

CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA  
(ORGANIZADOR)

---

*Collection:*

**APPLIED ENVIRONMENTAL  
AND SANITARY  
ENGINEERING**

CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA  
(ORGANIZADOR)

---

*Collection:*

**APPLIED ENVIRONMENTAL  
AND SANITARY  
ENGINEERING**

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Gabriel Motomu Teshima

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-Não-Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial****Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná



Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



## Collection: applied environmental and sanitary engineering

**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Flávia Roberta Barão  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizador:** Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C697 Collection: applied environmental and sanitary engineering /  
Organizador Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua. -  
Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-857-8

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.578221901>

1. Environmental and sanitary engineering. I. Paniagua,  
Cleiseano Emanuel da Silva (Organizador). II. Título.

CDD 628

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos - CRB-8/9166

**Atena Editora**

Ponta Grossa - Paraná - Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

contato@atenaeditora.com.br



**Atena**  
Editora  
Ano 2022

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



## PRESENTATION

The e-book: "Collection: Applied environmental and sanitary engineering" consists of nineteen book chapters that address different themes, but which converge to an enormous concern that increasingly threatens the quality and well-being of future generations: use sustainable environment and its different biotic and abiotic factors. In this sense, the organization and presentation of book chapters was carried out in four thematic areas, providing a better organization and sequencing, leading to a better understanding and ease in understanding each chapter in this e-book. Therefore, the e-book was divided into four thematic areas, namely: *i)* evaluation of the quality of water resources intended for human consumption; *ii)* emission of particulate materials from the combustion of fuels by the fleet of motor vehicles and the burning of large green areas in order to meet the interest of the agricultural sector; *iii)* actions to minimize the amount of waste sent to sanitary landfills, controlled or dumps based on the practice of segregating recyclable waste; *iv)* basic sanitation and the increase in the Human Development index, generation of energy and fertilizers from biodigestion processes and the presence of pesticides and pharmaceuticals in foods of animal origin.

The first theme consists of six book chapters dealing with the importance of continuous monitoring of water quality for drinking purposes, with studies being presented that prove the lack of efficiency in removing microorganisms with pathogenic properties. Furthermore, the importance and creation of public policies in order to avoid the eutrophication of aquatic bodies that are increasingly common in urban areas. The second consists of four chapters that evaluated the air quality from the emission of particulate materials from human activities, including the burning of fuels and fires in different biomes and how these have been influencing the increase in the formation of islands of heat in urban centers.

The third theme consists of four book chapters that address the importance of carrying out the construction of residential works (condominiums) in order to encourage residents to develop an environmental awareness in relation to the segregation of waste, especially organic and recyclable ones, and the latter would be intended for people who work and with recycling and who contribute significantly to the reduction in the final disposal of waste. Finally, the fourth theme consists of five chapters that present works that discuss the importance of biodigestion in rural areas, basic sanitation as an important factor in determining the HDI and the importance of monitoring the presence of pesticides and drugs in food of animal origin.

In this perspective, Atena Editora has been working with the aim of stimulating and encouraging researchers from Brazil and other countries to publish their work with a guarantee of quality and excellence in the form of books and book chapters that are available on the Editora's website and elsewhere. digital platforms with free access.

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

**AVALIAÇÃO DE INDICADORES ATMOSFÉRICOS EM COMPOSTOS DE CHUVA OCORRIDOS NA CIDADE DO RIO DE JANEIRO UTILIZANDO O MODELO NUMÉRICO WRF**

Fabricio Polifke da Silva  
Maria Gertrudes Alvarez Justi da Silva  
Wallace Figueiredo Menezes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5782219011>

### **CAPÍTULO 2..... 14**

**ANÁLISE DO PADRÃO DA ÁGUA POTÁVEL COMERCIALIZADA EM RELAÇÃO AOS ELEMENTOS QUÍMICOS PRESENTES PELA TÉCNICA DE RADIAÇÃO SINCROTRON E DE COLIFORMES FECALIS PELO MÉTODO COLILLERT®**

Ariston da Silva Melo Júnior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5782219012>

### **CAPÍTULO 3..... 27**

**AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DE RISCOS MICROBIOLÓGICOS (AQRM) ASSOCIADOS AO REÚSO DE ÁGUAS CINZAS: ESTUDO DE CASO EM MACEIÓ-AL**

Ivo Gabriel Guedes Alves  
Marcio Gomes Barboza  
Ivete Vasconcelos Lopes Ferreira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5782219013>

### **CAPÍTULO 4..... 42**

**GRAU DE EUTROFIZAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SANTA MARIA DA VITÓRIA, ES, BRASIL**

Gemael Barbosa Lima  
Gilberto Henke  
Wanderson de Paula Pinto  
Julielza Betzel Badotto  
Claudinei Antônio Montebeller

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5782219014>

### **CAPÍTULO 5..... 56**

**DIAGNÓSTICO DEL MANEJO DEL RECURSO HÍDRICO CON PERSPECTIVA DE GÉNERO EN COMUNIDADES MAYAS DE MÉXICO**

Delghi Yudire Ruiz Patrón  
Cindy Vianely Cetina Aguilar  
Jesús Antonio Santos Tejero  
José Efraín Ramírez Benítez

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5782219015>

### **CAPÍTULO 6..... 72**

**DESENVOLVIMENTO DE UMA ROTINA COMPUTACIONAL PARA O DIMENSIONAMENTO**

## DE SISTEMAS DE TRATAMENTO DE EFLUENTES

Lorena Francyne Queiroz Rocha

Marcio Gomes Barboza

Wagner Roberto Oliveira Pimentel

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5782219016>

## **CAPÍTULO 7..... 87**

### COMPORTAMENTO DAS QUEIMADAS NOS BIOMAS BRASILEIROS ENTRE OS ANOS DE 2009 E 2020

Débora Cristina Correia Cardoso

Daniely Neckel Rosini

Jordana dos Anjos Xavier

Valter Antonio Becegato

Alexandre Tadeu Paulino

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5782219017>

## **CAPÍTULO 8..... 102**

### QUANTIFICAÇÃO DAS EMISSÕES ATMOSFÉRICAS A PARTIR DA QUEIMA DE BIOMASSA EM LAGES-SC

Jordana dos Anjos Xavier

Valter Antonio Becegato

Alexandre Tadeu Paulino

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5782219018>

## **CAPÍTULO 9..... 114**

### MÉTODO DE INTERPOLAÇÃO KRIGAGEM NA MEDIÇÃO DE ILHA DE CALOR EM SANTARÉM-PA

Felizandra Pereira de Aquino

Hudson Ferreira Dias

Victor Hugo da Rocha Uchoa

Carlos Manoel Rocha Melo

Raphael Tapajós

Wilderclay Barreto Machado

Rodrigo da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5782219019>

## **CAPÍTULO 10..... 124**

### MODELAGEM E PREVISÃO DA CONCENTRAÇÃO DE PM<sub>10</sub> NA CIDADE DE VITÓRIA, ESPÍRITO SANTO, BRASIL

Wanderson de Paula Pinto

Valdério Anselmo Reisen

Gemael Barbosa Lima

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57822190110>

## **CAPÍTULO 11..... 134**

### PANORAMA DA COLETA SELETIVA EM SALVADOR-BA E A EXPERIÊNCIA DE COOPERATIVAS DE MATERIAIS RECICLÁVEIS COM OS POSTOS DE ENTREGA

## VOLUNTÁRIA (PEV)

Juliane Figueredo de Araújo Ribeiro  
Gabriela Vieira de Toledo Lisboa Ataíde  
Luiz Roberto Santos Moraes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57822190111>

## **CAPÍTULO 12..... 144**

### PROPOSTA METODOLÓGICA DE AVALIAÇÃO DE UMA FERRAMENTA PARA PROMOVER A RECICLAGEM INCLUSIVA

Andréa Cardoso Ventura  
José Célio Silveira Andrade

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57822190112>

## **CAPÍTULO 13..... 156**

### OPTIMIZING REVERSE LOGISTIC NETWORK PROPOSAL OF WASTE PICKERS ORGANIZATIONS WITH WASTE TRANSFER STATIONS TO IMPROVE THE ECONOMIC EFFICIENCY OF RECYCLING CHAIN

Marcus Camilo Dalvi Garcia  
Renato Ribeiro Siman  
Maria Claudia Lima Couto  
Luciana Harue Yamane  
Rodrigo Alvarenga Rosa  
Gisele de Lorena Diniz Chaves

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57822190113>

## **CAPÍTULO 14..... 178**

### ECONDOMÍNIOS PROJECT: SOLID WASTE MANAGEMENT IN RESIDENTIAL CONDOMINIUMS

Gerson Araujo de Medeiros  
Ana Paula Loro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57822190114>

## **CAPÍTULO 15..... 186**

### ESTUDO PARA IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE BIODIGESTÃO UTILIZANDO RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO MUNICÍPIO DE ROSANA

Sabrina Emília de Almeida Pavez  
Letícia Sabo Boschi  
Claudia Gonçalves de Azevedo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57822190115>

## **CAPÍTULO 16..... 205**

### RELAÇÃO ENTRE INDICADORES DE SANEAMENTO E ÍNDICE DE DESENVOLVIMENTO HUMANO (IDH) NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO, BRASIL

Rafaela Ferrareis Loubato  
Gemael Barbosa Lima  
Claudinei Antônio Montebeller  
Wanderson de Paula Pinto

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57822190116>

**CAPÍTULO 17.....218**

MONITORAMENTO DA REMOÇÃO MULTIELEMENTAR EM TRATAMENTO POR VALA DE FILTRAÇÃO

Ariston da Silva Melo Júnior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57822190117>

**CAPÍTULO 18.....234**

QUANTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS QUÍMICOS (MEDICAMENTOS VENCIDOS) GERADOS EM UM HOSPITAL ESCOLA LOCALIZADO NO INTERIOR DO ESTADO DE SÃO PAULO

Camila Cristina da Silva Moraes

João Vicente Franceschi

Letícia Piteli Balan

Lucas Eduardo Zacarias Gomes

Marcos Vinicius de Souza Serrano

Paulo Giovanni Coraucci Netto

Vinicius Solimani Marquezam

Vitor Vilela Pinese

Luciana Rezende Alves de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57822190118>

**CAPÍTULO 19.....245**

DETECTION AND QUANTIFICATION OF MULTIRESIDE PESTICIDES AND PHARMACEUTICALS IN FOODS OF ANIMAL ORIGIN USING THE QuEChERS METHOD IN PREPARATION OF SAMPLES

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Bruno Elias dos Santos Costa

Anelise dos Santos Mendonça Soares

Valdinei de Oliveira Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57822190119>

**SOBRE O ORGANIZADOR.....256**

**ÍNDICE REMISSIVO.....257**

## DESENVOLVIMENTO DE UMA ROTINA COMPUTACIONAL PARA O DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS DE TRATAMENTO DE EFLUENTES

*Data de aceite: 10/01/2022*

*Data de submissão: 08/11/2021*

### **Lorena Francyne Queiroz Rocha**

Universidade Federal de Alagoas  
Maceió – Alagoas  
<http://lattes.cnpq.br/7084878175545500>

### **Marcio Gomes Barboza**

Universidade Federal de Alagoas  
Maceió – Alagoas  
<http://lattes.cnpq.br/7032825305142761>

### **Wagner Roberto Oliveira Pimentel**

Universidade Federal de Alagoas  
Maceió – Alagoas  
<http://lattes.cnpq.br/6295057660083605>

**RESUMO:** O tratamento de esgotos ainda é um grande desafio no Brasil e o desenvolvimento de uma ferramenta que dimensione sistemas de tratamento, apresentando resultados confiáveis, possibilita praticidade e confiabilidade ao projetista. Este artigo tem como objetivo o desenvolvimento de uma rotina para o dimensionamento de sistemas de tratamento de efluentes domésticos e industriais, com a finalidade de auxiliar o projetista na etapa de pré-dimensionamento. Foram aplicados os conceitos das tecnologias atuais de tratamento biológico de águas residuárias, que se constituiu de: lagoas de estabilização, lodos ativados e reatores anaeróbios (UASB) com pós-tratamento de: lagoa de polimento e filtros biológicos percoladores. Foi feito um levantamento bibliográfico e dos

requisitos técnicos para o projeto de uma ETE e, a partir disso, dimensionou-se uma ETE hipotética, desde o nível de tratamento preliminar, para os diferentes sistemas, utilizando-se o software Excel. Os resultados obtidos apresentaram uma análise comparativa entre os sistemas, em termos de área requerida, onde o sistema de lodos ativados convencional apresentou o menor requisito de área e concentrações efluentes que atendem aos padrões da legislação brasileira sobre lançamento de efluentes, sendo, dessa maneira, a alternativa de tratamento biológico a ser implantada.

**PALAVRAS-CHAVE:** Dimensionamento de ETE; Rotina Computacional para Dimensionamento de ETE; Sistemas de Tratamento de Efluentes.

### DEVELOPMENT OF COMPUTATIONAL ROUTINE FOR SIZING EFFLUENT TREATMENT SYSTEMS

**ABSTRACT:** Wastewater treatment is still a major challenge in Brazil and the development of a tool that measures treatment systems, presenting reliable results, allows practicality and reliability to the designer. This article aims to development of a routine for the design of systems of treatment of domestic and industrial effluents, with the purpose of assisting the designer in the pre-dimensioning step. The concepts of the current technologies of biological treatment of wastewater were applied, which consisted of: stabilization ponds, activated sludge and anaerobic reactors (UASB) with post-treatment of: polishing pond and percolating biological filters. A bibliographic survey and the technical requirements for the sizing of a WWTP

were carried out and, from this, a hypothetical WWTP, from the preliminary treatment level, was designed for the different systems. The results obtained presented a comparative analysis between the systems, in terms of required area, where the conventional activated sludge system presented the lowest area requirement and effluent concentrations that meet Brazilian legislation on effluent discharge, being, in this way, the alternative of biological treatment to be implanted.

**KEYWORDS:** Sizing of WWTP; Computational Routine for WWTP Sizing; Effluent Treatment Systems.

## 1 | INTRODUÇÃO

O tratamento adequado de esgotos deve, como finalidade principal, corrigir as suas características indesejáveis, possibilitando que o seu uso ou disposição final possa ocorrer de acordo com as regras e critérios definidos pelos órgãos de controle ambiental e em função da qualidade mínima exigida do efluente.

Portanto, a destinação correta dos esgotos visa ao aumento da vida média do homem, pela redução da mortalidade em consequência da redução dos casos de doenças, à diminuição de despesas com o tratamento de doenças evitáveis, redução no custo do tratamento das águas de abastecimento. (FUNASA, 1991).

Dessa forma, uma alternativa interessante é o tratamento preliminar, seguido de tratamento biológico com o uso de lagoas de estabilização, por apresentar um excelente desempenho quanto à remoção da matéria orgânica, dos sólidos, dos nutrientes e de coliformes fecais (MEDRI; MEDRI, 2004).

No Brasil, este sistema de lagoas de estabilização é um dos tipos de tratamento mais utilizados, pela disponibilidade de área, clima favorável, baixo custo de implantação e operação, simplicidade na construção, operação e manutenção. Como principais desvantagens podem ser listadas a exigência de áreas grandes, a presença de elevadas concentrações de algas no efluente final e exalação de maus odores das lagoas anaeróbias (FABRETI, 2006).

O sistema de lodos ativados é um exemplo de tecnologia de tratamento de efluentes urbano e industrial e é o mais empregado quando são necessários baixos requisitos de área e elevada qualidade do efluente final (MILOSKI, 2015).

Ante a necessidade da criação de sistemas simples de tratamento de esgotos, que combinem uma alta eficiência de remoção a custos baixos de construção e operação desenvolveram-se, como alternativa, vários sistemas com base na digestão anaeróbia, dentre eles o reator anaeróbio de fluxo ascendente e manto de lodo (reator UASB, do inglês *Upflow Anaerobic Sludge Blanket*), contudo, com a utilização de pós-tratamento para polimento de seus efluentes.

Diante disto, o referido trabalho teve a finalidade de realizar o desenvolvimento de uma rotina computacional capaz de dimensionar sistemas de tratamento de efluentes, a

partir do software Excel, na qual foi considerado o caso de um município hipotético de médio porte e com pouca infraestrutura de saneamento, para a realização de uma análise comparativa dos sistemas em função da área requerida.

## 2 | METODOLOGIA

O procedimento de cálculo utilizado na rotina computacional tem como base os métodos de livros, segundo VON SPERLING, 2017, JORDÃO e PESSÔA, 2009 e CHERNICHARO, 2001, para os sistemas: lagoas de estabilização, lodos ativados e reator UASB com pós-tratamento de: lagoa de polimento e filtros biológicos percoladores.

O programa consiste em: determinar as dimensões das unidades de cada sistema, desde o tratamento preliminar; estimar a concentração efluente dos principais constituintes do esgoto (DBO, DQO e SST) e a eficiência de remoção dos mesmos; calcular a área total requerida pelo sistema, a área *per capita* e a potência requerida para os equipamentos na Estação de Tratamento de Esgotos (ETE).

O programa foi desenvolvido no software Microsoft Excel®, a partir da linguagem de programação VBA (*Visual Basic Applications*), e tem a opção de escolha para dimensionar os tipos de sistemas apresentados anteriormente.

Foi proposta uma sequência adequada de cálculos para programação, onde, primeiramente é realizado o cálculo dos parâmetros afluentes ao sistema, em seguida, o dimensionamento do tratamento preliminar, e, por fim, o dimensionamento do sistema escolhido, dando ênfase às concentrações efluentes e à área do sistema.

A Figura 1 representa o fluxograma da rotina computacional desenvolvida.

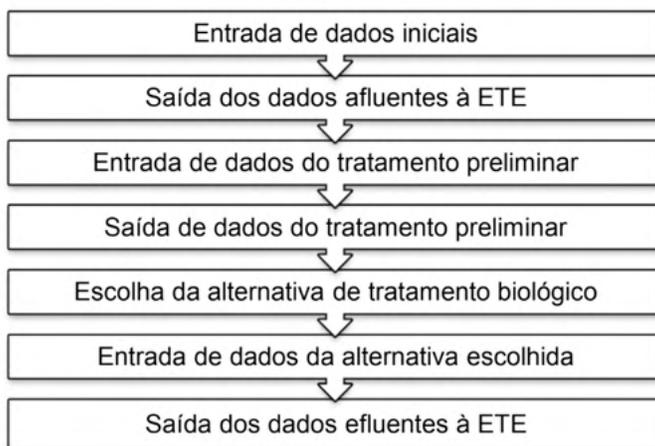


Figura 1 – Fluxograma da rotina computacional desenvolvida.

Para esse estudo comparativo, a etapa de tratamento preliminar não foi utilizada,

por ser tratar da mesma em todos os sistemas e não influenciar no resultado final, dessa maneira, suas interfaces não foram apresentadas.

Para o cálculo da área total requerida dos sistemas de lagoas de estabilização e reator UASB com pós-tratamento foram acrescentados valores, a fim de minimizar o erro na análise técnica entre os sistemas, decorrente da não inclusão do tratamento da fase sólida.

Com esses resultados, o projetista é direcionado pelo pré-dimensionamento do sistema a escolher a melhor alternativa de acordo com a disponibilidade de área do terreno.

### 3 | DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Inicialmente, de acordo com a Norma ABNT NBR 12.209/1992 (ABNT, 1992), o dimensionamento das unidades de tratamento de uma ETE deve ser feito com base nos seguintes parâmetros:

- As vazões de projeto máxima e média;
- A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e a demanda química de oxigênio (DQO);
- Sólidos suspensos totais (SST).

A Figura 2 apresenta o pré-dimensionamento da caracterização do esgoto bruto, onde, inicialmente, ocorrem os cálculos dos dados de projeto para os parâmetros mencionados anteriormente.

The screenshot shows a software window titled "Caracterização do Esgoto Bruto" with a close button (X) in the top right corner. The window contains several input fields on the left and output fields on the right, along with "Limpar" and "Calcular" buttons. The input fields are: População (hab) = 200000, QPC (Consumo per capita de água) = 150, Coeficiente de infiltração(L/s.Km) = 0.1, Extensão de rede de esgoto (Km) = 500, Carga per capita de DBO (gDBO/hab.d) = 54, Carga per capita de DQO (gDQO/hab.d) = 100, Carga per capita de SS (gSS/hab.d) = 50, and CTerm afluente (CTerm/100mL) = 100000000. The output fields are: Vazão média (L/s) = 278, Vazão de infiltração (L/s) = 50, Vazão de projeto (L/s) = 328, Vazão máxima de projeto (L/s) = 550, Vazão mínima de projeto (L/s) = 189, Concentração de DBO (mg/L) = 381, Concentração de DQO (mg/L) = 706, and Concentração de SS (mg/L) = 353. The "Calcular" button is highlighted with a dashed border.

Figura 2 – Pré-dimensionamento da caracterização do esgoto bruto

### 3.1 Lagoas de Estabilização

Para os cálculos realizados nos sistemas de lagoas de estabilização, os valores adotados para os parâmetros encontram-se dentro das faixas recomendadas, de maneira que as concentrações efluentes estejam obedecendo à legislação ambiental e garantindo que o padrão de CTerm no corpo receptor esteja na classe 2.

A Figura 3 representa o pré-dimensionamento da lagoa anaeróbia.

The screenshot shows a software window titled "Lagoa Anaeróbia" with the following fields and values:

Parameter	Value	Range
População (hab)	200000	
Taxa de aplicação volumétrica (kgDBO/m <sup>3</sup> .d)	0,26	
Vazão de projeto (L/s)	328	
Volume requerido (m <sup>3</sup> )	41538	
Carga per capita de DBO (gDBO/hab.d)	54	
Tempo de detenção hidráulico (d)	1,5	3.0 a 6.0
Temperatura do ar no mês mais frio (°C)	18	
Área requerida (m <sup>2</sup> )	10384	
Profundidade (m)	4	3.5 a 5.0
Comprimento da lagoa (m)	144	
Relação L/B	2	1.0 a 3.0
Largura da lagoa (m)	72	
Concentração de DBO efluente (mg/L)	168	

Additional fields and options:

- Quantidade de lagoas: Apenas uma
- Eficiência de remoção de DBO (%) = 56
- Mais de uma: Quantidade [ ]
- Radio buttons: Série (selected), Paralelo
- Eficiência geral de remoção de DBO (%) = [ ]

Buttons: Limpar, Calcular, Avançar

Figura 3 – Pré-dimensionamento da lagoa anaeróbia

A Figura 4 representa o pré-dimensionamento da lagoa facultativa.

**Lagoa Facultativa Secundária**

População (hab) =	<input type="text" value="200000"/>	Parâmetro adotado	<input type="radio"/> Tempo de Detenção Hidráulico (d)
Vazão de projeto (L/s) =	<input type="text" value="328"/>	TDH =	<input type="text"/>
Concentração de DBO afluente (mg/L) =	<input type="text" value="168"/>	Profundidade =	<input type="text"/>
Carga per capita de DQO (gDQO/hab.d) =	<input type="text" value="100"/>	<input checked="" type="radio"/> Profundidade (m)	
CTerm no afluente (CTerm/100mL) =	<input type="text" value="10000000"/>	Profundidade =	<input type="text" value="2"/> 1.5 a 3.0
Temperatura do ar no mês mais frio (°C) =	<input type="text" value="18"/>	TDH =	<input type="text" value="15,52"/>
Concentração de SS efluente (mg/L) =	<input type="text" value="80"/> 60 a 100	Volume da lagoa (m3) =	<input type="text" value="439729"/>
Relação SS/DBO =	<input type="text" value="0.35"/> 0.3 a 0.4	CTerm no efluente (CTerm/100mL) =	<input type="text" value="1000000"/>
Relação DBO/DQO =	<input type="text" value="0.3"/> 0.1 a 0.3	Concentração de DBO efluente (mg/L) =	<input type="text" value="46,00"/>
Coefficiente de remoção de DBO - K (d-1) =	<input type="text" value="0.3"/> 0.25 a 0.32	Concentração de DQO efluente (mg/L) =	<input type="text" value="153,33"/>
Relação L/B =	<input type="text" value="2"/> 2.0 a 4.0	Eficiência de remoção de DBO (%) =	<input type="text" value="72,6"/>
Quantidade de lagoas =	<input type="text" value="2"/> <input checked="" type="radio"/> Série <input type="radio"/> Paralelo	Eficiência de remoção de DOO (%) =	<input type="text" value="78,3"/>
Eficiência de remoção de CTerm (%) =	<input type="text" value="90"/>	Comprimento da lagoa (m) =	<input type="text" value="468,0"/>
Taxa de aplicação superficial (kgDBO/ha.d) =	<input type="text" value="217,0"/>	Largura da lagoa (m) =	<input type="text" value="234,4"/>
Área requerida (m2) =	<input type="text" value="219864"/>		

Figura 4 – Pré-dimensionamento da lagoa facultativa

A Figura 5 representa o pré-dimensionamento da lagoa de maturação.

**Lagoa de Maturação**

População (hab) =	<input type="text" value="200000"/>	CTerm efluente (CTerm/100mL) =	<input type="text" value="659"/>
Vazão de projeto (L/s) =	<input type="text" value="328"/>	Eficiência de remoção de CTerm (%) =	<input type="text" value="99,934"/>
CTerm no afluente (CTerm/100mL) =	<input type="text" value="10000000"/>	Padrão de CTerm no corpo receptor =	<input type="text" value="Classe 2"/>
Área requerida para a lagoa anaeróbia (m2) =	<input type="text" value="10384"/>	Volume requerido (m3) =	<input type="text" value="141696"/>
Área requerida para a lagoa facultativa (m2) =	<input type="text" value="219864"/>	Área requerida (m2) =	<input type="text" value="141696"/>
Temperatura do ar no mês mais frio (°C) =	<input type="text" value="18"/>	Largura da lagoa (m) =	<input type="text" value="133"/>
Coefficiente de decaimento bacteriano - K (d-1) =	<input type="text" value="1.2"/> 0.6 a 1.2	Comprimento da lagoa (m) =	<input type="text" value="266"/>
Quantidade de lagoas =	<input type="text" value="4"/>	Área total requerida do sistema (m2) =	<input type="text" value="483527"/>
Tempo de detenção hidráulico (d) =	<input type="text" value="5"/> 3.0 a 5.0	Área per capita total do sistema (m2/hab) =	<input type="text" value="2,42"/>
Profundidade (m) =	<input type="text" value="1"/> 0.8 a 1.2		
Relação L/B =	<input type="text" value="2"/> 1.0 a 3.0		

Figura 5 – Pré-dimensionamento da lagoa de maturação

Considerou-se um acréscimo de 30% para o cálculo da área total requerida nas lagoas de estabilização.

### 3.2 Lodos Ativados Convencional

Para os cálculos realizados no sistema de lodos ativados convencional, os valores adotados para os parâmetros encontram-se dentro das faixas recomendadas pela literatura, de forma que o padrão de lançamento de efluentes seja atendido, em relação às cargas orgânicas e sólidos solúveis totais, contudo, a concentração de Coliformes Termotolerantes nesse sistema não foi um parâmetro calculado, já que não apresenta valores significativos em sua remoção, logo, em virtude da necessidade de um sistema de desinfecção, foi adotado um acréscimo de 20% da área do tanque de aeração para esse fim.

A Figura 6 representa o pré-dimensionamento da primeira unidade do sistema: decantador primário.

Parâmetro	Valor	Restrições
Vazão de projeto (L/s)	328	
Vazão máxima de projeto (L/s)	550	
Concentração de SST (mg/L)	353	
Concentração de DBO (mg/L)	381	
Quantidade de decantadores	1	
Profundidade lateral (m)	4	Mínimo 3.5
Inclinação do fundo	12	Máximo 12
Teor de sólidos (%)	4	2 a 4
Eficiência de remoção de SST (%)	50	40 a 60
Eficiência de remoção de DBO (%)	30	25 a 35
Área (m <sup>2</sup> )	531	
Raio (m)	13	
Altura h (m)	1,08	
Volume (m <sup>3</sup> )	2316	
Volume útil (m <sup>3</sup> )	2124	
Tempo de detenção		
Médio (h)	1,80	< 3.0
Máximo (h)	1,07	> 1.0
Taxa de escoamento (m <sup>3</sup> /m.d)	347	< 500
Massa de lodo (kg/d)	5002	
Volume de lodo (m <sup>3</sup> /d)	125	
Concentração de SST efluente (mg/L)	176	
Concentração de DBO efluente (mg/L)	267	

Figura 6 – Pré-dimensionamento do decantador primário

A Figura 7 representa o pré-dimensionamento da segunda unidade do sistema: tanque de aeração.

**Tanque de Aeração**

Vazão de projeto (L/s) =	<input type="text" value="328"/>	Coefficiente fb (gDBO/gSST) =	<input type="text" value="0,71"/>	Cálculos para o aerador	
DBO afluente (mg/L) =	<input type="text" value="267"/>	Yobs =	<input type="text" value="0,39"/>		
SST afluente (mg/L) =	<input type="text" value="176"/>	DBO particulada (mg/L) =	<input type="text" value="18"/>	Temperatura (°C)	<input type="text" value="25"/> 20 a 30
Quantidade de tanques	<input type="text" value="1"/>	DBO solúvel (mg/L) =	<input type="text" value="7"/>	Fator alfa	<input type="text" value="0,85"/> 0,8 a 0,9
Y - Relação gSSV/gDBO removida	<input type="text" value="0,55"/> 0,4 a 0,8	Eficiência de remoção de DBO solúvel =	<input type="text" value="97"/>	Concentração de oxigênio no tanque - Cl (mg/L)	<input type="text" value="1,5"/> Mínimo 1,5
Coefficiente Kd (d-1)	<input type="text" value="0,06"/> 0,06 a 0,1	Eficiência de remoção de DBO total =	<input type="text" value="91"/>	Capacidade de oxigenação nominal - N0 (kgO2/cv.h)	<input type="text" value="1,8"/>
Idade do lodo (d)	<input type="text" value="10"/> 4 a 15	Produção de lodo esperada (kgSSV/d) =	<input type="text" value="2836"/>	<input type="button" value="Calcular"/>	
Coefficiente fb' (%)	<input type="text" value="80"/> 80	Produção de lodo esperada (kgSST/d) =	<input type="text" value="3781"/>	Consumo de oxigênio (kgO2/d) =	<input type="text" value="11350"/>
DBO efluente esperada (mg/L)	<input type="text" value="25"/> 20 a 30	Volume de lodo descartado (m3/d) =	<input type="text" value="472"/>	Relação N/N0 =	<input type="text" value="0,63"/>
SST efluente esperado (mg/L)	<input type="text" value="25"/> 20 a 30	Volume do tanque (m3) =	<input type="text" value="13068"/>	Transferência real de oxigênio - N (kgO2/cv.h) =	<input type="text" value="1,14"/>
Relação SSV/SST	<input type="text" value="0,75"/> 0,70 a 0,85	Área da base (m2) =	<input type="text" value="3267"/>	Potência total do sistema de aeração (cv) =	<input type="text" value="414,0"/>
Teor de sólidos (%)	<input type="text" value="0,8"/> Máximo 1	Tempo de detenção Hidráulico (h) =	<input type="text" value="11,07"/>	Área requerida (m2) =	<input type="text" value="3920"/>
Sólidos em suspensão (mg/L)	<input type="text" value="3000"/> 1500 a 4500	Relação Alimento-microrganismo =	<input type="text" value="0,25"/>	<input type="button" value="Limpar tudo"/> <input type="button" value="Avançar"/>	
Altura (m)	<input type="text" value="4"/> 3,0 a 5,0	Vazão de recirculação do lodo (%) =	<input type="text" value="60"/>		
Sólidos no lodo recirculado (mg/L)	<input type="text" value="8000"/> Máximo 10000	Produção de lodo em função do volume (kgSSTA/d) =	<input type="text" value="3920"/>		

Figura 7 – Pré-dimensionamento do tanque de aeração

A Figura 8 representa o pré-dimensionamento da terceira unidade do sistema: decantador secundário.

**Decantador Secundário**

Vazão de projeto (L/s) =	<input type="text" value="328"/>	Área superficial (m2) =	<input type="text" value="1017"/>
Idade do lodo (d) =	<input type="text" value="10"/>	Taxa de aplicação hidráulica (m3/m2.d) =	<input type="text" value="27"/> <=28
Vazão de recirculação (%) =	<input type="text" value="60"/>	Massa de sólidos afluente (kg/d) =	<input type="text" value="136028"/>
Xa (mg/L) =	<input type="text" value="3000"/>	Taxa de aplicação de sólidos (kg/m2.d) =	<input type="text" value="133"/> <=144
Quantidade de decantadores	<input type="text" value="1"/>	Volume útil (m3) =	<input type="text" value="4068"/>
Altura (m)	<input type="text" value="4"/>	Tempo de detenção (h) =	<input type="text" value="3,4"/>
<input type="button" value="Calcular"/>		Taxa de escoamento (m3/m.d) =	<input type="text" value="250"/> <=290
		<input type="button" value="Avançar"/>	

Figura 8 – Pré-dimensionamento do decantador secundário

A Figura 9 representa o pré-dimensionamento da quarta unidade do sistema: adensador.

Parâmetro	Valor	Restrições
Relação SSV/SST	0.75	
Volume de lodo primário (m3/d)	125	
SST primário (kg/d)	5002	
Teor de sólidos primário (%)	4	
Volume de lodo secundário (m3/d)	472	
SST secundário (kg/d)	3781	
Teor de sólidos secundário (%)	0.8	
Quantidade de adensadores	1	
Altura (m)	5	Mínimo 3.0
Captura de sólidos (%)	85	85 a 95
Teor de sólidos no lodo adensado (%)	5	4.0 a 6.0
Volume de lodo misto (m3/d)	597	
Carga de SST afluente (kg/d)	8783	
Carga de SSV afluente (kg/d)	6587	
Teor de sólidos no lodo misto (%)	1,47	0.5 a 1.5
Área do adensador (m2)	200	
Volume do adensador (m3)	1000	
Taxa de aplicação Hidráulica (m3/m2.d)	2	6.0 a 12.0
Volume de água de diluição (m3/d)	603	
Tempo de detenção hidráulica (h)	20	< 24
Massa SST capturada (kg/d)	7465	
Massa SSV capturada (kg/d)	5598	
Volume de lodo efluente (m3/d)	149	

Botões: **Calcular** e **Avançar**

Figura 9 – Pré-dimensionamento do adensador

A Figura 10 representa o pré-dimensionamento da quinta unidade do sistema: digestor anaeróbio com um tanque pulmão.

**Digestor**

Massa SST afluente (kg/d) =	<input type="text" value="7465"/>	Área (m <sup>2</sup> ) =	<input type="text" value="254"/>
Massa SSV afluente (kg/d) =	<input type="text" value="5598"/>	Volume útil (m <sup>3</sup> ) =	<input type="text" value="5080"/>
Volume de lodo afluente (m <sup>3</sup> /d) =	<input type="text" value="149"/>	Tempo de detenção (d) =	<input type="text" value="34"/> 20 a 60
Quantidade de digestores	<input type="text" value="1"/>	Massa SSV no lodo digerido (kg/d) =	<input type="text" value="2799"/>
Taxa de aplicação de SSV - TASSV (kgSSV/m <sup>3</sup> .d)	<input type="text" value="1.2"/> 0.5 a 1.2	Massa SST no lodo digerido (kg/d) =	<input type="text" value="4666"/>
Altura (m)	<input type="text" value="20"/> Recomendado 20.0	Volume de lodo efluente (m <sup>3</sup> /d) =	<input type="text" value="116"/>
Teor de sólidos no lodo digerido (%)	<input type="text" value="4"/> 3.0 a 5.0		

**Tanque Pulmão**

Tempo de armazenamento (h)	<input type="text" value="18"/>	Volume (m <sup>3</sup> ) =	<input type="text" value="87"/>
Altura (m)	<input type="text" value="4"/>	Área (m <sup>2</sup> ) =	<input type="text" value="28"/>
Produção de gás (m <sup>3</sup> /kgSSVdestruído)	<input type="text" value="0.9"/> 0.8 a 1.1	Volume de gás (m <sup>3</sup> /d) =	<input type="text" value="2519"/>

Figura 10 – Pré-dimensionamento do digestor/tanque pulmão

A Figura 11 representa o pré-dimensionamento da última unidade do sistema: centrífuga.

**Centrifuga**

Vazão de lodo afluente (m <sup>3</sup> /d) =	<input type="text" value="116"/>	Capacidade da centrífuga (m <sup>3</sup> /h) =	<input type="text" value="14"/>
Massa de SST afluente (kg/d) =	<input type="text" value="4666"/>	Capacidade total da centrífuga (m <sup>3</sup> /h) =	<input type="text" value="16"/>
Uso de polieletrólito (kg/tonSST)	<input type="text" value="6"/>	Potência da centrífuga (cv) =	<input type="text" value="50"/>
Tempo de operação (h)	<input type="text" value="8"/>	Uso diário de polieletrólito (kg/d) =	<input type="text" value="27"/>
Teor de sólidos na torta (%)	<input type="text" value="30"/> 25 a 35	Vazão de lodo efluente (m <sup>3</sup> /d) =	<input type="text" value="14"/>

Figura 11 – Pré-dimensionamento da centrífuga

### 3.3 Reator Anaeróbio do Tipo UASB com Pós-Tratamento

Para os cálculos realizados no sistema de reator UASB com pós-tratamento, os

valores adotados para os parâmetros encontram-se dentro das faixas recomendadas, de forma que o padrão de lançamento de efluentes seja atendido, em relação às cargas orgânicas e sólidos solúveis totais, e, garantindo que o padrão de CTerm no corpo receptor esteja na classe 2 para o sistema de reator UASB seguido de lagoa de polimento.

A Figura 12 representa o pré-dimensionamento do reator UASB.

The screenshot shows the 'Reator UASB' software interface with the following data:

Input Parameters	Output Parameters
Vazão de projeto (L/s) = 328	Profundidade (m) = 4 (4.0 a 6.0)
DBO afluente (mg/L) = 381	Relação L/B = 2
DQO afluente (mg/L) = 706	Área de influência de cada tubo (m <sup>2</sup> /tubo) = 2.5 (2.0 a 3.0)
SST afluente (mg/L) = 353	Dímetro do tubo (mm) = 100 (75 ou 100)
CTerm afluente (CTerm/100mL) = 100000000	Largura do coletor de gás (m) = 0.3
Quantidade de reatores = 1	Largura do compartimento de decantação (m) = 3 (2.5 a 3.5)
<input type="radio"/> Tempo de detenção Hidráulico TDH (h) = 6.0 a 10.0	Produção de lodo (kgSST/kgDQOafluente) = 0.18 (0.15 a 0.2)
<input checked="" type="radio"/> Carga Orgânica Volumétrica COV (kgDQO/m <sup>3</sup> .d) = 10 (2.5 a 3.5)	Teor de sólidos (%) = 4 (3.0 a 5.0)
<input type="radio"/> Carga Biológica CB (kgDQO/kgSSV.d) = 0.3 a 0.4	Eficiência de remoção de DBO (%) = 75 (55 a 75)
Relação SSV/SST =	Eficiência de remoção de DQO (%) = 70 (60 a 70)
Volume unitário (m <sup>3</sup> ) = 2000 (500 a 2000)	Eficiência de remoção de CTerm (%) = 90
Calcular	Área do reator (m <sup>2</sup> ) = 500 Comprimento do reator (m) = 30,0 Larura do reator (m) = 15,8 Velocidade ascensional na digestão (m/h) = 2,36 (< 0.7)
	Quantidade de tubos = 200 Seção do tubo (m <sup>2</sup> ) = 0,008
	Quantidade de compartimentos = 4 Área do compartimento (m <sup>2</sup> ) = 90 Área de decantação (m <sup>2</sup> ) = 360
	Velocidade ascensional na decantação (m/h) = 3,28 (< 2.5)
	Massa de lodo gerada (kgSST/d) = 3601
	Volume de lodo gerado (m <sup>3</sup> /d) = 88
	SST efluente (mg/L) = 127 (60 a 120)
	Eficiência de remoção de SST (%) = 64
	DBO efluente (mg/L) = 95 (50 a 100)
	DQO efluente (mg/L) = 211 (150 a 200)
	CTerm efluente (CTerm/100mL) = 10000000
	Calcular
	Avançar

Figura 12 – Pré-dimensionamento do reator UASB

Observa-se que as velocidades ascensionais apresentaram valores maiores que os recomendados, que foi causado pelo valor da vazão de projeto, já que a mesma possui um valor alto.

A Figura 13 representa o pré-dimensionamento da lagoa de polimento que trata o efluente do reator UASB.

**Lagoa de polimento**

População (hab) =	200000	Escolha do fluxo	Constante kb (d-1) =	1,2	Tempo mínimo (d) =	7,7
Vazão de projeto (L/s) =	328	<input type="radio"/> Lagoa única com chicanas	<input checked="" type="radio"/> Lagoas em batelada sequenciais	Fator de correção	Quantidade de lagoas	4
DBO afluente (mg/L) =	95			Tempo real (d) =	Tempo real (d) =	8,0
DQO afluente (mg/L) =	211			<input type="button" value="Calcular"/>		
SST afluente (mg/L) =	127					
CTerm afluente (CTerm/100mL) =	10000000					
Quantidade de reatores =	1			CTerm efluente (CTerm/100mL) =	1000	
Área do reator UASB (m <sup>2</sup> ) =	500			Padrão de CTerm no corpo receptor =	Classe 2	
Temperatura do ar no mês mais frio (°C)	18			Eficiência de remoção de DBO (%) =	68	
Profundidade (m)	1	Mínimo 1.0 (irrigação)		Eficiência de remoção de DQO (%) =	85	
Eficiência desejada de remoção de CTerm (unidade logarítmica)	4	0.4 a 0.6 (remover nutrientes)		Eficiência de remoção de SS (%) =	76	
DBO efluente desejada (mg/L)	30			Volume da lagoa (m <sup>3</sup> ) =	56678	
DQO efluente desejada (mg/L)	30			Área da lagoa (m <sup>2</sup> ) =	56678	
SST efluente desejada (mg/L)	30			Área per capita do sistema (m <sup>2</sup> /hab) =	1,48	
				Taxa de aplicação superficial hidráulica (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .d) =	0,50	
				<input type="button" value="Calcular"/>		

Figura 13 – Pré-dimensionamento da lagoa de polimento

Considerou-se um acréscimo de 30% na área da lagoa de polimento para o cálculo da área total requerida do sistema, no entanto, não foi acrescido valor à área requerida para o reator UASB.

A Figura 14 representa o pré-dimensionamento de outra opção de pós-tratamento do efluente do reator UASB por filtro biológico percolador.

**Filtro Biológico Percolador**

População (hab) =	200000	Volume do meio suporte (m <sup>3</sup> ) =	4581
Vazão de projeto (L/s) =	328	Área do meio suporte (m <sup>2</sup> ) =	1832
DBO afluente (mg/L) =	97	Taxa de aplicação superficial (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .d) =	15
DQO afluente (mg/L) =	211		15 a 18
SST afluente (mg/L) =	127	Dímetro do filtro (m) =	48,3
Quantidade de reatores =	1	Eficiência da remoção de DBO (%) =	74
Área do reator (m <sup>2</sup> ) =	500	DBO efluente (mg/L) =	25
			<30
COV (kgDBO/m <sup>3</sup> .d)	0,6	Produção esperada de lodo (kgSST/d) =	1632
Coefficiente de produção de lodo - Y (kgSST/kgDBOremovida)	0,8	Volume esperado de lodo (m <sup>3</sup> /d) =	160
Concentração esperada para o lodo de descarte (%)	1	SST efluente (mg/L) =	57
Profundidade do meio suporte (m)	2,5	Eficiência da remoção de SST (%) =	55
		Área total do sistema (m <sup>2</sup> ) =	6996
Quantidade de filtros	1	Área per capita do sistema (m <sup>2</sup> /hab) =	0,03
		<input type="button" value="Calcular"/>	

Figura 14 – Pré-dimensionamento do filtro biológico percolador

Considerou-se um acréscimo de 200% para o cálculo da área total requerida do sistema, já que, além de não haver sido considerado o tratamento da fase sólida nesse sistema, não houve o dimensionamento do decantador secundário após o filtro biológico percolador.

### 3.4 Análise Comparativa dos Sistemas Avaliados

Com o pré-dimensionamento dos sistemas, foi realizada uma análise comparativa em função dos parâmetros discutidos.

Os resultados obtidos estão apresentados no Gráfico 1.

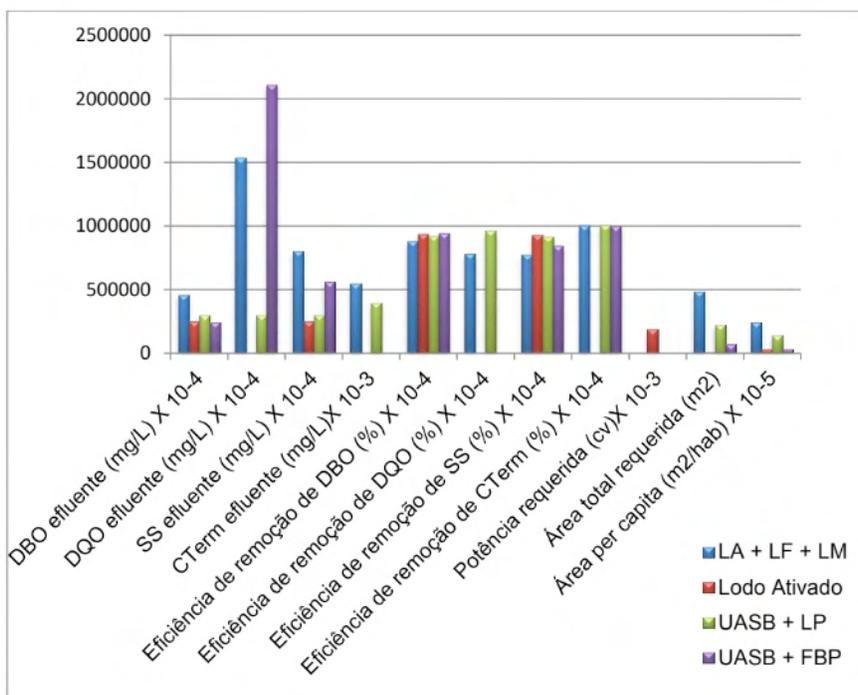


Gráfico 1 – Resultados obtidos no pré-dimensionamento dos sistemas de tratamento

A partir dessa análise pode-se perceber que o sistema de lodos ativados é o que proporciona a menor área para sua implantação, além de possuir baixas concentrações efluentes, sendo valores dentro dos permitidos pela legislação, logo, se torna a melhor concepção para esse município.

Além disso, os resultados obtidos para a área *per capita* tendem aos valores encontrados na literatura, (JORDÃO e PESSÔA, 2009), (CHERNICHARO, 2001) e (VON SPERLING, 1996), mostrado no Quadro 1, que apresenta a área per capita requerida nos sistemas de tratamento de esgotos sanitários.

Sistema	Área per capita (m <sup>2</sup> /hab)	
	Literatura	Resultado obtido
LA + LF + LM	3,0	2,42
Lodos ativados convencional	0,03 a 0,10	0,03
UASB + LP	1,0 a 1,5	1,11
UASB + FBP	0,03 a 0,10	0,03

Quadro 1 – Área per capita nos sistemas de tratamento de esgotos sanitários

## 4 | CONCLUSÕES

As análises dos resultados obtidos neste trabalho permitiram avaliar a viabilidade técnica de quatro sistemas de tratamento biológico de efluentes utilizados no Brasil, usando como base um município com características populacional e de lançamento de esgotos semelhantes a outros no país.

Os resultados do pré-dimensionamento das alternativas de ETE's levaram a concluir que: o sistema de lodos ativados convencional requer menor área para construção de suas unidades, bem como uma elevada qualidade do efluente a ser lançado no corpo receptor, em comparação ao de lagoas de estabilização e reator UASB com pós-tratamento.

Além disso, é possível encontrar uma solução mais econômica apenas entrando com os parâmetros necessários, de forma que este recurso reduza o tempo de cálculos significativamente, dessa forma, o programa desenvolvido fornece subsídios que auxiliam de forma ágil a decisão de escolha do tratamento biológico, adequando-se à finalidade desejada.

Logo, trabalhos complementares poderiam detalhar melhor a viabilidade técnica das concepções a serem selecionadas de maneira a auxiliar na justificativa da análise da viabilidade econômica.

## REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR 12.209: Projeto de estações de tratamento de esgoto sanitário**. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro. 1992.

CHERNICHARO, C. A. de L. (coordenador) - **Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios – Coletânea de artigos técnicos – Aspectos Metodológicos**. FINEP/PROSAB, 2001.

FABRETI, Aline Akabochi. **Pós-tratamento de efluente de lagoa de estabilização através de processo físico-químico**. Dissertação de Mestrado da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo-SP, 2006. 159p.

FUNASA. **Manual de Saneamento**. Fundação nacional de Saúde. Ministério da Saúde, Brasília, 1991.

JORDÃO, E. P.; PESSOA C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 5ª edição. Rio de Janeiro. Editora: Synergia. 2009. 940p.

MEDRI V.; MEDRI W. **Otimização de sistemas de lagoas de estabilização para tratamento de dejetos suínos**. Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas, Londrina, 2004.

MILOSKI, J. **Caracterização da microbiota envolvida nos processos anaeróbios (lodos ativados) e anaeróbios (UASB) de uma Indústria de alimentos**. Dissertação de mestrado, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, RJ, 2015.

VON SPERLING, M. – **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos** – Volume 1 – Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. 2ª edição, Belo Horizonte, 1996.

VON SPERLING, M. – **Lagoas de estabilização** – Volume 3 – Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. 3ª edição, Belo Horizonte, 2017.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

- Activated sludge 72, 73
- Anthropogenic actions 88
- Aquatic biota 250
- Artificial ecosystem 115
- Atmospheric indicators 1, 2

### B

- Biodigesters 186
- Biodigestion 186, 187
- Biofertilizer 186, 254
- Biogas 186, 204, 254
- Biological filters 72
- Biomass 102, 103, 112

### C

- Cerrado biome 88
- Chlorination 28
- Contaminants of Emerging Concern (CEC) 245

### D

- Drugs 235, 246, 251, 252, 254, 255

### E

- Ecosystem 115
- Effluents 28, 43, 72, 256
- Environmental impact 218
- Evapotranspiration 115

### F

- Fecal coliforms 15

### G

- Geostatistical method of spatialization (Krigagem) 115

### H

- Heat islands 115, 123
- Human Development Index (HDI) 205

## **I**

Inclusive recycling 145

## **L**

Lakes 54

## **M**

Mayan communities 57

Mixed Integer Linear Programming (MILP) 156, 158

## **N**

National Institute for Space Research (INPE) 88

National Solid Waste Policy (PNRS) 134, 159, 166, 169, 175, 178, 235

## **O**

Oligotrophic 43

Organic waste 178, 180, 181, 182

## **P**

Percolating 72

Pesticide 245, 248, 249, 251, 252, 253, 254

Pharmaceuticals 245, 247, 249, 250, 251, 252

Phytoplankton 43

Polishing pond 72

Precipitable water (PW) 2, 4

## **Q**

QuEChERS (Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged and Safe) 245, 247, 248, 249, 250, 251, 253, 254, 255

## **R**

Recyclable materials 134, 135, 154, 162, 164, 178, 183

Residential condominiums 178, 179, 183

Reuse 27, 28, 135, 180, 183, 218, 256

Rivers 43

## **S**

Sanitation 70, 165, 166, 169, 174, 205, 206

Sewage treatment 252, 256

Solar radiation 115, 256

Solid waste 134, 154, 156, 157, 158, 159, 166, 169, 171, 175, 176, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 187, 235

Solid Waste Master Plan 178

Stabilization ponds 72

State Institute for the Environment and Water Resources (IEMA) 124

Sustainability 176, 178, 182, 184, 219

Synchrotron radiation 15, 218

## **U**

United States Environmental Protection Agency (USEPA) 28

Urban solid waste management 159, 175, 183

## **W**

Waste Transfer Station (WTS) 156, 157, 171, 174, 176

Water pollution 15

Water resources 26, 57, 124, 162, 250

Water treatment 218

World Health Organization (WHO) 28, 250

 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

 [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

 @atenaeditora

 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](http://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

---

*Collection:*

# APPLIED ENVIRONMENTAL AND SANITARY ENGINEERING

 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
 [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)  
 @atenaeditora  
 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](http://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

---

*Collection:*

# APPLIED ENVIRONMENTAL AND SANITARY ENGINEERING