

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CAMPUS LONDRINA
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

Tharick Almeida Alvanham Souza

**DESENVOLVIMENTO DE UM PROGRAMA PARA
DIMENSIONAMENTO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE
ESGOTO PARA FINS DIDÁTICOS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

LONDRINA

2021

Tharick Almeida Alvanham Souza

**DESENVOLVIMENTO DE UM PROGRAMA PARA
DIMENSIONAMENTO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE
ESGOTO PARA FINS DIDÁTICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Superior de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Câmpus* Londrina, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Rafael Montanhini Soares de Oliveira

**LONDRINA
2021**



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do
Paraná
Campus Londrina
Coordenação de Engenharia Ambiental



TERMO DE APROVAÇÃO

**Elaboração de um programa para estação de tratamento de esgoto
para fins didáticos**

por
Tharick Almeida Alvanham Souza

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no dia x do mês do 2021 ao Curso Superior de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Londrina. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho

_____ trabalho
(aprovado,
aprovado com restrições ou reprovado).

Prof. Dra. Joseane Debora Peruco Theodoro
(UTFPR)

Prof. Dr. Ricardo Nagamine Costanzi
(UTFPR)

Prof. Rafael Montanhini Soares de Oliveira
(UTFPR)
Orientador

Prof. Orlando de Carvalho Junior
Responsável pelo TCC do Curso de Eng. Ambiental

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha mãe por todo apoio que me deu durante essa jornada da vida. A minha namorada que me deu forças para não desistir. E ao meu professor e orientador Rafael Montanhini por acreditar e apoiar este trabalho.

RESUMO

SOUZA, T. A. A. Desenvolvimento de um programa para estação de tratamento de esgoto para fins didáticos. 2021. 38p. TCC (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2021.

Nesse trabalho será apresentado o desenvolvimento de um programa computacional capaz de dimensionar uma estação de tratamento de esgoto com suas etapas. Sendo assim, o mesmo, poderá auxiliar durante as aulas relacionadas ao tema. A criação deste programa tem como intenção habilitar as pessoas a dimensionarem projetos de estação de tratamento de esgoto com uma maior facilidade e segurança. O programa desenvolvido, aborda três etapas de tratamento, sendo elas: tratamento preliminar, etapa primária, e etapa secundária com lodos ativados. O programa trouxe resultados promissores relacionados ao dimensionamento de uma estação de tratamento de esgoto, e além disso, o mesmo foi arquitetado para ser escalável, podendo trazer mais recursos caso exista interesses futuros ou a necessidade de modificações.

Palavras-chave: Saneamento, Tratamento de esgoto, Dimensionamento, Python.

ABSTRACT

SOUZA, T. A. A. Development of a program for dimensioning a sewage treatment station for educational purposes. 2021. 38p. TCC (Graduate in Environmental and Sanitary Engineering) - Federal Technological University of Paraná. Londrina, 2021.

This work is about the development of a computer program capable of dimensioning a sewage treatment plant with its stages. Thus, the same, will be able to help out during classes related to the theme. The creation of this program is intended to enable people to scale sewage treatment plant projects with greater ease and safety. The developed program covers three stages of the treatment: preliminary treatment, primary stage, and secondary stage with activated sludge. The program brought promising results related to the sizing of a sewage treatment plant, and in addition, it was designed to be scalable, being able to bring more resources if there are future interests or the need of modifications.

Key-words: Sanitation, Sewage Treatment, Dimensioning, Python.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Sistema Lodos Ativados	23
Figura 2 – Dados Exemplos Inseridos	33
Figura 3 – Resultado exemplo	34

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

Hamin – Altura mínima da caixa de areia em metros.
Hamax – Altura máxima da caixa de areia em metros.
Hamed – Altura média da caixa de areia em metros.
k – Coeficiente k da Calha Parshall
n – Coeficiente n da Calha Parshall
qmin – Vazão mínima em litros por segundo.
qmed – Vazão média em litros por segundo.
qmax – Vazão máxima em litros por segundo.
z – Rebaixo do medido em metros.
E – Eficiência da grade.
a – Espaçamento entre as barras em metros.
t – Espessura da barra em metros.
Au – Área útil da grade em metros ao quadrado.
At – Área total da grade em metros ao quadrado.
b – Largura da grade em metros.
La – Largura da caixa de areia em metros.
L – Comprimento da caixa de areia em metros.
I – Taxa de escoamento superficial resultante em metros cúbicos por metros ao quadrado vezes dia.
Atdec – Área total decantador em metros quadrados.
qesc – Vazão de escoamento em metros cúbicos por segundo.
Aumdec – Área de um decantador em metros quadrados.
hmax – Altura máxima da lâmina d'água em metros.
hmin – Altura mínima da lâmina d'água em metros.
htanque – Altura do tanque em metros.
Vta1tanque – Volume de um tanque em metros cúbicos.
Hdec – Altura do decantador em metros.
Vdec – Volume do decantador em metros cúbicos.
Vta – Volume do tanque em metros cúbicos.
f – Fator de carga.
tescmax – Tempo de escoamento máximo em segundos.
tescmed – Tempo de escoamento médio em segundos.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. OBJETIVOS	13
3. REFERENCIAL TEÓRICO	14
3.1 SANEAMENTO	14
3.2 ESGOTO SANITÁRIO	15
3.3 COLETA DE ESGOTOS SANITÁRIOS	16
3.4 ESGOTO SANITÁRIO NO BRASIL	17
3.5 IMPORTANCIA DO SANEAMENTO SANITÁRIO	19
3.5.1 DANOS AMBIENTAIS	19
3.5.2 DANOS À SAÚDE PÚBLICA	19
3.6 PROCESSOS E ETAPAS DE TRATAMENTO DE ESGOTOS	20
3.6.1 TRATAMENTO PRELIMINAR	21
3.6.2 TRATAMENTO PRIMÁRIO	22
3.6.3 TRATAMENTO SECUNDÁRIO	22
3.6.3.1 TRATAMENTO SECUNDÁRIO: LODOS ATIVADOS	23
3.7 A LINGUAGEM DE PROGRAMAÇÃO PYTHON 3	24
4. MATERIAIS E MÉTODOS	25
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
6. CONCLUSÃO	35
7. REFERÊNCIAS	36

1 INTRODUÇÃO

O saneamento básico é um dos motivos essenciais diante da procura pelo direito socioambiental, tipificando o ínfimo existencial para uma vida com condições adequadas. O sistema brasileiro rivaliza com vários fatores, sendo esses físicos, jurídicos, financeiros e administrativos para sua efetivação e progresso (Barroso, 2002).

A instituição dos compromissos implicados pela Lei Federal 11.445, que foi estabelecida em janeiro de 2007, garante o direito ao saneamento básico. Este sendo determinado como um agrupamento de obrigações com a infraestrutura de tratamento, seguido da distribuição d'água, coleta e tratamento de esgotos, controle de águas pluviais e também a coleta e direção de resíduos sólidos. Também é definido a obrigação de um projeto de saneamento básico pelos municípios, visando a qualidade de vida da população.

Assim, foi estipulado um dispositivo que promove a programação e a contribuição dos serviços, visando assegurar a saúde pública. Por causa da necessidade de grandes aplicações de verbas nesta área, acaba se tornando escassa a garantia de condições a entrada e de qualidade dos trabalhos, sendo assim gerado um grande déficit na introdução ao saneamento básico. No qual o serviço público deveria garantir as comodidades citadas acima, com a intenção de fazer com que a sociedade possa utilizar de uma maneira no mínimo decente os elementos necessários para a sobrevivência do ser humano (SANTANA, 2014).

Segundo as Nações Unidas, no ano de 2009, por volta de 2,5 bilhões de pessoas não tinham alcance a um saneamento básico adequado. Este problema, na época, era responsável por volta de 1,8 milhões de mortes por ano ao redor do mundo. Por meio de levantamentos realizados pela ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – é relatado que 65% das internações que ocorrem, e que 80% das enfermidades que implicam nosso país, é devido ao saneamento básico precário que possuímos (Belli, 2002).

De acordo com Leoneti et al (2011), o correr da história brasileira, é evidente a desigualdade social, e também, um grande problema relacionado ao alcance do

saneamento básico. O abastecimento de água na zona urbana entende aproximadamente 93,5% dos lares, mas apenas aproximadamente 65% da população têm acesso a coleta de esgoto adequada.

Tiscoski (2009) diz que os serviços de saneamento são ligados a uma melhor qualidade de vida, simultaneamente com a proteção do meio ambiente. Mas a aquisição de todos ao saneamento básico ainda é uma meta a ser cumprida pela sociedade como um todo. Essa meta demanda um envolvimento entre a sociedade e o poder público.

Sendo assim, observando a situação atual, é nítido a importância de estudos em relação ao saneamento básico, em especial, esgotamento sanitário. Claramente existe uma necessidade de investimentos sustentáveis, que proporcionem a viabilidade de estações de tratamento de esgoto como um todo.

Atualmente vivemos a revolução de informações, isso faz com que uma nova realidade seja necessária, a introdução da tecnologia da informação no meio do ensino. Portanto, hoje em dia entre os educadores, existe a necessidade de contextualizar os conteúdos aprendidos dentro da sala de aula de uma maneira que os torne significativos aos alunos. Os recursos da informática têm a capacidade de se tornar um importante meio facilitador para que esse objetivo seja atingido (COSTA, FIORENTINI, 2007).

A incorporação da tecnologia nas aulas pode auxiliar e instigar os alunos a se apropriarem das significações e conceitos estudados, utilizando o computador como uma ferramenta computacional (Miranda e Blaudares, 2007).

A programação pode ajudar no raciocínio lógico e ajudar os alunos a entenderem e contextualizar o conteúdo. A programação nada mais é que um processo de escrita, ou seja, a sabedoria para fazer com que o computador realize uma tarefa da maneira que queremos. Portanto, podemos dizer que o desenvolvimento de um programa, acarreta na nossa maneira de pensar, agir e organizar. Quando aprendemos uma linguagem de programação, somos instruídos a organizar os pensamentos e pensar de uma maneira mais estruturada, desenvolvendo o raciocínio lógico, analítico e crítico.

Nos dias de hoje, na área de saneamento, existe um déficit de aplicativos que possam ser utilizados de maneira gratuita. Ou seja, além da falta de interesse na área, existe a cobrança para utilizar o pouco de sistemas que temos a disposição, dificultando o estudo do saneamento como um todo. O desenvolvimento de um programa pode despertar o interesse nesta área como um todo.

Conseqüentemente, o trabalho em questão tem como intuito propor um horizonte técnico, possível e tecnológico de um programa que irá dimensionar as medidas de uma estação de tratamento de esgoto com as etapas: tratamento preliminar, tratamento primário e tratamento secundário para fins didáticos, apresentando os resultados finais a partir de dados existentes. Devido à falta de investimento no setor de saneamento básico, é viável o desenvolvimento de aplicativos que possam agregar as aulas, e o desenvolvimento de projetos acadêmicos ou até mesmo para esboços profissionais.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral é criar um programa que dimensiona uma estação de tratamento de esgoto para fins didáticos.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos são:

- Realizar o estudo das equações necessárias para o desenvolvimento de um dimensionamento de uma ETE;
- Desenvolver com a linguagem Python 3 um programa que realizará o dimensionamento de uma ETE;
- O programa irá dimensionar um sistema de tratamento de efluentes com as etapas: tratamento preliminar, tratamento primário e sistema de lodos ativados convencional.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Foi realizado um levantamento das equações necessárias para o dimensionamento de uma estação de tratamento de esgoto, necessárias para o desenvolvimento do programa em Python. Utilizando a bibliografia adequada, e o conhecimento necessário para a elaboração de um software, será apresentado um artifício para facilitar a realização de um dimensionamento de uma estação de tratamento de esgoto, contribuindo para o cotidiano dos professores que necessitaram realizar este tipo de tarefa.

3. 1 SANEAMENTO

O conceito de saneamento básico foi determinado ao longo do curso histórico da humanidade, por causa das circunstâncias sociais e materiais à disposição de cada época, levando em consideração que suas atitudes e aplicações estiveram quase sempre associados com o setor da saúde pública (FUNASA, 2006).

O saneamento é estipulado como um conjunto de comodidades e condutas que tem como propósito atingir níveis elevados de sanidade ambiental, beneficiando melhores condições de vida nos meios urbanos e rurais (KOBAYAMA, 2008).

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS) o saneamento básico tem como função de domínio todo o meio físico do ser humano, que desempenha insalubridade sobre o bem-estar físico, social ou mental. Este sistema pode compreender um conjunto de medidas que tem como objetivo a preservação ou modificação do meio ambiente, com a intenção de promover a saúde e prevenir doenças. Atualmente, é capaz de verificar um serviço que é citado como parte do meio sustentável, elaborado para servir as necessidades da população, através do desenvolvimento socioeconômico e serviços de proteção a saúde (SANTOS, 2007).

Saker (2007) define saneamento básico como uma junção de serviços públicos, sendo esses: infraestrutura, manejo de águas pluviais urbanas, manejo de resíduos sólidos de drenagem, instalações de esgotamento sanitário e estabelecimento de água.

O saneamento está conectado ao meio ambiente e a saúde pública. Mas, a maior parte da população do país não possui acesso, mesmo este sendo um bem comum e de direito a todos. Em diversas regiões, não existe abastecimento de água potável e o tratamento de esgoto é precário ou nulo. Sendo isso a causa de diversos problemas na saúde e no meio ambiente (WAGNER, 2013).

A ausência de saneamento básico origina-se de inúmeras falhas de infraestrutura urbana e habitação, ligadamente com outras questões que tornam agravante a situação socioambiental dos municípios, tornando as circunstâncias de vida mais instáveis para a maior parte da população. O saneamento no Brasil é tomado como um serviço de política social, essencial para a saúde do meio ambiente e pública. Sendo assim, um objetivo social indispensável a vida dos seres humanos e ao meio ambiente, mostrando característica pública e o governo tratando seu progresso (SOUZA, 2002).

3. 2 ESGOTO SANITÁRIO

De acordo com a NBR 9648, entende-se por esgoto sanitário o resíduo líquido formado por esgotos doméstico, esgoto industrial, contribuição pluvial parasitária, e água de infiltração. É citado também que o esgoto doméstico é o despejo líquido proveniente do uso da água para necessidades fisiológicas e higiene. O esgoto industrial é a parte líquida que se é formada a partir de procedimentos industriais, que respeitam os padrões de lançamento exigidos. Também é determinado que a colaboração pluvial parasitária é parte do escoamento superficial que é absorvida de maneira imprescindível pelo sistema de esgoto sanitário, e a água de infiltração é a água proveniente do subsolo, que entra nas canalizações (ABNT, 1986).

Pereira (2006) diz que se pode afirmar que as águas usadas em atividades humanas e depois desprezadas apresentam características impróprias para consumo, e seu retorno para o meio ambiente.

Os esgotos são formados a partir da utilização da água para abastecimento. Assim, a água residuária é a parte líquida que alude partículas, compostos químicos ou microrganismos que faz com que sua utilização fique inadequada, portanto, faz-se necessário o tratamento antes do reuso ou destinação final (BARROS, 1995).

Oliveira (2003) propõe que o esgoto é composto por excretas humanas, águas provenientes do uso doméstico, industrial, comercial e por águas pluviais. Sendo o esgoto doméstico a maior parte do esgoto sanitário, sendo oriundo de dejetos fecais, águas de cozinhas, banheiros, prédios residenciais e comerciais, instalações públicas e locais de serviços de saúde.

A partir das propriedades, o esgoto sanitário pode ser categorizado em fraco, médio e forte, sendo influenciado na vazão e concentrações por fatores controláveis, como circunstâncias do abastecimento de água, construção da rede coletora, e fatores de difícil controle, como clima, e hábitos higiênicos. O esgoto possui cerca de 99,9% de água e apenas 0,01% de sólidos orgânicos, suspensos e dissolvidos, e também microrganismos. Isso mostra o quanto é imprescindível a necessidade de tratamento de esgotos. A coleta, tratamento e destinação final se fazem indispensáveis, porque trata-se de um rico efluente de carga orgânica e essencial poluente de rios em locais urbanos (VON SPERLING, 1996).

O tratamento do esgoto objetiva diminuir ou acabar com a contaminação das águas, porque o não tratamento da mesma, é levada diretamente a rede de esgoto, podendo contaminar as águas, e a vida ali presente (FARIA, 2007).

3.3 COLETA DE ESGOTOS SANITÁRIOS

O despejo apropriado dos dejetos simboliza uma primordial medida de saúde pública, podendo ser constituída por uma solução individual ou coletiva, sendo isto, definido a partir da densidade populacional da área beneficiada.

O sistema individual é utilizado para residências unifamiliares e confluem no despejo dos esgotos domésticos gerados em uma unidade habitacional, normalmente em fossa séptica. Tais sistemas são capazes de trabalhar de maneira aceitável e podem ser realizáveis no ponto de vista econômico, porém as habitações devem ser de grande porcentagem de área livre ou área rural, onde o solo disponha de decentes características de infiltrações, nível de água subterrânea em profundidade apropriada, escapando assim do risco de contaminação das águas subterrâneas e superficiais.

Devido a maior concentração demográfica, os sistemas individuais exibem problemas para sua utilização. A área requestada para infiltração é alta, e na maioria dos casos, maior do que a área ao dispor. Sendo assim, os sistemas coletivos de rede

de esgoto são mais ideais como forma de recurso em lugares com alta quantidade de pessoas, como por exemplo em grandes centros urbanos. Esta solução é realizada a partir da inserção de canalizações para onde serão lançados os efluentes, e depois guiados até o local de tratamento sanitário (VON SPERLING, 2005).

3. 4 ESGOTO SANITÁRIO NO BRASIL

O assunto relacionado ao saneamento no país, segundo Pereira, Souza e Silva (2010), começou no período colonial, onde foi um período marcado pela evolução da sociedade, em que a economia era baseada na utilização de recursos da natureza e das monoculturas da época, como café e açúcar. Naquele período, cada povo tinha seus costumes sanitários, devido a miscigenação da época.

Em 1808, com a família real, o crescimento da população aumentou, dobrando seu valor, gerando uma maior procura por abastecimento de água, aumentando a quantidade de dejetos e resíduos no meio ambiente. Neste momento, obras de saneamento eram vistas como respostas apenas individuais (PEREIRA; SOUZA; SILVA, 2010).

No século XIX, intervenções foram realizadas em favor do saneamento, visando solucionar problemas de epidemias que ocorreram nessa época. No ano de 1853, D. Pedro II iniciou a construção de um sistema de esgotamento sanitário para o Rio de Janeiro, a mesma se tornou uma das únicas cidades a ter tal sistema (REZENDE; HELLER, 2002).

Praticamente 100 anos depois, em 1970, o Sistema Nacional de Saneamento junto com o Plano Nacional de Saneamento (PLANASA) foi colocada em prática no país a partir de recursos do FGTS. Foram nominadas juntamente com o PLANASA as Companhias Estaduais de Saneamento Básico (CESB), onde as CESB estariam mais adequadas a obter a universalização dos serviços de esgoto e água quando se comparada aos municípios. O governo federal daquele período fez com que grande parte dos centros urbanos concedessem às CESB, para o fornecimento de serviços de saneamento como forma de garantir a admissão aos recursos do Sistema Financeiro do Saneamento (SFS), com a ideia de que as cidades que não pactuassem ao plano, teriam dificuldades em conseguir recursos para o investimento. Ou seja,

aderir o plano consistia em desistir da autonomia do município sobre os serviços de saneamento.

Em busca de alterar esse quadro, no ano de 2007 surge a Lei Nacional do Saneamento Básico 11.445/2007, demonstrando-se ser uma adorável ação governamental, consumando um novo período do saneamento básico brasileiro. A lei tem como obrigação da sociedade do país a generalização do saneamento básico. Após essa Lei, houve o decreto 7.217/2010, que institui normas nacionais para o saneamento básico no país. A mesma define as competências em relação ao exercício de sua responsabilidade, regulação, planejamento e gestão, sendo assim, dando mais autonomia para os municípios, onde os mesmos, tem a obrigação de conceber um plano de saneamento básico.

No atual período, a evolução das ações de saneamento não teve resultados esperados. Mesmo com os investimentos realizados conforme a história descreveu, os mesmos não foram capazes de superar as carências sociais do país (REZENDE; HELLER, 2002).

A grande quantidade de cidades que não dispõem de coleta e tratamento de esgotos advém da maneira que é tratada o saneamento, ou seja, o saneamento não é visto como uma prioridade, demonstrando a falta que uma política competente tem (PEREIRA, 2003). Mesmo assim, a presença de serviços de saneamento nas cidades do país aumentou nas últimas décadas, todavia, essa evolução não acontece na maior parte das cidades, o que é comprovado a partir de um estudo do IBGE (2012) que diz que 78% das cidades do nosso país não tinham um Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB). Quando damos enfoque no esgotamento sanitário, a situação é ainda mais crítica, segundo IBGE (2010), em 2008, apenas aproximadamente 55% das cidades brasileiras tinham serviço de esgotamento sanitário por meio de uma rede coletora.

Atualmente, a coleta de esgoto aumentou nos últimos anos, mas o problema é que o tratamento de esgoto ainda é ineficiente, existindo assim a necessidade de mais estações de tratamento de esgotos no país.

3. 5 IMPORTÂNCIA DO SANEAMENTO

3.5.1 DANOS AMBIENTAIS

O tratamento do esgoto tem como objetivo melhorar as condições de vida da população e do meio ambiente. Vai além da condição de saneamento básico, envolvendo também o abastecimento de água potável, coleta e disposição final de resíduos sólidos e líquidos, uso e ocupação do solo, drenagem urbana e controle de doenças (IBGE, 2011).

Muitos problemas ambientais estão relacionados a inexistência ou precariedade do saneamento, como a poluição na captação de água, poluição de rios, lagos, lagoas, aquíferos, doenças e muitos outros problemas (IBGE, 2011).

O crescimento acelerado da população acaba gerando diversos problemas urbanos que simbolizam um enorme desafio para a gestão ambiental, e seus órgãos. Entre esses problemas, podemos citar a ocupação de margens rios, lançamento de resíduos em cursos d'água, ocupação de encostas, poluição hídrica, material particulado das indústrias, construções, e atividade agropecuária, são os principais culpados pela deterioração do meio ambiente. Ainda por causa desse crescimento desordenado, podemos citar os problemas na saúde pública, proveniente do aumento de geração de esgoto (PHILIPPI, 2005).

3.5.2 DANOS À SAÚDE PÚBLICA

A Organização Mundial da Saúde, OMS, diz que a saúde é o completo bem-estar físico, mental e social, e não a ausência de doenças. Também é caracterizado como saúde pública a cultura e a instrução de viabilizar, defender e reaver a saúde, através de medidas coletivas e do incentivo da população. O estudo e a busca de soluções para os problemas que causam a deterioração da saúde e da qualidade de vida é o objetivo da saúde pública. Sendo assim, a realização da saúde pública precisa do conhecimento científico das diversas áreas que compõem o sistema, como a engenharia ambiental e sanitária, e a medicina (OMS apud PHILLIP, 2005).

A partir de dados divulgados pela Organização Mundial da Saúde, por volta de 2 milhões de pessoas morrem todo ano. Essas mortes são causadas por doenças diarreicas, e infelizmente, a maioria dessas pessoas são crianças menores de cinco anos de idade. Esse problema é devido a falta de importância que o setor sanitário

recebe, falta de recursos monetários, falta de sustentabilidade dos serviços disponíveis para abastecimento de água e saneamento, e problemas na rede de saúde como um todo (OMS, 2013).

3. 6 PROCESSOS E ETAPAS DE TRATAMENTO DE ESGOTOS

Não importa a localidade, urbana ou rural, em que o esgoto é gerado, ou a maneira que é coletado, de forma direta ou indireta, é remetido para corpos d'água receptores. Quando em contato com esses corpos d'água, o esgoto acaba mudando as características naturais da água, por isso existem parâmetros de qualidade que esses efluentes devem se encaixar para poderem ser lançados novamente no meio ambiente, ou seja, existe uma necessidade de tratamento desse esgoto. Sendo assim, as etapas que o esgoto passa visando a redução da sua poluição são chamadas de processos de tratamento (JORDÃO E PESSÔA, 2011).

Esses processos de tratamento de esgoto sanitário são classificados em relação do grau de redução dos sólidos em suspensão e da demanda bioquímica de oxigênio. Esta classificação divide todo o tratamento dos efluentes em: tratamento preliminar, tratamento primário, tratamento secundário e tratamento terciário (JORDÃO E PESSÔA, 2011).

3.6.1 TRATAMENTO PRELIMINAR

O tratamento preliminar integra na etapa a qual se sujeita o esgoto com o objetivo de retirar os sólidos grosseiros, gorduras e areia. Os mecanismos básicos de remoção são de ordem física. Também existe uma unidade destinada à aferição da vazão de esgoto que chega para tratamento. A mesma é na maioria dos casos constituída por uma calha, com dimensões padronizadas, onde a partir do líquido que é aferido, estima-se uma vazão. A ferramenta mais utilizada para isso é chamada de Calha Parshall.

A retirada dos sólidos grosseiros presentes nesta etapa de tratamento, é de muita importância para o bom funcionamento de todo o processo de tratamento de esgotos. Uma das finalidades da remoção que é realizada, é a proteção dos dispositivos de transporte dos efluentes, como bombas e tubulações, proteção das

unidades de tratamentos que virão, e também proteção dos corpos receptores (VON SPERLING, 2005).

Comumente, a retirada dos sólidos grosseiros é feita por meio de uma unidade chamada de gradeamento, onde o material presente no esgoto que tem um tamanho superior ao espaçamento entre as barras das grades, é detido. Este espaçamento entre as barras pode variar conforme o tipo que é utilizado. Existem 3 classificações para as grades: grossas, médias e finas. O material que fica ali detido é retirada de maneira manual ou mecanizada (VON SPERLING, 2005).

Após a remoção dos sólidos grosseiros, o esgoto vai para outro processo que tem como objetivo remover a areia ali presente. De acordo com Von Sperling (2005), essa remoção tem como finalidade evitar o desgaste dos equipamentos e tubulações, diminuir ou acabar com a possibilidade de obstrução em tubulações, tanques, orifícios e sifões, e também facilitar o transporte do esgoto, principalmente a transferência de lodo.

Os responsáveis pela remoção da areia são chamados de desarenadores. Esses equipamentos, a maneira de remoção funciona com o princípio da sedimentação, que consiste nos grãos de areia que são mais densos e de maior dimensão, acumularem no fundo dos tanques, deixando a matéria orgânica em suspensão.

Existem dois tipos de desarenadores: o de fluxo horizontal e seção retangular e a caixa aerada com fluxo espiral, tangencial ou vórtice. Normalmente, as caixas aeradas são utilizadas em grandes estações de tratamento, enquanto as retangulares são utilizadas em estações de tratamento de pequeno ou médio porte. A remoção da areia também é feita de forma mecanizada ou manual depois de sedimentadas.

Para que essa etapa preliminar seja concluída, tem-se também a necessidade de retirada de óleos, graxas, gorduras e ceras. A remoção das gorduras tem como objetivo evitar obstruções dos coletores, aderência nas peças especiais da rede de esgotos, acúmulo nas unidades de tratamento provocando odores desagradáveis e perturbações na maneira que os dispositivos de tratamento funcionam. Para essa remoção, utiliza-se as caixas de gordura, sua retirada se dá devido a flotação natural

desses materiais devido sua densidade inferior à da água (JORDÃO E PESSOA, 2011).

3.6.2 TRATAMENTO PRIMÁRIO

O tratamento primário se diz a respeito à remoção de sólidos em suspensão sedimentáveis e sólidos flutuantes do esgoto. Após a etapa preliminar, os sólidos presentes no esgoto são de maior parte matéria orgânica que se encontra em suspensão no líquido. Portanto no tratamento primário, o esgoto percorre unidades de sedimentação chamadas decantadores primários, onde o esgoto flui lentamente permitindo que o material em suspensão de maior densidade que a água, precipitem e se acumulem no fundo dos tanques. A massa que precipitar no fundo dos decantadores integra o lodo primário bruto, que é removido dos tanques por meio de raspadores mecânicos, bombas ou tubulações únicas.

Esta remoção de matéria orgânica no tratamento primário faz com que a redução de carga de demanda bioquímica de oxigênio seja de aproximadamente 25% para a próxima etapa de tratamento, segundo Von Sperling (2005).

3.6.3 TRATAMENTO SECUNDÁRIO

A eficiência da remoção da demanda bioquímica de oxigênio na etapa primária não é o suficiente para que os parâmetros fiquem dentro da normalidade exigida na RESOLUÇÃO CONAMA 430 (2011). Por isso faz-se necessário o tratamento secundário, que é responsável pela retirada do material orgânico presente no esgoto com a maior eficiência possível.

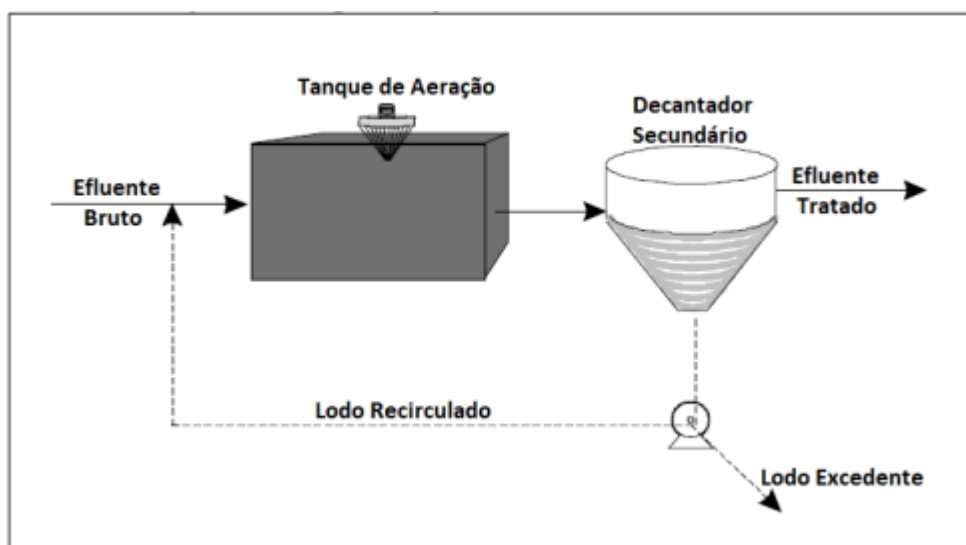
O tratamento secundário, portanto, tem como o principal objetivo a retirada do material orgânico que se situa ali, principalmente, como matéria orgânica dissolvida. Essa matéria orgânica dissolvida, não é capaz de ser removida apenas por processos físicos, existe a necessidade de utilizar tecnologias de tratamento que utilizam resoluções biológicas para a assolação da matéria orgânica. O processo de retirada da demanda bioquímica de oxigênio que acontece nesta etapa, dá-se a partir de microrganismos como fungos, bactérias e protozoários que entrando em contato com o material orgânico presente no esgoto, utiliza este material como alimento, convertendo-o em gás carbônico, água e material celular. Quando feito na condição anaeróbica, tem também a produção de metano. A decomposição do material

orgânico por meio biológico necessita de manutenção de condições ambientais especiais, como pH, e temperatura (VON SPERLING, 2005).

3.6.3.1 TRATAMENTO SECUNDÁRIO: LODOS ATIVADOS

Lodos ativados é definido como o floco produzido por bactérias e outros microrganismos em um esgoto bruto, ou decantado com a existência de oxigênio dissolvido.

Figura 1 - Sistema Lodos Ativados.



FONTE: Von Sperling (2014)

A assimilação da matéria carbonácea contida no esgoto bruto é feita pelos microrganismos no tanque de aeração. Após esta etapa, o efluente é transportado ao decantador secundário, onde acontece a sedimentação dessa biomassa, fazendo com que o líquido saia mais claro. Uma parte do lodo acumulado durante a sedimentação é recirculado novamente para o tanque de aeração, pois lá ainda se encontra uma grande parte de microrganismos ainda ativos, por isso tratamento lodos ativados. Esse processo garante uma maior eficiência no sistema, pois o tempo de permanência dos microrganismos passa a ser satisfatório para que quase toda matéria orgânica ali presente seja metabolizada, acarretando em uma maior remoção de demanda bioquímica de oxigênio (VON SPERLING, 2012).

3.7 A LINGUAGEM DE PROGRAMAÇÃO PYTHON 3

A linguagem Python foi criada em 1991, seu criador, Guido Van Rossum, tinha como objetivo enfatizar a importância do esforço do desenvolvedor sobre o esforço da máquina computacional, sendo assim, priorizando a legibilidade do código com uma sintaxe elegante, clara e concisa. O Python é considerado uma linguagem de alto nível, orientada a objetos, possuindo uma tipagem dinâmica, forte e de multiplataforma (Python, 2009).

A linguagem Python possui uma licença livre compatível com a GPL (General Public License), ou seja, não existe nenhum tipo de restrição quanto à utilização e venda (Python, 2009).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

O método de pesquisa desse trabalho é a revisão literária. Este método compreende em uma sucessão de etapas que minimizam a direção dos trabalhos escolhidos pela exploração da literatura, objetivando reunir o material publicado em relação ao tema abordado. De maneira geral, as etapas da revisão literária são: tema a ser pesquisado; base de dados; critérios de inclusão e exclusão; e aplicação dos filtros.

Além da revisão literária será feito um programa que será capaz de calcular as dimensões de uma estação de tratamento de esgoto através da linguagem Python 3. A linguagem foi escolhida por sua simplicidade e também por ser uma linguagem escalável, fica em aberto a possibilidade de adicionar novos recursos no programa.

O projeto em Python foi desenvolvido pelo autor, e foi dividido em 3 etapas, como em uma estação de tratamento de esgoto convencional. Na primeira etapa do programa, foi desenvolvido os cálculos para as dimensões relacionadas a caixa de areia e ao gradeamento. A próxima etapa é em relação aos decantadores, e o que está relacionado a si. A última etapa apresenta os cálculos necessários para o volume dos tanques necessários para a estação, nesta etapa foi escolhido o método de lodos ativados.

4. 1 TRATAMENTO PRELIMINAR

O tratamento preliminar começa com a escolha da calha Parshall, que é um pequeno caminho formado por uma geometria de fundo e de paredes que são responsáveis por dar mais velocidade à água, criando uma passagem por escoamento crítico. A escolha da calha é determinada de acordo com a vazão máxima, em L/s do projeto.

A partir disso, os coeficientes n e k são determinados, e utilizados para descobrir a altura mínima e máxima a partir da equação:

$$H_{\text{amin}} = k * ((q_{\text{min}} / 1000)**n)$$

$$H_{\text{amáx}} = k * ((q_{\text{máx}} / 1000)**n)$$

Eq.01

Após a determinação das alturas, é calculado o rebaixo (z) à entrada da calha Parshall, utilizando-se a fórmula da equação 02:

$$z = (((q_{\max} / 1000) * H_{\min}) - ((q_{\min} / 1000) * H_{\max})) / ((q_{\max} / 1000) - (q_{\min} / 1000))$$

Eq.02

Como uma segunda parte do tratamento preliminar, existe a necessidade de escolher o tipo de grade para o gradeamento. Os valores de espessura das barras e o espaçamento entre as mesmas, é adotado, em metros, por quem está realizando o dimensionamento, e a partir disso é calculado a eficiência do gradeamento proposto, conforme a equação 03:

$$E = (a / (t + a)) * 100$$

Eq.03

A área útil do gradeamento e a área da seção do canal também são calculadas no dimensionamento a partir das fórmulas, equação 04 e 05, respectivamente, e adotando a velocidade de escoamento de 0.6 m/s:

$$A_u = (q_{\max} / 1000) / v$$

Eq.04

$$A_t = A_u / (E / 100)$$

Eq.05

A partir da área total é possível encontrar a largura do canal da grade com a equação 06:

$$b = A_t / H_{\max}$$

Eq.06

E a quantidade de barras ali presente com a equação 07:

$$n = b / (t + a)$$

Eq.07

Após o dimensionamento do gradeamento da estação de tratamento de esgoto, é realizado o dimensionamento da caixa de areia, considerando a velocidade sobre a caixa de areia igual a 0.3 m/s, a partir da equação 08 temos:

$$Aa = (q_{max} / 1000) / v_a$$

Eq.08

E sua largura e comprimento de acordo com a equação 09, e seu comprimento, a partir da equação 10:

$$L_a = (q_{max} / 1000) / (H_{amax} * v_a)$$

Eq.09

$$L = 22.5 * H_{amax}$$

Eq.10

4. 2 ETAPA PRIMÁRIA

A etapa primária é onde determinamos a área total dos decantadores, área de apenas um decantador, e seu diâmetro. Sendo as equações 11, 12 e 13, respectivamente:

$$A_{tdec} = ((q_{max} / 1000) * 86400) / q_{esc}$$

Eq.11

$$A_{umdec} = A_{tdec} / n_d$$

Eq.12

$$D = \sqrt{(4 * A_{umdec} / \pi)}$$

Eq.13

E a partir do volume de escoamento, é possível calcular a altura dos decantadores de acordo com a equação 14:

$$H_{dec} = V_{dec} / A_{tdec}$$

Eq.14

4.3 ETAPA SECUNDÁRIA

A etapa secundária com lodos ativados é onde é determinado o tamanho do tanque de aeração. Seu volume é determinado a partir do fator de carga e concentração de SS, que são valores que o usuário irá fornecer para o programa, e assim é utilizado a equação 15:

$$V_{ta} = DBO_f * f * C_{deSS}$$

Eq.15

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir segue o resultado do desenvolvimento do programa com todas as equações para dimensionamento e equações complementares para que o programa seja capaz de calcular todos valores necessários para o dimensionamento de uma estação de tratamento de esgoto.

```
import math

#CÁLCULO ETAPA PRELIMINAR
print("Dimensionamento de estação de esgoto. Por favor coloque seus dados de acordo com as unidades que são pedidas em cada campo.")
#INPUT DE VAZÕES (L/s)
qmax = input ("Vazão máxima em L/s: ")
qmed = input ("Vazão média em L/s: ")
qmin = input ("Vazão mínima em L/s: ")
qmax = int(float((qmax)))
qmed = int(float((qmed)))
qmin = int(float((qmin)))

#ESCOLHA PARSHALL DE ACORDO COM A VAZÃO MÁXIMA
print("Caso sua vazão máxima seja entre 5 e 53,8 L/s, n = 0.646 e k = 3.704")
print("Caso sua vazão máxima seja entre 53,8 e 110.4 L/s, n = 0.636 e k = 1.842")
print("Caso sua vazão máxima seja entre 110.4 e 252 L/s, n = 0.633 e k = 1.486")
print("Caso sua vazão máxima seja entre 252 e 455.9 L/s, n = 0.657 e k = 1.276")
print("Caso sua vazão máxima seja entre 455.9 e 696.6 L/s, n = 0.650 e k = 0.966")
print("Caso sua vazão máxima seja entre 696.6 e 937.3 L/s, n = 0.645 e k = 0.795")
print("Caso sua vazão máxima seja entre 937.3 e 1427.2 L/s, n = 0.639 e k = 0.608")
print("Caso sua vazão máxima seja entre 1427.2 e 1922.7 L/s, n = 0.634 e k = 0.505")
print("Caso sua vazão máxima seja entre 1922.7 e 2423.9 L/s, n = 0.630 e k = 0.436")
print("Caso sua vazão máxima seja entre 2423.9 e 2939.8 L/s, n = 0.627 e k = 0.389")
print("Caso sua vazão máxima seja entre 2939.8 e 3950 L/s, n = 0.623 e k = 0.324")
n = input ("Qual o coeficiente n da calha Parshall? ")
k = input ("Qual o coeficiente k da calha Parshall? ")
n = float(n)
```

```

k = float(k)

#CÁLCULO HMIN
Hamin = k * ((qmin / 1000)**n)
#CÁLCULO HMÁX
Hamax = k * ((qmax / 1000)**n)
#CÁLCULO HMED
Hamed = k * ((qmed / 1000)**n)

#CÁLCULO REBAIXO DO MEDIDOR (z)
z = (((qmax / 1000) * Hamin) - ((qmin / 1000) * Hamax)) / ((qmax / 1000) -
(qmin / 1000))

#CÁLCULO DA LÂMINA DÁGUA ANTES DO REBAIXO (h)
hmax = Hamax - z
hmin = Hamin - z

#CÁLCULO EFICIÊNCIA DA GRADE
a = input("Espaçamento entre as barras em metros: ")
t = input("Espessura da barra em metros: ")
a = float(a)
t = float(t)
E = (a / (t + a)) * 100

#CÁLCULO ÁREA ÚTIL DA GRADE
v = 0.6
Au = (qmax / 1000) / v

#CÁLCULO ÁREA TOTAL DA GRADE
At = Au / (E / 100)

#LARGURA GRADE
b = At / Hamax

#QUANTIDADE DE BARRAS
n = b / (t + a)

#ÁREA CAIXA DE AREIA
va = 0.3
Aa = (qmax / 1000) / va

#LARGURA CAIXA DE AREIA
La = (qmax / 1000) / (Hamax * va)

#COMPRIMENTO CAIXA DE AREIA
L = 22.5 * Hamax

#TAXA DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL RESULTANTE (m³/m²dia)****
I = ((qmax / 1000) * 86400) / (L * La)

```

```

#REBAIXO DA CAIXA DE AREIA
V = (qmed * 86.4 * 0.03) #(m³)****
#Hr = (V / 1000) / (La * L) #(m)

#ALTURA DE AREIA DIÁRIA
Hca =(V / 1000) / (L * La)

#INTERVALO DIAS LIMPEZA (dias)****
IL = z / Hca

#CÁLCULO ETAPA PRIMÁRIA

#CÁLCULO ÁREA DOS DECANTADORES
qesc = input("Qual a taxa de escoamento superficial adotada? ")
qesc = float(qesc)
Atdec = ((qmax / 1000) * 86400) / qesc

#ÁREA DE UM DECANTADOR
nd = input("Quantos decantadores? ")
nd = int(nd)
Aumdec = Atdec / nd

#DIÂMETRO DE UM DECANTADOR
D = math.sqrt((4*Aumdec/math.pi))

#TEMPO DE ESCOAMENTO (s)
tesc = input("Qual o tempo de escoamento em segundos? ")
tesc = float(tesc)

#VOLUME ESCOAMENTO
Vdec = (qmax / 1000) * tesc

#ALTURA DECANTADOR
Hdec = Vdec / Atdec

#ALTURA FINAL (para sobrar no decantador)
Hdecf = Hdec + 1

#VOLUME FINAL DECANTADORES
Vdecf = Atdec * Hdecf

#TEMPO
tescmax = Vdecf / (qmax / 1000)
tescmed = Vdecf / (qmin / 1000)

#CÁLCULO ETAPA SECUNDÁRIA

```

```

#CARGA DE DBO APÓS PASSAR PELA ETAPA PRIMÁRIA
DBO = input("Carga de DBO: ")
DBO = float(DBO)
Ef = input("Eficiência dos decantadores: ")
Ef = float(Ef)
Eff = 1 - Ef
DBOf = DBO * Eff

#VOLUME TANQUE DE AERAÇÃO
f = input("Fator de carga(DBO/KgSS/m³): ")
f = float(f)
CdeSS = input("Concentração de SS(KgSS/m³): ")
CdeSS = float(CdeSS)
htanque = input("Altura do tanque em metros: ")
htanque = float(htanque)
Vta = DBOf * f * CdeSS
Vta1tanque = Vta / nd

#ÁREA DO TANQUE
Ata1tanque = Vta1tanque / htanque

#SEÇÃO CIRCULAR
raio = math.sqrt(Ata1tanque/math.pi)

#PRINT DOS VALORES PARA O USUÁRIO
#print("Calha Parshall é de " + w)
print("Altura mínima é de " + str(Hamin) + " m")
print("Altura máxima é de " + str(Hamax) + " m")
print("Rebaixo do medidor (z) é de " + str(z) + " metros")
print("Lâmina d'água mínima antes do rebaixo é de " + str(hmin) + " m")
print("Lâmina d'água máxima antes do rebaixo é de " + str(hmax) + " metros")
print("A eficiência da grade é " + str(E))
print("A área útil da grade é de " + str(Au) + " m²")
print("A área total da grade é de " + str(At) + " m²")
print("A largura da grade é de " + str(b) + " m")
print("A quantidade de barras da grade é de " + str(n))
print("A área da caixa de areia é de " + str(Aa) + " m²")
print("A largura da caixa de areia é de " + str(La) + " m")
print("O comprimento da caixa de areia é de " + str(L) + " m")
print("A taxa de escoamento superficial resultante é de " + str(I) + " m³/m²dia")
print("A altura da areia por dia é de " + str(Hca) + " m")
print("A limpeza deverá ser feita pelo menos a cada " + str(IL) + " dias")
print("A área somada dos decantadores será de " + str(Atdec) + " m²")
print("A área de apenas um decantador será de " + str(Aumdec) + " m²")
print("O diâmetro do decantador será de " + str(D) + " m")
print("A altura do decantador será de " + str(Hdecf) + " m")
print("O volume do decantador será de " + str(Vdecf) + " m³")
print("O tempo de escoamento máximo será de " + str(tescmax) + " s")

```



```

print("O tempo de escoamento médio será de " + str(tescmed) + " s")
print("A carga de DBO após os primeiros tratamentos será de " + str(DBOf) + "
kg/dia")
print("O volume do tanque de aeração será de " + str(Vta1tanque) + " m³")
print("A área do tanque será de " + str(Ata1tanque) + " m²")
print("O valor da seção circular será de " + str(raio) + " m")

```

O programa desenvolvido trouxe dimensões satisfatórias e exatas quando comparadas a exemplos que temos na literatura. As respostas podem ser consideradas exatas pois o programa foi configurado para não arredondar casas decimais, ou constantes que são utilizadas em fórmulas, como o π .

O programa gera as dimensões necessárias para um dimensionamento de uma estação de tratamento de esgoto rapidamente. Após implementar uma interface para facilitar a utilização do usuário, o programa será disponibilizado para quem tiver interesse de utilizar na página pessoal do autor, Tharick Almeida, ou do orientador deste trabalho: Rafael Montanhini Soares de Oliveira.

Figura 2 - Dados de exemplo inseridos

```

TERMINAL   DEBUG CONSOLE   PROBLEMS   OUTPUT
Dimensionamento de estação de esgoto. Por favor coloque seus dados de acordo com as u
nidades que são pedidas em cada campo.
Vazão máxima em L/s: 658.17
Vazão média em L/s: 323.17
Vazão mínima em L/s: 178.23
Caso sua vazão máxima seja entre 5 e 53,8 L/s, n = 0.646 e k = 3.704
Caso sua vazão máxima seja entre 53,8 e 110.4 L/s, n = 0.636 e k = 1.842
Caso sua vazão máxima seja entre 110.4 e 252 L/s, n = 0.633 e k = 1.486
Caso sua vazão máxima seja entre 252 e 455.9 L/s, n = 0.657 e k = 1.276
Caso sua vazão máxima seja entre 455.9 e 696.6 L/s, n = 0.650 e k = 0.966
Caso sua vazão máxima seja entre 696.6 e 937.3 L/s, n = 0.645 e k = 0.795
Caso sua vazão máxima seja entre 937.3 e 1427.2 L/s, n = 0.639 e k = 0.608
Caso sua vazão máxima seja entre 1427.2 e 1922.7 L/s, n = 0.634 e k = 0.505
Caso sua vazão máxima seja entre 1922.7 e 2423.9 L/s, n = 0.630 e k = 0.436
Caso sua vazão máxima seja entre 2423.9 e 2939.8 L/s, n = 0.627 e k = 0.389
Caso sua vazão máxima seja entre 2939.8 e 3950 L/s, n = 0.623 e k = 0.324
Qual o coeficiente n da calha Parshall? 0.650
Qual o coeficiente k da calha Parshall? 0.966
Espaçamento entre as barras em metros: 0.015
Espessura da barra em metros: 0.005
Qual a taxa de escoamento superficial adotada? 60
Quantos decantadores? 4
Qual o tempo de escoamento em segundos? 3600
Carga de DBO: 10767
Eficiência dos decantadores: 0.3
Fator de carga(DBO/KgSS/m³): 0.26
Concentração de SS(KgSS/m³): 3
Altura do tanque em metros: 3.5

```

FONTE: Autoria própria

Figura 3 - Resultados exemplo

```
TERMINAL    DEBUG CONSOLE    PROBLEMS    OUTPUT
Altura mínima é de 0.3145937772546065 m
Altura máxima é de 0.7359087339360295 m
Rebaixo do medidor (z) é de 0.15835614748524554 metros
Lâmina d'água mínima antes do rebaixo é de 0.15623762976936098 m
Lâmina d'água máxima antes do rebaixo é de 0.577552586450784 metros
A eficiência da grade é 75.0
A área útil da grade é de 1.0966666666666667 m²
A área total da grade é de 1.4622222222222223 m²
A largura da grade é de 1.9869613646266755 m
A quantidade de barras da grade é de 99.34806823133377
A área da caixa de areia é de 2.1933333333333334 m²
A largura da caixa de areia é de 2.9804420469400132 m
O comprimento da caixa de areia é de 16.557946513560665 m
A taxa de escoamento superficial resultante é de 1152.0 m³/m²/dia
A altura da areia por dia é de 0.016964863221884494 m
A limpeza deverá ser feita pelo menos a cada 9.334360402090821 dias
A área somada dos decantadores será de 947.5200000000001 m²
A área de apenas um decantador será de 236.88000000000002 m²
O diâmetro do decantador será de 17.366778151311355 m
A altura do decantador será de 3.5 m
O volume do decantador será de 3316.32 m³
O tempo de escoamento máximo será de 5040.0 s
O tempo de escoamento médio será de 18631.01123595506 s
A carga de DBO após os primeiros tratamentos será de 7536.9 kg/dia
O volume do tanque de aeração será de 1469.6955 m³
A área do tanque será de 419.913 m²
O valor da seção circular será de 11.561248169514142 m
```

FONTE: Autoria própria

Além de poder gerar as dimensões necessárias para o dimensionamento de uma estação de tratamento de esgoto, cumprindo assim o objetivo do trabalho. O programa foi desenvolvido para ser escalável, ou seja, novos recursos poderão ser adicionados conforme exista a demanda e o interesse de outras pessoas em fazê-lo.

6 CONCLUSÕES

Através do estudo realizado para dimensionar uma estação de tratamento de esgotos, é possível concluir que o programa funciona de maneira satisfatória, pois traz todas as dimensões necessárias segundo a literatura.

Conclui-se também que é possível adicionar novos recursos no programa, trazendo mais funcionalidades para se aprofundar no assunto do dimensionamento de estações de esgoto, e até mesmo dá para ser usado como esqueleto para outros programas que podem ser utilizados para outros tipos de dimensionamentos.

Acredito que a partir dos resultados, o programa irá cumprir seu propósito de ser uma ajuda para os professores durante as aulas para validar cálculos feitos por alunos em forma de atividades com diferentes valores.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABES: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental/SC. Saneamento em Santa Catarina X Investimento Pac, 2008.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9648: Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário. Rio de Janeiro - RJ, 1986.5 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9649: Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário. Rio de Janeiro - RJ, 1986. 7 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13133: Execução de levantamento topográfico. Rio de Janeiro - RJ, 1994. 35 p.
- ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14486: Sistemas enterrados para condução de esgoto sanitário - Projeto de redes coletoras com tubos de PVC. Rio de Janeiro - RJ, 2000.19 p.
- ARRETCHE, M. T. S. Saneamento Básico. Acesso em 28 nov. 2021.
- BARROS, R. T. V. et al. Saneamento – Manual de saneamento e proteção ambiental para os municípios. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 1995. v. II.
- BARROSO, Luis Roberto. Saneamento básico, competências constitucionais da União, Estados e Municípios. Revista Diálogo Jurídico, Salvador, CAJ – Centro de Atualização Jurídica, n. 13, abr./ maio de 2002. LEI 11.445
- BELLI FILHO, B.; SOARES, H. M.; MATIAS, W. G.; PINTO; R. O.; CHARGAS, A.; CASTILHO JR, A. B. Digestão Anaeróbia de Resíduos Sólidos Orgânicos e Lodo de Tanque Séptico. Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil, 2002.
- COSTA, Gilvan Luiz Machado e FIORENTINI, Dario. Mudança da cultura docente em um contexto de trabalho colaborativo de introdução das tecnologias de informação e comunicação na prática escolar. Bolema, Rio Claro, v. 20, n.27, p. 1-21, 2007.
- FUNASA, Fundação Nacional de Saúde. Manual de saneamento. Brasília, 3ª edição, 2006.
- FUNASA, Fundação Nacional de Saúde. Manual de saneamento. Brasília, 4ª edição, 2015.
- IBGE. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD), 2010; Disponível em: <http://censo2010.ibge.gov.br/>. Acesso em: 28 nov. 2021.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Demográfico de 2010. 2013. Disponível em <http://censo2010.ibge.gov.br/>. Acesso em 28 nov. 2021.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Atlas de Saneamento 2011. Rio de Janeiro: IBGE, 2011a. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/>. Acesso em 28 nov. 2021.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisa de Informações Básicas Municipais 2012. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 02/05/2019.
- KOBIYAMA, M. et al. Recursos hídricos e saneamento. Curitiba: Organic Trading, 2008.

LEONETI FARIA, Caroline, 19 de julho de 2007. Tratamento de esgoto. Disponível em: <https://www.infoescola.com/meio-ambiente/tratamento-de-esgoto/>.

MIRANDA, Dimas Felipe de e BLAUDARES, João Bosco. Informatização no ensino de matemática: investindo no ambiente de aprendizagem. Zetetiké, Campinas, v.15, n.27, jan/jun. 2007.

OLIVEIRA, M. V. C. de. CARVALHO, A. R. Princípios Básicos de Saneamento do meio. São Paulo. Editora Senac, 2003.

Organização Mundial de Saúde - OMS. UNICEF - Progresso on Sanitation and Drinking –Water 2013 UPDATE. Disponível em: Acesso em: 24 nov. 2021.

PEREIRA, José Almir Rodrigues (Org.). Saneamento Ambiental em Áreas Urbanas: esgotamento Sanitário na Região Metropolitana de Belém. Belém: NUMA/UFPA/EDUFPA, 2003.

PEREIRA, José Almir Rodrigues. Rede Coletora de Esgoto Sanitário: Projeto, Construção e Operação. 2. Ed. rev. e ampliada. Universidade Federal do Pará, 2006.

PEREIRA, H. S.; SILVA, S. S. F.; SOUZA, V. C. Saneamento Básico e seus Impactos na Saúde Pública no Brasil. In: Bruno Soares de Abreu; Ireneide Gomes de Abreu; Pollyana de Abreu Morais. (Org.). Meio Ambiente, Sociedade e Desenvolvimento: Uma Abordagem Sistêmica do Comportamento Humano. 1ed. Campina Grande: EDUFPG, 2010.

PYTHON. Python Programming Language. Disponível em <http://www.python.org/>. Acesso em 19 dez. 2021.

REZENDE, S. C; HELLER. L. O saneamento no Brasil: políticas e interfaces. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2002.

PHILIPPI Jr, Arlindo. Saneamento, saúde e meio ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável. Barueri – SP: Manole, 2005.

SAKER, João Paulo Pellegrini. Saneamento Básico e Desenvolvimento. Dissertação (mestrado em Direito Político e Econômico) – Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2007.

SANTOS, André Bezerra dos. Avaliação Técnica dos Sistemas de Tratamento de Esgotos. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil. 2007.

SOUZA, Maria Salete de. Meio Ambiente Urbano e Saneamento Básico. Departamento de Geografia da Universidade Federal do Ceará. Mercator. Revista de Geografia, ano 01, n. 01, 2002.

TISCOSKI, C.L.; Brasil. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Sanemanto Ambiental Programa de Educação Ambiental e Mobilização Social em Saneamento. Caderno metodológico para ações de educação ambiental e mobilização social em saneamento. Brasília, 2009.

TSUTIYA, M. T., & SOBRINHO, P. A. Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2000.

TSUTIYA, Milton Tomoyuki; SOBRINHO, Pedro Além. Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário. 3. Ed. Rio de Janeiro: Abes, 2011.

VON SPERLING, Marcos. Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias. 1996. 2 v. Departamento de Engenharia Sanitária - UFMG. Belo Horizonte - MG, 1996.

VON SPERLING, Marcos. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. 2005. Volume 1. Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos. 3ª Edição. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG. Belo horizonte - MG, 2005.

Wagner, V.R.; Balsan, L.A.G.; Moura, G.L. Saneamento básico: gestão de serviços de esgoto em um município. Contribuciones a las Ciencias Sociales, Espanha, s.n, 2013.