS

- **Localização da Área de Estudo**

A Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) utilizada para o estudo, está localizada na cidade de Trindade em Goiás, aproximadamente 25 Km do centro de Goiânia. A ETE construída em 2021, tem como objetivo suprir as demandas de tratamento em cerca de 5 bairros próximos a estação, com isso, mais de 16 mil pessoas foram beneficiadas com o sistema de lodos ativados convencionais, tecnologia essa referência mundial na biodegradação de matéria orgânica.

Com capacidade para tratar 15 litros de efluente por segundo, a ETE atende todos os padrões de qualidade e eficiência exigidos pelos órgãos competentes (BRK Ambiental, 2021).

Devido a sua localização, a ETE foi escolhida por conta de seu tipo específico de tratamento, os Lodos Ativados, sistema amplamente utilizado, a nível mundial, para o tratamento de despejos domésticos e industriais, em situações que são necessários uma elevada quantidade de efluente e reduzidos em questão área.

- **Coleta de Amostras**

As coletas foram realizadas na entrada do tanque de aeração (Figura 1) e na saída do tanque de aeração (Figura 2).

No tanque, a aeração tem por finalidade proporcionar oxigênio aos microrganismos (biomassa) e evitar a deposição dos flocos bacterianos, a fim de misturá-los homogeneamente com o efluente. O oxigênio é introduzido por meio de um sistema de aeração mecânica, por ar comprimido (Iervolino, 2019).

Nesta escolha foram levados em consideração às quantidades de matéria orgânica a ser observada, já que o objetivo foi a análise dos microrganismos presentes nos flocos de lodo, o que já havia sido constatado que nos tanques ocorre a conversão da matéria orgânica em um efluente clarificado já em tratamento



Figura 1: Registro de coleta, entrada do tanque de aeração.



Fonte: Autores (2023).

Figura 2: Registro de coleta, saída do tanque de aeração.



Fonte: Autores (2023).



- **Métodos de Análises**

Os processos de análise de amostras foram realizados no Laboratório de Biologia (LaBio) e no Laboratório de Saneamento (LaSan), ambos localizados na Escola de Engenharia Civil e Ambiental (EECA), da Universidade Federal de Goiás (UFG), em Goiânia – Goiás, além de uma empresa particular seguindo a metodologia descrita na *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2012).

Foram realizadas quatro coletas nos dois pontos já destacados anteriormente, na qual, foram feitas durante os meses de novembro e dezembro de 2023 (período chuvoso), conforme diretrizes estabelecidas no Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (ANA, 2011).

Para realizar as análises de caracterização da microfauna foi utilizado um frasco de vidro de 100 ml para coletar amostra na saída do tanque de aeração, e dois frascos de vidro de 100 ml na entrada e saída para realizar as análises de coliformes totais e *Escherichia coli*. Quanto as amostras de parâmetros físico-químicos, foram coletadas em garrafas de plástico com capacidade de 1 L; no local de coleta também foram medidos a temperatura das amostras e o pH. Por fim, os frascos foram armazenados em caixas térmicas com gelo para manter as especificidades das amostras e levadas para o laboratório.

O Método de substrato cromogênico definido (Colilert), foi utilizado para realizar a análise qualitativa e quantitativa dos coliformes, e os resultados foram conferidos após um período de 24 horas à 35°C na estufa bacteriológica. Após essa primeira etapa foi possível conferir determinando o Número Mais Provável (NMP) de coliformes totais e *E. coli*, e os resultados foram comparados com a resolução nº 274/2000 do CONAMA.

Para análise de sólidos totais, o método escolhido foi o gravimétrico, na qual, o princípio se baseia na secagem da amostra a ser analisada em forno de temperatura controlada, até que todo o líquido seque e fique depositado no fundo do frasco apenas os sólidos requeridos. Para realizar essa análise foi necessário o uso de uma balança analítica e de um dessecador de vidro alinhado a uma bomba de vácuo para retirar toda umidade presente na amostra.

Também, foram realizados as análises de nitrogênio total (NT), fósforo total (PT), demanda bioquímica de oxigênio (DBO<sub>5</sub>) e demanda química de oxigênio (DQO) conforme APHA (2012).

A caracterização das amostras de lodo biológico retiradas do tanque de aeração foram feitas utilizando um microscópio ótico, marca Olympus com lentes de aumento de 40x e 100x, respectivamente. Nessa etapa, a análise se focou principalmente na observação da microbiota responsável pela biodigestão da matéria orgânica, sendo as principais protozoários, bactérias filamentosas e bactérias formadoras de lodo.



Na tabela 1, são apresentadas as quantidades medidas para análises de caractere físico-químico dos parâmetros de funcionamento do reator da estação de tratamento de esgoto realizadas na primeira coleta (27/11/2023).

**Tabela 1: Parâmetros físico-químicos verificados na 1ª Coleta.**

Parâmetros	Primeira coleta 27/11/2023	
	<i>Entrada do tanque de aeração</i>	<i>Saída do tanque de aeração</i>
Demanda Bioquímica de Oxigênio (mgO <sub>2</sub> /L)	141,43	120
Demanda Química de Oxigênio (mgO <sub>2</sub> /L)	394,80	305,50
pH	7,25	6,94
Temperatura (°C)	22,4	22,0
Nitrogênio total (mg/L)	-	102,1
Fosforo total (mg/L)	-	1,45
Sólidos totais (g)	-	0,0531

( - ): Não medido/ Não necessário.

Também realizado durante a primeira coleta, a medição dos números de coliformes totais e *E. coli.*, através de número mais provável (NMP) por 100 ml de amostra, durante a saída do tanque de aeração, que foram os seguintes:

-Coliformes totais:  $1413,6 \times 10^4$  NMP/100ml .

-*Escherichia coli*:  $38,9 \times 10^4$  NMP/100ml.

Na tabela 2, são apresentadas as quantidades medidas para análises de caractere microbiológico dos parâmetros de funcionamento do reator da estação de tratamento de esgoto Realizadas na segunda coleta (05/12/2023).

**Tabela 2: Parâmetros físico-químicos verificados na 2ª Coleta**

Parâmetros	Segunda coleta 05/12/2023	
	<i>Entrada do tanque de aeração</i>	<i>Saída do tanque de aeração</i>
Demanda Bioquímica de Oxigênio (mgO <sub>2</sub> /L)	294,6	255,6
Demanda Química de Oxigênio (mgO <sub>2</sub> /L)	641,7	503,2
pH	7,28	6,96
Temperatura (°C)	29,1	30,1
Nitrogênio total (mg/L)	22,9	5,2
Fosforo total (mg/L)	36,0	1,16
Sólidos totais (g)	-	0,0759

( - ): Não medido/ Não necessário.

Para a quantificar o número de coliformes totais e *E. coli.*, desta vez foi possível se medir a partir da entrada e saída do tanque de aeração, assim obtendo os seguintes resultados:

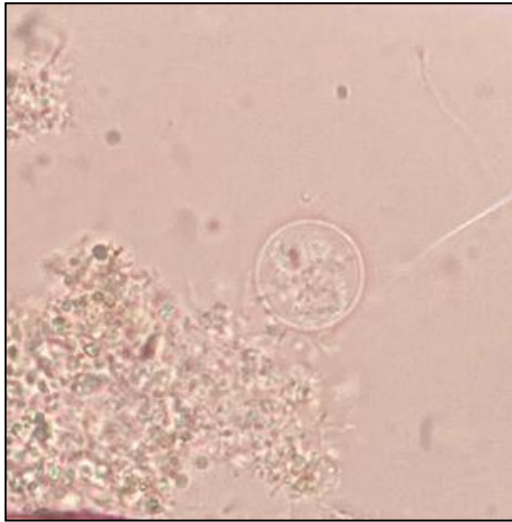
- Entrada do tanque de aeração
  - Coliformes totais:  $707,1 \times 10^5$  NMP/100ml
  - Escherichia coli*:  $2419,6 \times 10^4$  NMP/100ml.
- Saída do tanque de aeração
  - Coliformes totais:  $334,88 \times 10^5$  NMP/100ml
  - Escherichia coli*:  $121,1 \times 10^4$  NMP/100ml.

Os resultados obtidos na caracterização dos microrganismos presentes no lodo foram baseados na análise feita pelo microscópio ótico, foram:

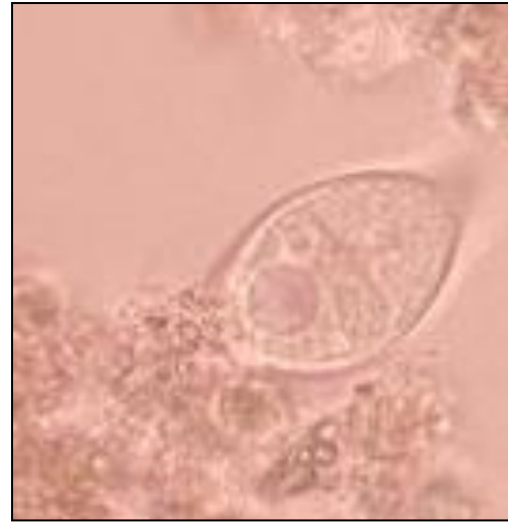




- **Protozoários ciliados:**



a)



b)

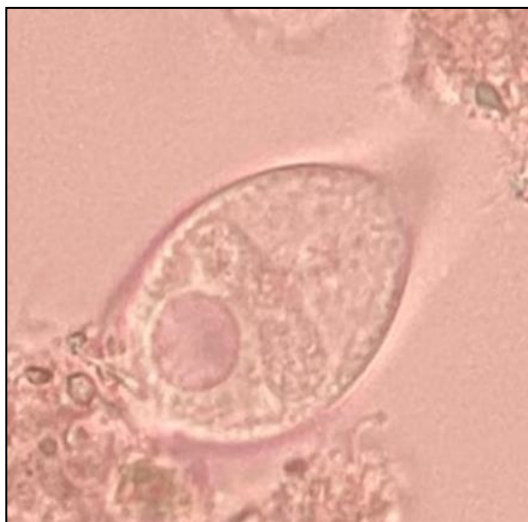


c)

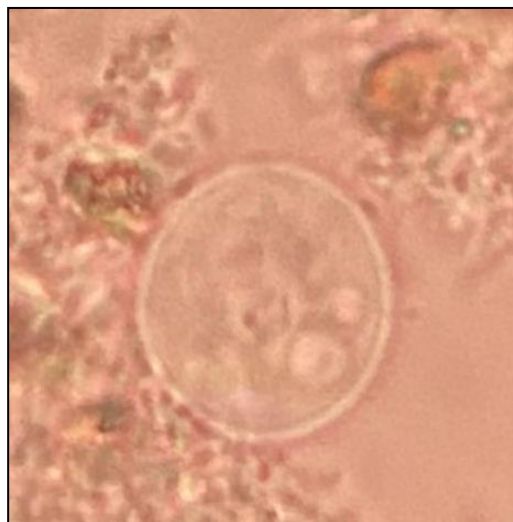
Figuras a, b e c, representam dois tipos de protozoários que apresentam cílios como mecanismo de locomoção, sendo A, da espécie *Chilodonella uncinata*, B da espécie *Colpoda inflata*, e C da espécie *Vorticella convallaria*.



- **Tacoamebas:**



d)



e)

Figuras d e e, representam dois tipos de protozoários do grupo das tacoamebas, a característica principal desse grupo é uma parede celular mais rígida e resistente, sendo d da espécie *Arcella vulgaris*, e e da espécie *Euglypha strigosa*.

- **Flagelados:**

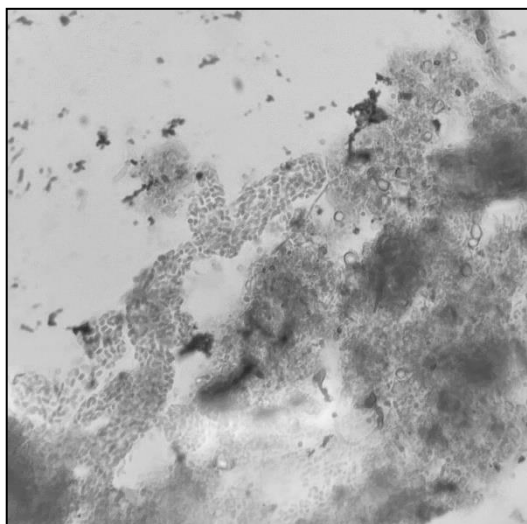


f)

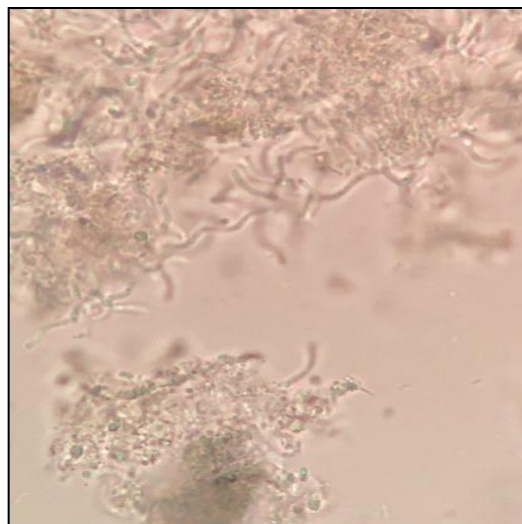
Figura F, representa um tipo de protozoário flagelado, esse grupo de organismos tem como principal característica o flagelo como meio de locomoção, sendo f um da espécie *Peranema* sp.



- **Bactérias formadoras de lodo e Bactérias filamentosas:**



g)



h)

As figuras g e h, mostram respectivamente, as bactérias formadoras de lodo e bactérias filamentosas, esses dois tipos de microrganismos são responsáveis por garantir a formação do lodo a partir da biomassa circulada no reator, a estrutura gelatinosa das bactérias formadoras aglutina os flocos de sedimentos formando o lodo, e as bactérias filamentosas por sua estrutura alongada, serão responsáveis pela estruturação e morfologia desse lodo.

## ANÁLISE DE RESULTADOS

Entre as espécies identificadas, se destacaram as bactérias filamentosas. Estes microrganismos, apresentam uma morfologia esticada e, quando presentes em excesso, podem desencadear problemas operacionais significativos. O fenômeno observado sugere a necessidade de monitoramento constante para evitar a formação de flocos volumosos e, por conseguinte, dificuldades na sedimentação.

Por outro lado, as bactérias formadoras de lodo, como aeróbios e anaeróbios facultativos, desempenham um papel essencial no processo de lodo ativado. Estas bactérias contribuem para a formação de flocos biológicos que adsorvem e biodegradam poluentes, garantindo a eficiência do tratamento.

A análise revelou a presença de diversos protozoários, enriquecendo a diversidade microbiana no sistema. Ciliados, como *Colpoda* e *Vorticella*, desempenham um papel significativo na predação de bactérias e estabilização do lodo. Flagelados, incluindo *Euglena* e *Chilomonas*, contribuem para a degradação da matéria orgânica, enquanto as tamocebas, como *Euglypha* e *Arcella*, participam na predação e na regulação da população microbiana.

A presença equilibrada de bactérias filamentosas e formadoras de lodo sugere um ambiente propício para o tratamento eficiente. A diversidade dos protozoários identificados ressalta a complexidade da comunidade



biológica envolvida no processo de lodo ativado, indicando uma interação dinâmica que contribui para a eficiência geral do sistema (Oliveira et al., 2015).

O pH funciona como regulador da atividade microbológica. Mantê-lo dentro da faixa ideal obtida no tratamento é vital para garantir que as bactérias e protozoários executem suas funções de forma eficaz. Se compararmos com os padrões estabelecidos pela Resolução 430/2011 do CONAMA, estabelece que os valores de pH devem variar entre 5 a 9 nesta etapa de tratamento, nesse caso, a pesquisa apurou que a média do potencial de hidrogênio do efluente está em 7,10, dentro dos limites estabelecidos.

A temperatura é o medidor do ritmo metabólico, mantê-la adequada é essencial para a atividade biológica ideal e a eficiência do lodo ativado, é recomendado para padrões de lançamento que a temperatura seja inferior aos 40°C (CONAMA, 2005).

Durante as aferições, constatou-se uma média de temperatura de cerca de 26°C, atendendo assim aos limites estabelecidos por legislação.

A DBO é a partitura da quantidade de oxigênio necessária para decompor a matéria orgânica. Monitorar a DBO fornece informações sobre a carga orgânica no sistema. A DQO é a sinfonia química que revela a quantidade de oxigênio necessário para a decomposição química da matéria orgânica. Ela oferece percepções sobre compostos orgânicos complexos e como se comportam. Os valores médios recomendados para o tratamento são de 107 mg/L de DBO e de 215 mg/L de DQO (PROSAB, 2009).

Nesse sentido a média obtida na saída do reator foi de 187 mg/L de DBO e 404 mg/L de DQO. Os valores são explicados por que as medições foram realizadas no efluente em tratamento, ou seja, ainda não era o esperado para os limites dos padrões de lançamento, porém, foi possível notar redução significativa da carga de matéria orgânica presente, mostrando que o tratamento estava correndo conforme a normalidade.

Manter os nutrientes como nitrogênio e fósforo totais que alimentam a orquestra microbiana, é essencial para manter um ambiente equilibrado e promover o crescimento adequado dos microrganismos. Os níveis de componentes como nitrogênio total não devem ultrapassar o limite de 20 mg/L (CONAMA, 2007).

A pesquisa nos mostra que a média aferida na saída do tanque é de 53,7 mg/L, isso deve ser explicado por conta da maior concentração de efluente no tanque durante a primeira coleta, que foi submetida em dia chuvoso com alta carga de matéria orgânica presente.

Em síntese, essa análise oferece uma visão abrangente e detalhada da microfauna na estação de tratamento por lodo ativado, fornecendo percepções valiosas para otimização contínua e manutenção da eficiência do processo.



O enfoque principal do estudo foi avaliar um sistema de lodos ativados, ressaltando sua eficiência e vantagens em relação a outros métodos de tratamento. Explorando o princípio do processo, baseado na oxidação bioquímica mediada por uma população microbiana diversificada. Destaca-se a sensibilidade desse sistema a mudanças bruscas no meio, enfatizando a importância da análise da microfauna do lodo ativado para compreender as tendências do processo e garantir a eficácia do tratamento.

No tocante aos objetivos do estudo, a análise dos parâmetros de qualidade da microfauna, realizada por meio de amostras de lodo ativado retiradas diretamente do sistema de tratamento, revelou a caracterização e quantificação desejadas. A avaliação físico-química dessas amostras contribuiu para a compreensão da eficiência do tratamento, assegurando que o efluente tratado possa ser devolvido aos corpos d'água sem causar contaminação e impactos ambientais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Guia Nacional de coleta e preservação de amostras**. Brasília, 2011.
2. AMORIM, Lara Letícia Galdino; VARGAS, Kátia Pontes; DE JESUS, Eleonora Henriques Amorim. Análise de eficiência do sistema de lodo ativado no tratamento de efluentes de um curtume na cidade de Uberlândia-MG. In: **Anais do V Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, Belo Horizonte**. 2014. p. 1-15.
3. APHA - American Public Health Association. **Standard Methods for the examination of water and waste water**. American Water Works Association, Water Environment Federation. 22. ed., Washington, 2012.
4. BAUMGARTEN, Maria da Graça Zepka; POZZA, Simone Andréa. **Qualidade de águas: descrição de parâmetros referidos na legislação ambiental**. 2021.
5. BENTO, Alessandra Pellizzaro et al. **Caracterização da microfauna em estação de tratamento de esgotos do tipo lodos ativados: um instrumento de avaliação e controle do processo**. Engenharia sanitária e ambiental, v. 10, p. 329-338, 2005.
6. CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução nº 274/2000**. Brasília, 2000. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/>
7. CONAMA, Resolução. 357/2005. **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**, 2005.
8. CONAMA. 393/2007-" Dispõe sobre o descarte contínuo de água de processo ou de produção em plataformas marítimas de petróleo e gás natural, e dá outras providências." **Data da legislação**, v. 8, n. 08, 2007.
9. CONAMA, Resolução. 430/2011. **Dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes**, 2011.



10. COSTA, F.C. *et al.* **Tratamento do efluente de uma indústria química pelo processo de lodos ativados convencional e combinado com carvão ativado.** *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 8, n. 4, p. 274-284, 2003
11. DA MOTTA, M. *et al.* **Estudo do funcionamento de estações de tratamento de esgotos por análise de imagem: validações e estudo de caso.** *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 8, n. 3, p. 170-181, 2003.
12. DA SILVA, Fabio Leandro et al. Gestão de recursos hídricos e manejo de bacias hidrográficas no Brasil: elementos básicos, histórico e estratégias. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 3, p. 1626-1653, 2021.
13. De Almeida, Paulo Rogério Menezes, **MICROFAUNA DE PROTOZOÁRIOS COMO INDICADOR DE EFICIÊNCIA DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO DO TIPO LODO ATIVADO, EM FEIRA DE SANTANA-BA.** 2008. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Feira de Santana.
14. IERVOLINO, Luiz Fernando. Sistema de lodos ativados. **Portal tratamento de água**, 2019.
15. MENDONÇA, L.C. **Microbiologia e Cinética de sistema de lodos ativados como pós-tratamento de efluente de reator anaeróbio de leito expandido.** 219 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2002.
16. MOREIRA, Yasmine Costa. Composição e dinâmica de micro-organismos em sistema biológico de tratamento de efluentes do tipo lodo ativado submetido à redução gradual da idade do lodo. Juiz De Fora-MG. **Monografia [Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária] -Universidade Federal de Juiz de Fora**, 2018.
17. OLIVEIRA, Gisele Santos Silva de; ARAÚJO, Cristiano Venícius de Matos; FERNANDES, José Gilson Santos. Microbiologia de sistema de lodos ativados e sua relação com o tratamento de efluentes industriais: a experiência da Cetrel. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 14, p. 183-191, 2009.
18. MOTA, Francisco Suetônio Bastos; VON SPERLING, Marcos. Esgoto. Nutrientes de esgoto sanitário: utilização e remoção. **PROSAB edição**, n. 5, p. 428, 2009.
19. REZENDE, Carolina Lucena. **Utilização da técnica respirométrica para a avaliação do desempenho de sistemas de lodos ativados aplicados ao tratamento de efluentes.** 2014.
20. TEIXEIRA, Eduarda G. et al. **Metodologia para avaliação microbiológica de lodos ativados no tratamento de dejetos de suínos.** 2020.
21. VON SPERLING, Marcos. **Análise dos padrões brasileiros de qualidade de corpos d'água e de lançamento de efluentes líquidos.** *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 3, n. 1, p. 111-132, 1998.