

## ESTUDO DE CASO PARA INSTALAÇÃO DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PARA O MUNICÍPIO DE VITÓRIA DO JARI/AP – PROPOSIÇÃO DE VIABILIDADE AMBIENTAL.

Felipe Guerra de Oliveira<sup>1</sup>; Gabriel Caseiro Gonzalez<sup>1</sup>; Giulia Miranda Attie<sup>1</sup>; Hayrine Aloma Carvalho Dos Santos<sup>1</sup>; Otto Gabriel Bento Medeiros De Siqueira<sup>1</sup>; Jeferson Santos Santana<sup>2</sup>

**RESUMO:** Apesar de se conhecer a relação entre saúde e qualidade de vida da população com um adequado modelo de saneamento ambiental, a situação do saneamento no Brasil ainda se apresenta distante do ideal, o destaque negativo deste déficit é a situação do esgotamento no país, apresentando índices de atendimento bem inferiores. Devido à enorme importância para a saúde da população e do meio ambiente, o tratamento do esgoto sanitário merece uma excepcional atenção. Pela razão da saúde pública, o presente projeto terá como objetivo realizar o dimensionamento de uma Estação de Tratamento de Esgoto para atender a demanda da área urbana do município de Vitória do Jari, que não possui nenhum tipo de sistema de tratamento de esgoto, além de ficar situado no estado do Amapá que apresenta níveis críticos em relação ao desenvolvimento do saneamento básico no estado. Respeitando as normas e exigências legais vigentes, tendo como base o sistema de tratamento por lodo ativado, um processo convencional que possui a fase líquida e sólida e tem como objetivo a remoção da matéria orgânica, onde o sistema apresentou uma eficiência na remoção de DBO de 96,4%. A análise dos dados coletados e resultados obtidos foi quantitativa, os resultados apontam que a ETE terá uma eficiência em tratar uma média de 3.788.011 litros de esgoto por dia, melhorando a qualidade da água para retornar aos corpos hídricos.

**Palavras-chave:** Saneamento, Lodo ativado, Tratamento de esgoto, Dimensionamento..

**ABSTRACT:** Despite knowing the relationship between health and quality of life of the population with an adequate environmental sanitation model, the sanitation situation in Brazil still falls far from ideal. The negative highlight of this deficit is the sewage situation in the country, with significantly lower coverage rates. Due to its immense importance for public health and the environment, sanitary sewage treatment deserves exceptional attention. For the sake of public health, the present project aims to design a Wastewater Treatment Plant (WWTP) to meet the demand of the urban area of the municipality of Vitória do Jari, which currently lacks any type of sewage treatment system. Additionally, the municipality is located in the state of Amapá, which faces critical levels of basic sanitation development. Adhering to current legal regulations and requirements, the proposed system will be based on the activated sludge treatment process, a

<sup>1</sup> Discente; Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária, Centro Universitário FMU

<sup>2</sup> Docente; Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária, Centro Universitário FMU

conventional method that involves both liquid and solid phases and aims at organic matter removal. This system has demonstrated an efficiency of 96.4% in terms of Biochemical Oxygen Demand (BOD) removal. The analysis of collected data and obtained results was quantitative, indicating that the WWTP will have the capacity to treat an average of 3,788,011 liters of sewage per day, thereby improving the water quality before returning it to the water bodies.

**Keywords:** Sanitation, Activated sludge, Sewage treatment, Sizing.

## INTRODUÇÃO

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) define esgoto sanitário como o "despejo líquido constituído de esgoto doméstico e industrial, água de infiltração e a contribuição pluvial parasitária"(NBR 9.648/86). De acordo com o Panorama de Saneamento Básico no Brasil (SNIS et al. 2021) o país conta com cerca de 362,4 mil quilômetros de rede de coleta de esgotos, que atende 55% da população do país e um total da população urbana de 63,2%, sem incluir o valor montante das fossas sépticas.

Segundo o Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB), considerando as áreas urbanas e rurais, as metas para coleta de esgoto sanitário contemplam um total de 92% dos domicílios brasileiros até o final do horizonte do plano em 2033, enquanto em áreas urbanas a meta de alcance é de 93% (PLANSAB et al., 2019).

No Brasil, a Lei N° 14.026, de 15 de julho de 2020 atualiza o marco legal de saneamento básico, atribuindo à Agência Nacional de Águas (ANA) competências para regulamentar os serviços públicos de saneamento básico no país; um dos pontos primordiais estabelecidos na lei são que prestadores de serviços públicos de saneamento básico deverão definir metas de universalização que garantam o atendimento de 99% (noventa e nove por cento) da população com água potável e de 90% (noventa por cento) da população do país com coleta e tratamento de esgotos até 31 de dezembro de 2033. (LEI N° 14.026, 2020; Art. 11-B).

De acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS, as estratégias de universalização podem ser associadas às metas

estabelecidas pelos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) (PLANSAB et al. 2019); segundo o Relatório Agenda 2030, em específico a ODS 6 que tem como objetivo assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos, a meta 6.3 define que “Até 2030, melhorar a qualidade da água nos corpos hídricos, reduzindo a poluição, eliminando despejos e minimizando o lançamento de materiais e substâncias perigosas, reduzindo pela metade a proporção do lançamento de efluentes não tratados e aumentando substancialmente o reciclo e reuso seguro localmente”.

Para a definição de Estação de Tratamento de Esgoto – ETE, têm-se a Norma Regulamentadora Brasileira (NBR) 12.209 que trata sobre a elaboração de projetos hidráulico-sanitários de ETE que podem ser definidas como o conjunto de unidades de tratamento, equipamentos, órgãos auxiliares, acessórios e sistemas de utilidades cuja finalidade é a redução das cargas poluidoras do esgoto sanitário e condicionamento da matéria residual resultante do tratamento (ABNT NBR 12.209/2011).

As ETEs são essenciais para o tratamento adequado dos resíduos líquidos produzidos por atividades humanas, como residências e indústrias. Elas removem substâncias prejudiciais e microrganismos patogênicos, garantindo a qualidade da água antes de ser devolvida ao meio ambiente. Além de proteger o ecossistema, as ETEs contribuem para a prevenção de doenças transmitidas pela água e promovem a qualidade de vida das comunidades.

De acordo com a Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF) quanto ao Manual de Comunicação e Organização Social, o Sistema de Esgotamento Sanitário – SES pode ser definido como “um conjunto de obras e instalações destinadas a realizar o afastamento, o transporte, o tratamento e a destinação final dos esgotos (gerados nas atividades do dia a dia da população), de forma adequada do ponto de vista sanitário e ambiental” (CODEVASF et al., 2015).

De acordo com o Instituto Trata Brasil (Ranking do Saneamento Básico, 2021) uma parcela de 44,2 % da população brasileira vive sem coleta de esgoto, já o índice de esgoto tratado referente a quantidade de água consumida é de 51,2%. Avaliando a nível municipal, ressalta-se que 35,3% dos municípios brasileiros (1.937 municípios) enviaram em 2020 ao Sistema Nacional de

Informações sobre Saneamento (SNIS) o formulário simplificado, ou seja, não existe rede coletora de esgoto nesses municípios (SNIS et al., 2020).

Seguindo o do Atlas do Esgoto a coleta e o tratamento de esgoto abrange 43% da população, 12% utilizam fossa séptica, sendo assim, 55% da população possui tratamento considerado adequado, 18% têm o esgoto coletado, mas não tratado, e 27% não possui coleta nem tratamento do esgoto. (ATLAS ESGOTO ANA et al., 2017)

A empresa responsável pelo tratamento de água e esgoto em Vitória do Jari é a CAESA (Companhia de Água e Esgoto do Amapá) que possui 15,22% de seu esgoto manejado de forma adequada, por meio de sistemas centralizados de coleta e tratamento ou de soluções individuais. Do restante, 1,89% são coletados, mas não é tratado e 82,89% não é tratado nem coletado. (ATLAS ESGOTOS ANA et al., 2013).

## **METODOLOGIA**

Realizou-se levantamento de informações, por meio de revisões bibliográficas utilizando-se artigos científicos, livros, monografias, e teses, sob as bases eletrônicas dos portais *Scientific Eletronic Library Online* (SCIELO) e Google acadêmico, assim como o portal do Índice de Desenvolvimento Humano (IBGE) e o portal da Fundação Nacional de Saúde (FUNASA). A pesquisa foi efetivada a partir dos seguintes descritores: estação de tratamento de esgoto; Vitória do Jari; dimensionamento de uma ETE; e, por fim, lodo ativado. Da mesma forma, temas relevantes foram considerados na pesquisa como: esgotamento sanitário, saneamento ambiental, PMSB de Vitória do Jari.

## **Caracterização da Área de Estudo**

O município de Vitória do Jari é um dos 16 municípios do estado do Amapá, pertencendo à região norte do país. Possuindo 16.572 habitantes, 82,89% localizados em área urbana e 17,11% em área rural. Possui uma área total de 2.508,98 km<sup>2</sup> e uma densidade populacional de 6,61 hab/km<sup>2</sup>. O município está inserido no bioma Amazônia e na Região Hidrográfica Amazônica. (IAS et al., 2020)

Segundo o TedPlan (2022), o Amapá é considerado o Estado com o segundo pior saneamento do país, 15 municípios amapaenses registraram doenças relacionadas à falta de saneamento, e Vitória do Jari está entre eles. A cidade tem uma enorme carência de informações básicas (gestão, operação e execução de programas, projetos e ações). Como consequência, há uma profunda escassez de conhecimentos técnicos e científicos acerca dos problemas do setor nas quatro dimensões do saneamento básico (abastecimento de água, esgoto sanitário, gestão das águas pluviais e resíduos sólidos), as quais devem ser elevadas à condição de universalização nos próximos 20 anos (Lei 14.026/2020). Além disso, menciona a necessidade e a importância de incentivos de programas, desenvolvimento e inovação para o alcance das ações do Plano Municipal de Saneamento Básico - PMSB. De acordo com a Política Nacional de Saneamento Básico do Município de Vitória do Jari dispõe que juntamente com o PMSB, terá por finalidade assegurar a prestação dos serviços públicos de saneamento básico, no âmbito de sua abrangência e competência. (AMAPÁ, 2022, art.1º, par I)

Deste modo, escolhemos Vitória do Jari pois o município não é contemplado por sistema de esgotamento sanitário (SEMA 2017), e está em fase de desenvolvimento do sistema de saneamento básico, outro fator para a escolha da região dá-se pela situação do estado do Amapá de acordo com as informações do TedPlan. Portanto, a implantação de uma ETE reduziria o número de doenças relacionadas com a deficiência no saneamento básico no município.

### **Tratamento por Lodo Ativado**

Atualmente o saneamento básico é de responsabilidade do Estado e deve ficar sob sua supervisão, pois, tem como objetivo a promoção da saúde e necessita de alto investimento. Seu dever é de coletar, tratar e dispor adequadamente do esgoto gerado pela população.

O fornecimento e tratamento de água e esgoto do município de Vitória do Jari é realizado pela Companhia de Água e Esgoto do Amapá (CAESA).

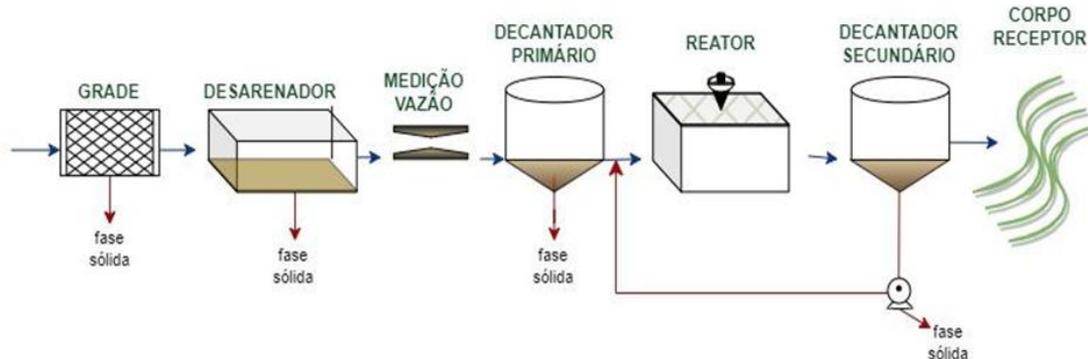
Segundo a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) os principais meios de tratamento de esgotos, são: Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente (RAFA), Lagoa Facultativa, Lagoa anaeróbia, Lagoa Aerada e Sistema de Lodos Ativados.

De acordo com Ferreira (2017), a seleção do método a ser aplicado deve atender às necessidades da população, considerando também os requisitos ambientais. A escolha do método convencional de Lodo Ativado para a Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), conforme ilustrado na figura 1, foi embasada no conceito e nos mecanismos desse processo. Vale ressaltar que o Brasil adota esse sistema há mais de um século, devido à sua eficácia comprovada na remoção de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), atendendo assim às demandas do município.

A definição de lodos ativados pode ser entendida por um floco produzido em um esgoto, a partir do crescimento de bactérias zoogléias ou outros organismos, tendo a presença de oxigênio na forma dissolvida em concentrações suficientes, graças à recirculação de outros flocos formados anteriormente (JORDÃO E PESSOA 2011).

Segundo Von Sperling (2005), os sistemas de lodos ativados e suas variantes são mundialmente utilizados devido sua capacidade de elevar a qualidade do efluente com baixos requisitos de área. É o tratamento biológico utilizado nas grandes estações de tratamento. O processo convencional tem como objetivo a remoção da matéria orgânica com eficiência de aproximadamente 90%, possui fase líquida e sólida (Figura 1).

Seu processo é biológico, consiste na mistura do afluente e o lodo ativado, após agitados e aerados, o lodo é separado do esgoto. A maior parte do lodo retorna para o processo, enquanto uma parcela pequena que não vai para a recirculação é tratada ou levada para o destino final (JORDÃO E PESSOA, 2011).



**Figura 1 – Fluxograma típico do sistema de lodos ativados convencional.**

Fonte: Autores 2023

### Parâmetros de Estudo

A eficiência da ETE é relacionada ao tratamento do esgoto, considerando os parâmetros de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO) estabelecidos pelas normas vigentes. Para isso, foram coletados dados e informações relevantes por meio de fontes confiáveis e a metodologia utilizada será descrita de forma clara e objetiva. É importante ressaltar que a base do estudo são as normas vigentes para a remoção de DBO e DQO em efluentes líquidos, incluindo a Resolução Conama nº 357/2005 e a NBR 12.209/2011 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

O estudo proposto terá como ênfase a avaliação da eficiência da ETE a nível municipal para uma população aproximada de 20.000 habitantes, esta estimativa é baseada nos dados populacionais do IBGE e do PMSB da cidade de Vitória do Jari, através destas funções obteve-se em média o número de habitantes para os anos futuros do município que atenda a eficiência da ETE, somente em 2042 a cidade atingirá a média aproxima de habitantes. Os aspectos construtivos e econômicos do empreendimento não serão abordados, não fazem parte deste estudo.

## Estimativa de Crescimento Populacional

A tabela 2 apresenta a população residente na área urbana de Vitória do Jari informada pelo IBGE para o município, nos anos 2007 e 2010.

**Tabela 2 - População residente em área urbana de Vitória do Jari.**

Censo	Habitantes
2007	9471
2010	10302

Fonte: IBGE

A população foi projetada para o ano de 2042. A população futura, até a data de fim do projeto, foi estimada utilizando-se os métodos de projeção populacional aritmético conforme descrito por Von Sperling (2014) na tabela 3.

**Tabela 3 – Método Aritmético de projeções populacionais.**

Método	Descrição	Fórmula da projeção	Coeficientes
Projeção aritmética	Crescimento populacional seguindo uma taxa constante. Utilizado para estimativas de menor prazo.	$P1 = P0 + Ka (t-t0)$	$Ka = P1 - P0 / t1-t0$

Fonte: Von Sperling (2014)

A tabela 4 apresenta o resultado da projeção populacional do município de Vitória do Jari de acordo com o método de projeção populacional.

**Tabela 4 - Resultado da projeção populacional.**

Método	População urbana em 2023	População urbana em 2042
Projeção aritmética	11.133	19.997

Fonte: Autores 2023

Obtém-se para o ano de 2042, uma população urbana de 19.997.

## ETAPAS DO TRATAMENTO

### Gradeamento

O gradeamento é um processo de remoção inicial de sólidos grosseiros e materiais flutuantes presentes no esgoto bruto antes de seu tratamento subsequente. (Figura 2). (VON SPERLING, 2017).

Abaixo estão os parâmetros e equações utilizadas (resultados no Quadro 1, Coluna 2, Linha 3).

TIPO	ABERTURA	SEÇÃO DA BARRA
GRADE GROSSEIRA	40 mm a 100 mm	10x50mm ( $\frac{3}{8} \times 2''$ )
		10x60mm ( $\frac{3}{8} \times 2\frac{1}{2}''$ )
		13x40mm ( $\frac{1}{2} \times 1\frac{1}{2}''$ )
		13x50mm ( $\frac{1}{2} \times 2''$ )
GRADE MÉDIA	20 mm a 40 mm	8x50mm ( $\frac{5}{16} \times 2''$ )
		10x40mm ( $\frac{3}{8} \times 1\frac{1}{2}''$ )
GRADE FINA	10 mm a 20 mm	10x50mm ( $\frac{3}{8} \times 2''$ )
		6x40mm ( $\frac{1}{4} \times 1\frac{1}{2}''$ )
		8x40mm ( $\frac{5}{16} \times 1\frac{1}{2}''$ )
		10x40mm ( $\frac{3}{8} \times 1\frac{1}{2}''$ )

Figura 2 – Dimensionamento usual das barras das grades.

Fonte: Adaptado de Salla (2017a, p. 6)

$$\text{Área útil da grade em } m^2: A_u = \frac{Q_{m\acute{a}x}}{V_g}$$

$$\text{Área transversal em } m^2: S = A_u \times \frac{a + t}{a}$$

$$\text{Largura do canal em metros: } B = \frac{S}{h_{1 \text{ m\acute{a}x}}}$$

$$\text{Velocidade m\acute{i}nima do canal: } V_{m\acute{i}n} = \frac{Q_{m\acute{i}n}}{B \times h_{m\acute{i}n}}$$

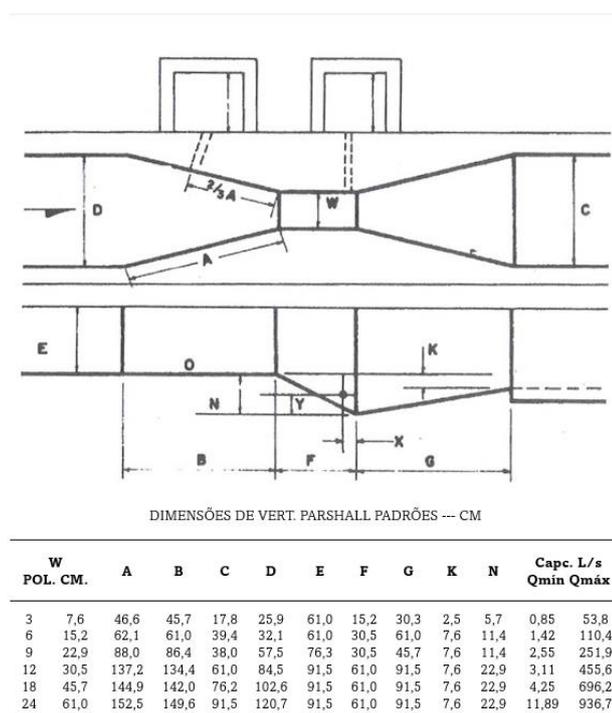
$$\text{Perda de carga na grade em metros: } h_f = 1,43 \times \frac{V_{g \text{ obs}^2} - V_{g \text{ m\acute{a}x}^2}}{2 \times g}$$

$$\text{Velocidade m\acute{a}xima gerada, devido \`a vaz\~ao m\acute{a}xima: } V_{g \text{ m\acute{a}x}} = \frac{Q_{m\acute{a}x}}{B \times h_{1 \text{ m\acute{a}x}}}$$

### Caixa de areia (Desarenador)

A caixa de areia como um componente do tratamento preliminar de esgotos tem a função de reter e remover partículas sólidas de maior tamanho, como areia, pedras e detritos, antes do esgoto ser encaminhado para as próximas

etapas do tratamento. A caixa de areia possui um fluxo horizontal, permitindo que as partículas mais pesadas sedimentem no fundo, enquanto o esgoto líquido passa através da caixa. As partículas sedimentadas são removidas periodicamente para evitar o acúmulo excessivo. Com as dimensões escolhidas (Figura 3), ela proporciona um tempo de retenção suficiente para que a areia se deposite no fundo da caixa, permitindo sua remoção posteriormente. (CHERNICHARO, 2011). Abaixo estão os parâmetros e equações utilizadas (resultados no Quadro 1, Coluna 2, Linha 3).



**Figura 3 – Quadro de capacidades e dimensões do medidor de vazão Parshall.**

**Fonte: Adaptado de Salla (2017a)**

Alturas d'água na seção estrangulada ( $W$ ) em metros:  $Q = 2,2 \times W \times h_2^{\frac{3}{2}}$

Altura do degrau ( $z$ ) antes da calha Parshall em metros:  $\frac{Q_{máx}}{Q_{mín}} = \frac{h_{2\ máx} - z}{h_{2\ mín} - z}$

Alturas d'água na caixa de areia (méd, máx e mín) em metros:  $h_1 = h_2 - z$

Área média da seção transversal da calha Parshall em  $m^2$ :  $S_{méd} = b \times h_{1\ méd}$

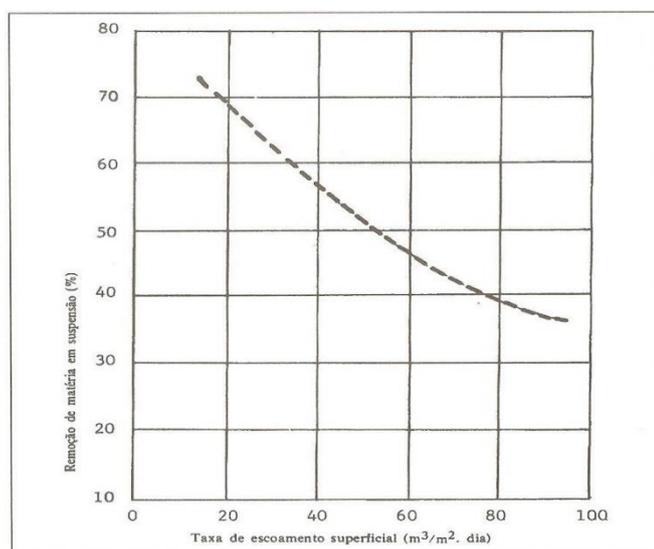
Taxa de escoamento superficial em  $m^3/m^2$ :  $T_d = \frac{Q}{A}$

Área da caixa de areia em  $m^2$ :  $A = b \times L$

Profundidade do depósito da caixa de areia em metros:  $P = \frac{M_R}{A}$

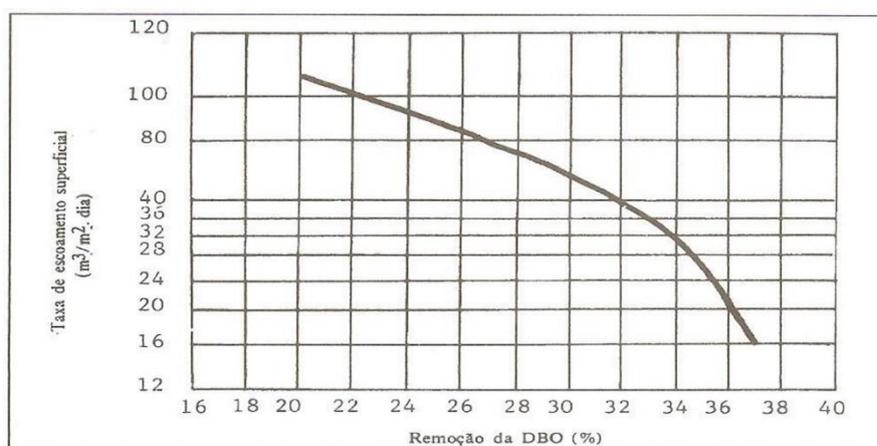
## Decantador primário

O decantador primário permite que os sólidos não grosseiros sedimentáveis e parte daqueles em suspensão se depositem no fundo do tanque, enquanto o efluente clarificado é direcionado para as etapas subsequentes. Os parâmetros escolhidos na utilização dos tanques de fluxo horizontal garantem um fluxo lento e um volume adequado para a separação eficiente dos sólidos e acomodação dos decantadores. (Figura 4 e 5). (VON SPERLING, 2005). Abaixo estão os parâmetros e equações utilizadas (resultados no Quadro 1, Coluna 2, Linhas 4, 5 6 e 7).



**Figura 4 – Taxa de escoamento superficial x remoção de sólidos em suspensão.**

**Fonte: NBR NB-570 (1990)**



**Figura 5 – Taxa de escoamento superficial x remoção do DBO5.**

**Fonte: NBR NB-570 (1990)**

$$\text{Área do decantador primário em m}^2: A_{dec} = \frac{Q_{m\acute{a}x}}{T_{esc\ usp} \times N_{dec}}$$

$$\text{Volume útil do decantador em m}^3: V_{ol\ dec} = A_{dec} \times H_{dec}$$

$$\text{Tempo de detenção hidráulica em horas: } t_{hid} = \frac{V_{ol\ total\ dec}}{Q}$$

$$\text{Comprimento do decantador em metros: } L_{dec} = \frac{A_{dec}}{b_{dec}}$$

$$\text{Velocidade horizontal em m/s: } V_{h\ esc} = \frac{Q_{m\acute{a}x}}{b_{dec} \times H_{dec}}$$

$$\text{Área superficial do decantador em m}^2: A_{s\ dec} = b_{dec} \times L_{dec}$$

$$\text{Massa de sólidos em suspensão em kgSS/12h: } M_{SS} = C_{SS} \times R_{SS} \times \frac{Q_{méd}}{N_{dec}} \times t_{arm}$$

$$\text{Volume de lodo produzido em m}^3: V_{Lodo} = \frac{M_{SS}}{p \times \left(\frac{\gamma_{Lodo}}{\gamma}\right) \times C_{SS\ Lodo}}$$

$$\text{Volume do poço do lodo em m}^3: V_{P\ Lodo} = \frac{H_{Lodo}}{3} \times (A_B + \sqrt{A_B \times A_b + A_b})$$

$$\begin{aligned} \text{Área do conduto responsável pela retirada do lodo em m}^2: A_{CRLodo} \\ = \frac{A_{dec}}{4850 \times t_{Esv}} \times \left(\sqrt{h_{aec}} - \sqrt{h_{pec}}\right) \end{aligned}$$

$$\text{Taxa de escoamento nas calhas de saída em m}^3/\text{h.m: } T_{esc\ cal} = \frac{Q_{m\acute{a}x}}{N_{cal} \times L_{ef\ cal}}$$

$$\text{Vazão de contribuição dos vertedores de saída em m}^3/\text{s: } Q_{m\acute{a}x\ cal} = \frac{2}{3} \times \frac{Q_{m\acute{a}x}}{N_{cal}}$$

$$\text{Altura da calha em metros: } H_{\acute{a}gua\ cal} = \left(\frac{Q_{m\acute{a}x\ cal}}{1,3 \times b_{cal}}\right)^{\frac{2}{3}}$$

## Reator

O reator é uma unidade no tratamento biológico do esgoto. Removendo a matéria orgânica presente no esgoto por meio de processos biológicos, como a degradação aeróbia ou anaeróbia dos poluentes. (VON SPERLING, 2017). Com o tempo de detenção hidráulico e as dimensões do tanque de aeração, é possível fornecer condições adequadas para a aeração e crescimento dos micro-organismos responsáveis pela remoção de matéria orgânica, conforme a NBR 12209 (2011). (Figura 6). Abaixo estão os parâmetros e equações utilizadas (resultados no Quadro 1, Coluna 2, Linha 8).

Temperatura (°C)	Altitude (m)			
	0	500	1000	1500
10	11,3	10,7	10,1	9,5
11	11,1	10,5	9,9	9,3
12	10,8	10,2	9,7	9,1
13	10,6	10,0	9,5	8,9
14	10,4	9,8	9,3	8,7
15	10,2	9,7	9,1	8,6
16	10,0	9,5	8,9	8,4
17	9,7	9,2	8,7	8,2
18	9,5	9,0	8,5	8,0
19	9,4	8,9	8,4	7,9
20	9,2	8,7	8,2	7,7
21	9,0	8,5	8,0	7,6
22	8,8	8,3	7,9	7,4
23	8,7	8,2	7,8	7,3
24	8,5	8,1	7,6	7,2
25	8,4	8,0	7,5	7,1
26	8,2	7,8	7,3	6,9
27	8,1	7,7	7,2	6,8
28	7,9	7,5	7,1	6,6
29	7,8	7,4	7,0	6,6
30	7,6	7,2	6,8	6,4

**Figura 6 – Concentração de saturação de oxigênio, em mg/L.**

**Fonte: Adaptado de Von Sperling (1997, p. 138)**

$$\text{Taxa de utilização em } d^{-1}: q_{m\acute{a}x} = \frac{\mu_{m\acute{a}x}}{Y}$$

$$\text{DBO efluente do decantador prim\`ario, em mgDBO/L: } S_0 = S'_0 \times \left(1 - \frac{E_{DP1}}{100}\right)$$

$$\text{Tempo de deten\`cao hidr\`aulica, em dias: } t = \frac{(S_0 - S_e) \times (K_s + S_e)}{q_{m\acute{a}x} \times X_V \times S_e}$$

$$\text{Carga de lodo fornecida por dia, em kgDBO}_5/\text{kgSSV}.d: \frac{A}{M} = \frac{S_0}{t \times X_V}$$

$$\text{Volume do tanque de aera\`cao em m}^3: V_{LA} = Q_{m\acute{a}x} \times t$$

$$\text{Taxa de utiliza\`cao do substrato em kgDBO}_5/\text{kgSSVTA}.d: q = \frac{S_0 - S_e}{t \times X_V}$$

$$\text{Tempo de deten\`cao da biomassa em dias: } \theta = \frac{1}{\mu - (K_d)} = \frac{1}{(q \times Y) - (K_d)}$$

$$\text{Carga de DBO}_5 \text{ em kg/m}^3.d: \text{Carga DBO} = \frac{S_0}{t}$$

$$\text{Consumo de oxig\`enio em kgO}_2/(\text{m}^3.d): R_0 = \left[ a' \times \left( \frac{S_0 - S_e}{t} \right) \right] + (b' \times X_V)$$

$$\text{Fra\`cao biodegrad\`avel de s\`olidos sol\`uveis: } fb = \frac{fb'}{1 + [(1 - fb') \times K_d \times \theta_c]}$$

*Produção de lodo em kgSSV/d:  $\Delta X = [Y \times Q_{m\acute{a}x} \times (S_0 - S_e)] - (K_d \times X_V \times V_{LA})$*

*Razão de recirculação adimensional:  $R = \frac{Q_R}{Q} \Rightarrow \frac{X_V}{X_U - X_V}$*

*Volume de solo a ser descartado diariamente, m<sup>3</sup>/d:  $Q_w = \frac{V_{LA} \times X_V}{\theta_c \times X_U}$*

*Fator de correção da concentração de saturação de OD pela altitude:  $f_H$*   

$$= 1 - \frac{H}{9450}$$

*Eficiência efetiva em kgO<sub>2</sub>/kWh:  $C_e = C_L \times \alpha \times \frac{(C_{SW} - C_L)}{9,17} \times 1,02^{(T-20)}$*

*Saturação de oxigênio no líquido do reator em mg/L:  $C_{SW} = \beta \times C_S \times f_H$*

*Potencia do aerador em kW:  $P = \frac{R0 \times V_{LA}}{24 \times C_e}$*

*Eficiência total de remoção de DBO (%):  $E = 100 \times \left( \frac{S_0 - S_e}{S_0} \right)$*

### **Decantador secundário**

O decantador secundário é unidade de processo responsável por separar dos sólidos biológicos e sedimentáveis do efluente tratado, permitindo a remoção final de materiais suspensos antes do lançamento do efluente tratado no meio ambiente. (VON SPERLING, 2017). Os parâmetros escolhidos, como a área superficial, volume e tempo de detenção hidráulica, são adequados para garantir uma eficiente sedimentação dos sólidos biológicos e a obtenção de um efluente clarificado, conforme a NBR 12209 (2011). Abaixo estão os parâmetros e equações utilizadas (resultados no Quadro 1, Coluna 2, Linhas 9 e 10).

*Vazão de recirculação ( $Q_R$ ) em m<sup>3</sup>/d:  $R = \frac{Q_R}{Q} = \frac{X_V}{X_U - X_V}$*

*Áreas requeridas pela taxa de aplicação hidráulica ( $T_{AH}$ ) em m<sup>2</sup>:  $A_{DS} = \frac{Q}{T_{AH}}$*

*Área do decantador secundário em m<sup>2</sup>:  $A_{DS} = \frac{(Q + Q_R) \times X_V}{T_{AS}}$*

$$\text{Diâmetro da tubulação de entrada em metros: } D_{te} = \sqrt{\frac{4 \times Q_{méd}}{V_{máx} \times \pi}}$$

$$\text{Tempo de detenção hidráulica em horas: } t = \frac{V_{DS}}{Q_{méd}}$$

**Quadro 1 - Dimensionamento das etapas.**

Etapas do tratamento	Características
Dados iniciais	<ul style="list-style-type: none"> <li>- População Urbana de Vitória do Jari: 11.113 habitantes</li> <li>- População de projeto (Pop): 20.000 habitantes</li> <li>- Temperatura média no mês mais frio (T<sup>o</sup>mín): 25,1 °C</li> <li>- Tubulação rede de esgoto: 64,10 km</li> </ul>
Vazão	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vazão média (Q méd): 45,48 L/s</li> <li>- Vazão máxima (Qmáx): 65,48 L/s</li> <li>- Vazão mínima (Qmín): 32,98 L/s</li> </ul>
Pré-tratamento:	<p>Gradeamento:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tipo de Gradeamento: Médio</li> <li>- Espaçamento entre as barras: 25 mm</li> <li>- Seção da barra: 10 x 50 mm.</li> <li>- Inclinação do gradeamento: 45°</li> <li>- Velocidade máxima através da grade: 0,9 m/s.</li> <li>- Área útil da grade: 0,073 m<sup>2</sup>.</li> </ul> <p>Caixa de areia:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Largura da caixa de areia: 87 cm</li> <li>- Comprimento: 5 m</li> <li>- Profundidade: 38 cm.</li> <li>- Volume de retenção diária: 117,9 L</li> <li>- Volume de retenção a cada 14 dias: 1,651 m<sup>3</sup> (1650,6 L).</li> <li>- Área da caixa de areia: 4,35 m<sup>2</sup>.</li> <li>- Altura mínima d'água na calha Parshall: 21,3 cm e a altura mínima na caixa de areia será de 12,6 cm</li> </ul>
Decantação primária:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- DBO afluente ao decantador primário (S0 DEC): 212,11 mgDBO/L</li> <li>- Número de decantadores: 2</li> <li>- Largura mínima do decantador: 7 metros</li> <li>- Volume útil do decantador primário: 247,52 m<sup>3</sup></li> <li>- Porcentagem de remoção de sólidos em suspensão (SS) e DBO5 para:</li> <li>- Vazão máxima: Remoção de SS: 57% / Remoção de DBO5: 34,4%</li> <li>- Vazão média: Remoção de SS: 65% / Remoção de DBO5: 32%</li> <li>- Massa de sólidos em suspensão por 12 horas de retenção: 140,48 kg</li> </ul>

	- Volume de lodo produzido a cada 12 horas (VLodo): 2,27 m <sup>3</sup>
Poços de Lodo	- Número de poços tronco de pirâmide: 2 - Base maior: 2,3x2,3 m - Base menor: 0,60x0,60 m - Inclinação: 56,3°. Volume dos poços (individual): (VP Lodo) de 2,90 m <sup>3</sup>
Canalização de descarga de fundo	- Diâmetro da canalização de descarga de fundo: 90 mm - Área do conduto de retirada do lodo (ACRLodo): 0,0062 m
Dimensionamento dos vertedores (calhas) de saída e coleta de efluente	- Taxa de escoamento superficial nas calhas (Tesc cal): 5,61 m <sup>3</sup> /h.m - Altura da calha (H_cal): 20 cm - Largura da calha (b_cal): 70 cm - Altura dos vertedores laterais ao decantador: 40 cm - Largura dos vertedores laterais ao decantador: 140 cm
Dimensionamento do reator e do aerador	- Tempo de detenção hidráulico (t): 3,4 horas - Volume do tanque de aeração (VLA): 622 m <sup>3</sup> - Profundidade do reator (HLA): 4,0 m - Comprimento do reator (LLA): 12,5 m - Largura do reator (BLA): 12,5 m Estimativa da produção de lodo: - Produção de lodo ( $\Delta X$ ): 305,9 kgSSV/d: - Potência dos aeradores (P): 25 kW
Dimensionamento do decantador secundário	- Área superficial do decantador secundário: 204,6 m <sup>2</sup> - Altura do decantador secundário (HDS): 4 m - Volume total do decantador secundário (VDS): 818,4 m <sup>3</sup> - Diâmetro da tubulação de entrada (Dte): DN 350 (368,0 mm) - Inclinação do fundo do decantador secundário (i): 1% - Tempo de detenção hidráulica (t): 5 horas - Eficiência lodo ativado: 96,4%
Descarte de lodo:	- Será necessário descartar aproximadamente 30,54 m <sup>3</sup> /d

**Fonte: Autores 2023**

## DESTINAÇÃO DO LODO

No mundo, as formas mais comuns de destinação do lodo originado de ETE consistem na incineração, disposição em aterros sanitários e aplicações no setor agrícola, representando cerca de 90% da destinação total (IWAKI, 2017). No entanto, no Brasil, ainda são poucas as opções alternativas utilizadas para a

disposição final do lodo, sendo o método mais comum adotado a disposição em aterros sanitários, sendo esse um método com um custo elevado associado (DUARTE, 2008).

A destinação do lodo da ETE dependerá de análises da sua composição físico-química para determinar a viabilidade de sua disposição em aterro. Um fator determinante para essa destinação é a viabilidade da região de Vitória do Jari, uma vez que é necessário avaliar se a região possui a infraestrutura adequada e atende aos requisitos para a disposição segura e ambientalmente correta do lodo.

## **RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Considerando os parâmetros de um projeto teórico, que visa apresentados, foram realizados todos os cálculos para o sistema de tratamento proposto. A Resolução Conama nº430/2011, menciona que os sistemas de tratamento de efluentes devem possuir uma eficiência de remoção mínima de 60% de DBO, e conforme apresentado no Quadro 1 o sistema apresentou uma eficiência de 96,4%, superando o indicado pela norma. Desta forma, é natural que se haja o questionamento de custos e a necessidade de se adotar um sistema de maior infraestrutura à uma opção de menor eficiência. Porém do ponto de vista ambiental e sanitário, um projeto de maior eficácia significa uma diminuição na probabilidade de problemas futuros, pois levando em conta um projeto desta magnitude, muitos fatores precisam ser reconsiderados, já que, mesmo trabalhando perante as leis e normas vigentes, possíveis exceções podem existir. Dependendo de diversos fatores, dos quais apenas um trabalho de campo futuro, que aborde todos os obstáculos, que não foram abordados tais como, questões sociais ou de geopolítica. Poderão assim dar uma maior garantia da eficiência esperada.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

---

O saneamento básico desempenha um papel fundamental no desenvolvimento e bem-estar da população. Sua importância está diretamente

relacionada à promoção da saúde pública, preservação do meio ambiente e melhoria da qualidade de vida. O acesso a serviços de abastecimento de água potável, coleta e tratamento de esgoto, e manejo adequado dos resíduos sólidos são aspectos essenciais para garantir condições sanitárias adequadas.

Considerando a eficiência do tratamento para a remoção de DBO (remoção da carga orgânica), dentro dos padrões estabelecidos pela legislação ambiental, foi dimensionado um processo de tratamento de esgoto sanitário adequado que atende a demanda do município de Vitória do Jari, sendo este, o sistema de lodos ativados convencional, cuja eficiência estimada no final do tratamento foi equivalente a 96,4% e irá tratar uma média de 3.788.011 litros de esgoto por dia.

A gestão municipal deverá determinar uma área útil, analisar o custo e a viabilidade da implementação e operação deste projeto, além da necessidade de desenvolver uma rede coletora de esgoto para que o afluente seja carregado para a estação de tratamento, averiguar se o município terá suporte para a destinação de lodos e a dependência de insumos para a manutenção do sistema.

Uma ETE desempenha um papel fundamental na preservação do meio ambiente e na promoção da saúde pública. Ela é responsável por tratar o esgoto doméstico e industrial, removendo impurezas e substâncias nocivas antes de seu descarte. Ressaltando que os investimentos no tratamento de esgoto sanitário promovem o uso sustentável dos recursos hídricos e a preservação dos ecossistemas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

ABNT-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10004. **Resíduos sólidos** – Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

ABNT-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12209. **Elaboração de projetos hidráulico-sanitários de estações de tratamento de esgotos sanitários**. Rio de Janeiro, 2011.

AMAPÁ. **Lei nº414, de 22 de dezembro de 2022**. Dispõe sobre a Política Municipal de Saneamento Básico de Vitória do Jari e dá outras providências.

Amapá: Câmara Municipal, [2022]. Disponível em: [http://saneamento.unifap.br/wp-content/uploads/2023/01/Lei\\_VJ.pdf](http://saneamento.unifap.br/wp-content/uploads/2023/01/Lei_VJ.pdf). Acesso em: 12 abr. 2023.

BATISTA, L. F. **Lodos gerados nas estações de tratamento de esgotos no distrito federal: um estudo de sua aptidão para o condicionamento, utilização e disposição final. Dissertação de Mestrado** - Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. 197 p. 2005, Acesso em: 03 maio 2023.

BRINGHENTI, J. R. et al. **Co disposição de lodos de tratamento de esgotos em aterros brasileiros: aspectos técnicos e critérios mínimos de aplicação.** Engenharia Sanitária Ambiental. v. 23, nº5. Vitória. Espírito Santos. 2018, Acesso em: 21 maio 2023.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2006. Resolução Conama nº375 - **Define padrões para o uso agrícola de lodos de esgoto. Conselho Nacional de Meio Ambiente** - CONAMA, Brasil, Acesso em: 19 maio 2023.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2011. Resolução nº 430 - Dispõe sobre condições, parâmetros, padrões e diretrizes para lançamento de efluentes em corpos de água. CONAMA, Brasil, Acesso em: 19 maio 2023.

**Conheça as etapas do processo de tratamento de esgoto.** Disponível em: <https://blog.brkambiental.com.br/etapas-tratamento-de-esgoto/> Acesso em: 13 maio 2023.

DUARTE, A. C. L. **Incorporação de lodo de esgoto na massa cerâmica para a fabricação de tijolos maciços: uma alternativa para a disposição final do resíduo.** Dissertação (Mestre em Engenharia Sanitária) na Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2008, Acesso em: 28 maio 2023.

FERREIRA, P. A. S. C. **Dimensionamento e comparação de sistemas de tratamento de esgoto para a cidade de Romaria-MG.** Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), Engenharia Civil, FECIV, Uberlândia, Minas Gerais, 2017.

IWAKI, G. **Destinação Final de Lodos de ETAs e ETEs. Portal Tratamento de Água.** Disponível em: <https://www.tratamentodeagua.com.br/artigo/destinacao-finalde-lodos-de-etasa-e-etes/> Acesso em: 30 maio 2023.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 4. ed. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental: Rio de Janeiro, 2005.

Mesquita G, Randow J, Oliveira R, Gonçalves M. **Viabilidade do lodo de esgoto na agricultura. Persp. Online: exatas & eng.**, Campos dos Goytacazes, ano 17, p. 80 - 87, 2017, Acesso em: 30 maio 2023.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ: **PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO (PMSB)**. TedPlan, Macapá, p. 1-20, 2019. Disponível em: <http://saneamento.unifap.br/wp-content/uploads/2021/09/cartilha-pmsb-tedplan.pdf>, Acesso em: 23 maio 2023.

PMSB. **Plano municipal de saneamento básico**. Prefeitura Municipal de Vitória do Jari. Amapá, Consórcio Saneamento Amapá. Disponível em: <https://concessaosaneamento.portal.ap.gov.br/storage/files/0536-plano-municipal-de-saneamento-basico-de-vitoria-do-jari.pdf>, Acesso em: 20 abr 2023.

ReCESA - Rede de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental. Transversal: **Lodo gerado durante o tratamento de água e esgoto. Guia do profissional em treinamento. Nível 2**. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (org.). Brasília: Ministério das Cidades, 2008. 90 p.

SABESP. **Tratamento de esgotos**. Disponível em: <https://www.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaold=49>. Acesso em: 12 fev. 2023.

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE DO AMAPÁ – SEMA (AP). **Instituição. Diagnóstico da gestão ambiental do município de Vitória do Jari**. Diagnóstico da gestão ambiental do município de Vitória do Jari, Amapá, 2017, Acesso em: 15 abril 2023.

TEDPLAN (Vitória do Jari-AP). Instituições (ed.). Programas, Projetos e Ações: Município de Vitória do Jari. In: TEDPLAN (Amapá). Instituição et al, (ed.). **Programas, Projetos e Ações**: Município de Vitória do Jari. Vitória do Jari/AP, 2022. Disponível em: [http://saneamento.unifap.br/wp-content/uploads/2022/12/PPA-VJ\\_NICT.pdf](http://saneamento.unifap.br/wp-content/uploads/2022/12/PPA-VJ_NICT.pdf). Acesso em: 15 maio 2023.

SALLA, M.R. **Tratamento secundário – Lodos ativados**. Aula 11 da disciplina

GCI073 (Tratamento de águas residuárias). 2017e.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. 3. ed. v. 1. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - DESA; Universidade Federal de Minas Gerais, 2005, 452 p.

VON SPERLING, M. **Lagoas de estabilização**. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. 2. ed. v. 3. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - DESA; Universidade Federal de Minas Gerais, 2002, 196 p.

VON SPERLING, M. **Lodos ativados**. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. 1. ed. v. 4. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - DESA; Universidade Federal de Minas Gerais, 1997, 428 p