

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
ESCOLA POLITÉCNICA
DRHIMA – DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS E MEIO
AMBIENTE

PROJETO FINAL DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL
ÊNFASE EM RECURSOS HÍDRICOS E MEIO AMBIENTE

DIMENSIONAMENTO DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE
ESGOTOS PARA A CIDADE UNIVERSITÁRIA DA UFRJ DE ACORDO COM
O PLANO DIRETOR DE 2020

GEISA CRISTINA REAL DE ABREU

VANESSA PIO TORRES DE SÁ

RIO DE JANEIRO

AGOSTO – 2014

**DIMENSIONAMENTO DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE
ESGOTOS PARA A CIDADE UNIVERSITÁRIA DE ACORDO COM O PLANO
DIRETOR DE 2020**

GEISA CRISTINA REAL DE ABREU

VANESSA PIO TORRES DE SÁ

Projeto de Graduação apresentado
ao Curso de Engenharia Civil da
Escola Politécnica, Universidade
Federal do Rio de Janeiro, como
parte dos requisitos necessários à
obtenção do título de Engenheiro.

Orientador: Professor ISAAC VOLSCHAN JUNIOR, D. Sc.

RIO DE JANEIRO

AGOSTO - 2014

**DIMENSIONAMENTO DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE
ESGOTOS PARA A CIDADE UNIVERSITÁRIA DE ACORDO COM O PLANO
DIRETOR DE 2020**

Geisa Cristina Real de Abreu

Vanessa Pio Torres de Sá

PROJETO DE GRADUAÇÃO SUBMETIDO AO CORPO DOCENTE DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO CIVIL.

Examinado por:

**Prof. Isaac Volschan Junior, D. Sc.
Universidade Federal do Rio de Janeiro**

**Prof. Eduardo Pacheco Jordão
Universidade Federal do Rio de Janeiro**

**Prof. Jorge Henrique Alves Prodanoff
Universidade Federal do Rio de Janeiro**

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

AGOSTO - 2014

Resumo do Projeto de Graduação apresentado à Escola Politécnica/ UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenheiro Civil.

Dimensionamento de uma estação de tratamento de esgotos para a Cidade Universitária de acordo com o Plano Diretor de 2020

Geisa Cristina Real de Abreu

Vanessa Pio Torres de Sá

Agosto – 2014

Orientador: Prof. Isaac Volschan Junior, D. Sc.

Curso: Engenharia Civil

Com a crescente demanda da população da Cidade Universitária, visando respeitar o meio ambiente e promover melhorias para seus frequentadores, observou-se a necessidade da instalação de uma nova Estação de Tratamento de Esgotos (ETE). Esta nova ETE deve ser capaz de tratar o volume estimado para a nova população estabelecida de acordo com o Plano Diretor de 2020 da UFRJ.

A nova ETE utilizará o Processo Anaeróbio com Reatores UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) seguido pelo Processo dos Lodos Ativados.

O dimensionamento foi realizado de acordo com o recomendado pela Norma Brasileira ABNT NBR 12209:2011- *Elaboração de projetos hidráulico-sanitários de estações de tratamento de esgotos sanitários* e de acordo com a DZ 215-R4 – *Diretriz de controle de carga orgânica biodegradável em efluentes líquidos de origem sanitária*.

ABSTRACT

With the increasing demand of the population of University City, aiming to respect the environment and promote improvements to their regulars, there was the need for installation of a new Sewage Treatment Station (ETS). This new ETS should be able to treat the estimated volume to the new population established in accordance with the UFRJ Master Plan 2020.

The new ETS will use the Anaerobic Process in UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) reactors followed by Process of Activated Sludge.

The scaling was performed as recommended by the Brazilian Standard ABNT NBR 12209:2011 - *Preparation of hydraulic toilets for wastewater treatment plants and projects* and according to DZ 215-R4 - *Guideline control of biodegradable organic load in wastewater from sanitary source*.

Agradecimentos

Vanessa Pio Torres de Sá

Gostaria de agradecer:

à Deus pela vida e saúde.

Minha mãe, Neide, por toda perseverança, amor e dedicação.

Aos profissionais que tanto me ensinaram, Angelo Barros, Flávio Marques e Francisco Vela.

Aos meus colegas de faculdade Geisa Abreu, Luiz Henrique e Rafael Lucas.

Ao meu noivo Francisco Peres por toda paciência, incentivo e pela compreensão dos fins de semana de ausência.

E em memória ao meu pai, Clelcyr, que me ensinou a nunca desistir e sempre fazer o melhor, com organização e total honestidade.

Geisa Cristina Real de Abreu

À Deus por esta oportunidade concedida na vida e condições de realizá-la.

A minha família, em especial a minha mãe Sonia, meu pai Julio, meu irmão Rodolfo e meus avós José e Wilma, que formam a minha base, permitindo que completasse essa etapa, principalmente pelos incentivos, pela paciência, pelo acolhimento, pela compreensão, pelo carinho, pelo amor e principalmente por acreditar em mim.

Aos meus amigos pelas palavras de incentivo e ombros amigos.

A minha companheira de faculdade e projeto Vanessa, que muito me somou conhecimento e pela sua compreensão.

Aos professores do Departamento de Recursos Hídricos e Meio Ambiente, em especial ao professor Paulo Renato que sempre se fez presente me apoiando em todas as horas.

Índice

LISTA DE ILUSTRAÇÕES E TABELAS	9
LISTA DE NOTAÇÕES.....	10
I – INTRODUÇÃO	13
II - CRITÉRIOS E METODOLOGIA DE PROJETO	14
1 - ESCOLHA DO MÉTODO.....	14
2 – METODOLOGIA	14
3 - PROCESSO ANAERÓBIO COM REATORES UASB	14
4 – LODOS ATIVADOS	17
5 - PROCESSO ADOTADO: UASB + LODOS ATIVADOS	17
<i>Aeração do Sistema</i>	<i>18</i>
<i>Decantadores Secundários</i>	<i>19</i>
<i>Desidratação do Lodo</i>	<i>23</i>
<i>Gerenciamento do Biogás.....</i>	<i>24</i>
III – DIMENSIONAMENTO.....	25
1– MEMÓRIA DE CÁLCULO.....	25
1.1– PARÂMETROS GERAIS	25
1.2.– CÁLCULO DE VAZÕES E CARGA ORGÂNICA.....	26
1.3 – TRATAMENTO PRELIMINAR.....	27
<i>1.3.1- Gradeamento.....</i>	<i>27</i>
1.3.1.1 – Cálculo da grade grossa	27
1.3.1.2 – Cálculo da grade fina	29
<i>1.3.2 – Dimensionamento da Caixa de Areia</i>	<i>30</i>
<i>1.3.3 – Calha Pashall</i>	<i>32</i>
<i>1.3.4 – Cálculo da Elevatória.....</i>	<i>32</i>
1.4 – DIMENSIONAMENTO DO REATOR UASB	33
<i>1.4.1 – Cálculo do Volume do Reator.....</i>	<i>33</i>
1.4.1.1 – Dimensões do Reator UASB	34
<i>1.4.2 – Verificação dos Parâmetros de Cálculos.....</i>	<i>34</i>
<i>1.4.3 – Tubulação de Distribuição</i>	<i>35</i>
<i>1.4.4 - Eficiência do UASB.....</i>	<i>35</i>
1.5 – DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE LODOS ATIVADOS CONVENCIONAL.....	37
<i>1.5.1 – Cálculo das Dimensões do Tanque de Aeração.....</i>	<i>39</i>
<i>1.5.2 – Cálculo de Parâmetros</i>	<i>39</i>
<i>1.5.3 – Cálculo de Produção e Remoção de Lodo Excedente</i>	<i>40</i>
<i>1.5.4 – Cálculo do Sistema de Aeração</i>	<i>40</i>
1.5.4.1 – Cálculo dos Sopradores	40
1.5.4.2 – Cálculo dos Difusores.....	42
<i>1.5.5 – Eficiência do Tanque de Aeração (Eficiência T.A.).....</i>	<i>42</i>
1.6 – EFICIÊNCIA DO SISTEMA	42
1.7 – DECANTADOR SECUNDÁRIO.....	43
<i>1.7.1– Dimensão do Decantador</i>	<i>43</i>

1.7.2– Dimensão do Vertedor e do Canal de Saída.....	43
1.7.3 – Remoção de Escuma.....	44
1.8 – CÁLCULO DA BOMBA DE EXCESSO DE LODO	44
1.9 – DESIDRATAÇÃO DO LODO	45
1.9.1 – Lodo a ser retirado no UASB	45
1.9.2 – Massa de lodo a ser desidratada	45
1.9.3 – Clarificado da centrífuga.....	45
IV – RESUMO EXECUTIVO.....	46
V - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47

Anexos:

Anexo 1 - Planilha de Cálculo

Anexo 2 - Plantas

- **Localização da ETE**
- **Layout do Sistema**
- **Planta Baixa (sem equipamentos e tubulação)**

Lista de Ilustrações e tabelas

Figuras:

Figura 1: Desenho esquemático de um reator UASB

Figura 2: Reatores Anaeróbios da ETE Onça – Belo Horizonte

Figura 3: Reatores Anaeróbios da ETE Onça – Belo Horizonte

Figura 4: Fluxograma de um sistema de lodos ativados

Figura 5: Exemplo de difusores de bolha fina

Figura 6: Exemplo de um soprador lobular

Figura 7: Exemplo de um soprador lobular cabinado

Figura 8: Desenho esquemático de um decantador secundário ilustrando o raspador de fundo

Figura 9: Foto de um decantador secundário com sensor e raspador de espuma

Figura 10: Fluxograma de um sistema composto por reator UASB seguido por lodos ativados

Figura 11: Exemplo de centrífuga

Figura 12: Exemplo de preparador de polímero

Figura 13: Exemplo de queimador de biogás

Figura 14: Fluxograma do sistema adotado

Tabelas:

Tabela 1: Principais vantagens, desvantagens e similaridades do sistema UASB- lodos ativados com relação à concepção tradicional do lodos ativados convencional.

Tabela 2: Resumo executivo.

Lista de Notações

Q_m	→ Vazão Média
q	→ Contribuição de Esgoto per capita
Q_i	→ Vazão Instantânea
K_1	→ Coeficiente do dia de maior consumo
K_2	→ Coeficiente da hora de maior consumo
C.O.	→ Carga Orgânica
a	→ Espaçamento entre barras da grade grossa
t	→ Espessura da barra da grade grossa
E _{gg}	→ Eficiência da Grade Grossa
A_u	→ Área Útil da Grade Grossa
S_{tc}	→ Seção Transversal do Canal da Grade Grossa
L _{gg}	→ Largura do Gradeamento Grosso
a'	→ Espaçamento entre barras da grade fina
t'	→ Espessura da barra da grade fina
E _{gf}	→ Eficiência da Grade fina
A'_u	→ Área Útil da Grade Grossa
S'_{tc}	→ Seção Transversal do Canal da Grade Fina
L _{gf}	→ Largura do Gradeamento Fino
V_s	→ Velocidade de sedimentação
D	→ Diâmetro da partícula de projeto
L	→ Comprimento da Caixa de areia
B	→ Largura da Caixa de areia
AT	→ Área Transversal de Escoamento
H_m	→ Lâmina D'água Mínima na Caixa de Areia
$V_{maxReal}$	→ Velocidade Máxima Real de Escoamento
Vol.SD	→ Volume Diário de Sólidos Sedimentados
H_s	→ Profundidade da Câmara de Sedimentos
TAS	→ Verificação da taxa de aplicação superficial
Q_e	→ Vazão Elevatória
T Efetivo	→ Tempo Efetivo
Acion Hora	→ Acionamento por Hora
Q_c	→ Vazão do Clarificado do sistema de desidratação de lodo
\emptyset	→ Diâmetro Elevatória Adotado
S	→ Área da Elevatória
H _{util}	→ Altura útil da Elevatória

h_{min}	→	Altura de submersão da bomba
h_b	→	Altura entre a chegada do efluente e a soma das h_{util} e h_{min}
Q_{be}	→	Vazão Bomba
T_{parada}	→	Tempo de Parada
TDH	→	Tempo de detenção hidráulico
V	→	Volume
A_c	→	Cálculo da Área do Reator
A_{cc}	→	Área de cada célula
A_a	→	Área adotada
V_a	→	Volume Adotado
V_t	→	Volume Total
COV	→	Carga Orgânica Volumétrica
CHV	→	Carga Hidráulica volumétrica
A_{ia}	→	Área de influência adotada
M	→	Massa de Lodo Gerada
Y_{osb}	→	Coef de produção de sólidos no sistema
VLUASB	→	Volume gerado de Lodo
DQOCH ₄	→	Produção Teórica de Metano
P_{atm}	→	Pressão Atmosférica
KDQO	→	DQO correspondente a 1 mol de CH ₄
R_g	→	Constante de gases
T	→	Temperatura operacional do reator
$f(T)$	→	Fator de Correção para temperatura operacional do Reator
Q_{biogas}	→	Vazão de Biogás
CCH ₄	→	Concentração de Metano no biogás
R	→	Razão de recirculação
Q_{mr}	→	Vazão Média de Recirculação
DBO _e	→	DBO efl UASB
DQO _e	→	DQO efl UASB
E L. Ativados	→	Eficiência esperada no L.atv.conv
Θ_c	→	Idade do lodo
r	→	Coeficiente de Reação
Y	→	Coeficiente de rendimento celular
K _d	→	Coeficiente de decaimento endógeno
Vol Aer	→	Volume do Tanque de Aeração
Alt t.a.	→	Altura Adotada

Ata	→	Área do Tanque de Aeração
Lcalculado	→	Comprimento do Tanque de Aeração
Y _{osb,ajustado}	→	Coefficiente de produção de Lodo ajustado
Δx	→	Produção de Lodo Esperada
ΔXT	→	Produção de Lodo Gerado
V _{Lexcesso}	→	Volume de lodo em excesso
T _{Sexcesso}	→	Teor de sólidos no lodo em excesso
D _{Lexcesso}	→	Densidade considerada no lodo em excesso
O ₂	→	Consumo de Oxigênio
M _{Especifico Ar}	→	Massa de especifica de Ar
M _{O₂ a introduzir}	→	Massa de O ₂ a introduzir
Q _{ar}	→	Vazão de Ar a introduzir
R _g	→	Constante do gas
T _o	→	Temperatura absoluta de entrada
P _e	→	Pressão absoluta de entrada
P _s	→	Pressão absoluta de saída
A _{min Dec}	→	Área Mínima dos Decantadores
A _{tot Dec}	→	Área total dos decantadores
L _{vertedor}	→	Comprimento do Vertedor
T _{x Esc vertedor}	→	Taxa de escoamento no verterdor
Vel	→	Velocidade de escoamento adotado
Alt canal	→	Altura adotada do canal
T _{x Escuma}	→	T _x de Escuma Adotada
L.D.	→	Lodo Retirado do UASB

I – Introdução

Atualmente todos os esgotos sanitários da Cidade Universitária da UFRJ convergem para a Estação Elevatória do Fundão – operada pela Cia. Estadual de Águas e Esgotos – CEDAE, e desta são recalcados para a ETE Penha. No canal de grades, a montante desta elevatória ocorre a derivação e a transferência de aproximadamente 10 L/s de esgotos para a unidade de tratamento preliminar do CESA/UFRJ. O CESA/UFRJ é um laboratório de ensino, pesquisa e extensão, em escala piloto, e uma das mais diversificadas instalações do país para o desenvolvimento de atividades de pesquisa, ensino e capacitação em saneamento ambiental.

Com o objetivo de promover melhorias e atender aos futuros frequentadores da Cidade Universitária, com a infraestrutura necessária, foi criado o Plano Diretor de 2020 da Universidade Federal do Rio de Janeiro (PD UFRJ – 2020).

Baseado nos estudos e previsões do PD UFRJ – 2020 o trabalho visa o dimensionamento para a população estimada de uma Estação de Tratamento de Esgotos que utiliza Processo Anaeróbico com Reatores UASB seguido pelo Processo dos Lodos Ativados para que a Cidade Universitária passe a tratar seu próprio esgoto.

O processo anaeróbico com reatores UASB gera uma eficiência de remoção de DBO da ordem de 65% a 75% (CHERNICHARO, 2007), não atendendo satisfatoriamente à legislação da cidade do Rio de Janeiro, considerando que a carga orgânica gerada requer uma eficiência mínima de 85% (DZ 215-R4). Para alcançar a eficiência mínima será utilizado como pós tratamento o processo de Lodos Ativados, alcançando com o conjunto uma eficiência acima de 90% (VON SPERLING, 2002).

Sabendo que atualmente existe uma grande preocupação relacionada ao meio ambiente e com o objetivo de respeitar o mesmo, o projeto foi realizado dentro das leis do Estado do Rio de Janeiro seguindo o estabelecido na Norma Brasileira ABNT NBR 12209:2011 e na DZ 215-R4.

Considerando que a rede de esgotos da Cidade Universitária chega ao terreno onde hoje está instalado o CESA/UFRJ e por este possuir espaço disponível para implantação da futura ETE, a previsão de localização será na Rua Lobo Carneiro, s/ número – Ilha do Fundão, no local do campinho de futebol.

II - Critérios e Metodologia de Projeto

1 - Escolha do método

Optou-se por utilização do Processo Anaeróbio com Reatores UASB seguido pelo Processo dos Lodos Ativados.

A escolha do método é devido ao pouco espaço disponível para implantação da estação de tratamento de esgotos.

Como vantagens da configuração adotada, além da baixa demanda de área, pode-se citar a economia de energia elétrica, pois há necessidade somente da aeração do afluente para remover em média 25% de matéria orgânica (JORDÃO E CONSTANTINO, 2011); baixo custo de implantação e operação; além da não necessidade da construção de um tanque para a digestão do lodo, tendo em vista que este processo ocorrerá dentro do reator UASB.

Dentro das opções disponíveis no mercado, caso não houvesse essa limitação, haveria a possibilidade da implantação de lagoas e o processo de lodos ativados convencional. Em relação às lagoas, além da limitação do espaço, um possível desequilíbrio no sistema poderia gerar odores desagradáveis e com isso um incômodo considerável, tendo em vista a proximidade urbana. Já em comparação ao processo somente de lodos ativados convencional, sua configuração ocupa menor espaço comparado às lagoas, mas ainda assim seria superior à configuração UASB + Lodo Ativado.

2 – Metodologia

O dimensionamento da Estação de Tratamento de Esgotos em questão segue o estabelecido na Norma Brasileira ABNT NBR 12.209/2011- *Elaboração de projetos hidráulico-sanitários de estações de tratamento de esgotos sanitários* e na DZ 215-R4 – *Diretriz de controle de carga orgânica biodegradável em efluentes líquidos de origem sanitária*.

3 - Processo Anaeróbio com Reatores UASB

Originado da literatura inglesa a sigla UASB significa: Upflow Anaerobic Sludge Blanket e é chamado em português de “Reator de Manta de Lodo”, também conhecido como “RAFA, Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente”, “DAFA, Digestor Anaeróbio de Fluxo Ascendente” ou “RALF, Reator Anaeróbio de Leito Fluidizado”.

Com fluxo ascendente, o processo possibilita o tratamento dos esgotos através do contato dos mesmos com uma camada de biomassa formada no interior de unidades dimensionadas, uma vez que consiste em um sistema em que o lodo se encontra suspenso, agregado na forma de floco ou grânulo. As bactérias formam uma manta de lodo no interior do reator e os esgotos em contato com a manta difundem-se através de sua superfície, sendo então separados em produtos sólidos, gases e líquidos. Para que seja atingido o resultado desejado, esta camada deve permanecer no interior das unidades por um tempo de permanência mais elevado que o tempo de detenção hidráulico do sistema. Desta forma pode-se destacar para o tratamento:

- grande acumulação da biomassa no interior do reator,
- máximo contato entre biomassa e o substrato e
- separação adequada entre o biogás, o líquido e os sólidos, através de um separador trifásico.

São fatores fundamentais para o dimensionamento do reator: o critério de carga hidráulica; a geometria do mesmo, altura reduzida com maior seção transversal; a velocidade ascendente nos compartimentos de digestão e de decantação; as condições ambientais e de alimento; a idade do lodo e o tempo de detenção. O objetivo é desenvolver e manter um lodo de elevada atividade e de excelentes características de sedimentação, além de tornar o reator mais econômico para construção e gerar menos lodo para o descarte. Desta forma a idade do lodo deve ser alta e o tempo de detenção hidráulico baixo.

São partes componentes do reator UASB:

- câmara de digestão: o esgoto entra no sentido ascendente por este local, atravessando o leito de lodo onde parte da matéria orgânica permanece na zona de lodo, dando início ao processo de digestão anaeróbia;
- separador de fases: separa as fases sólidas da líquida e gasosa, caracteriza uma zona de sedimentação e separação de gases (defletor de gases);
- zona de sedimentação: a parte líquida é recolhida com características de efluente clarificado. Com uma velocidade ascensional adequada para a sedimentação dos sólidos e flocos, o esgoto entra pela parte inferior e alcança os vertedores de superfície. Os sólidos e flocos retornam pela abertura das paredes para a zona de transição e digestão.
- zona de acumulação de gás: na fase de digestão existe a produção de gás, o qual é coletado da zona superior de acumulação.

Deve-se tomar alguns cuidados no dimensionamento para que não prejudiquem o funcionamento do reator, sendo estes:

- formação de curtos circuitos: caminhos preferenciais que diminuem o contato, de forma a não satisfazer tempos de retenção suficientes para a degradação da matéria orgânica;
- formação de zonas mortas e
- colmatação ou entupimento de sistemas de distribuição mal projetados ou mantidos.

A eficiência do sistema gira em torno de 65% a 75% (CHERNICHARO, 2007).

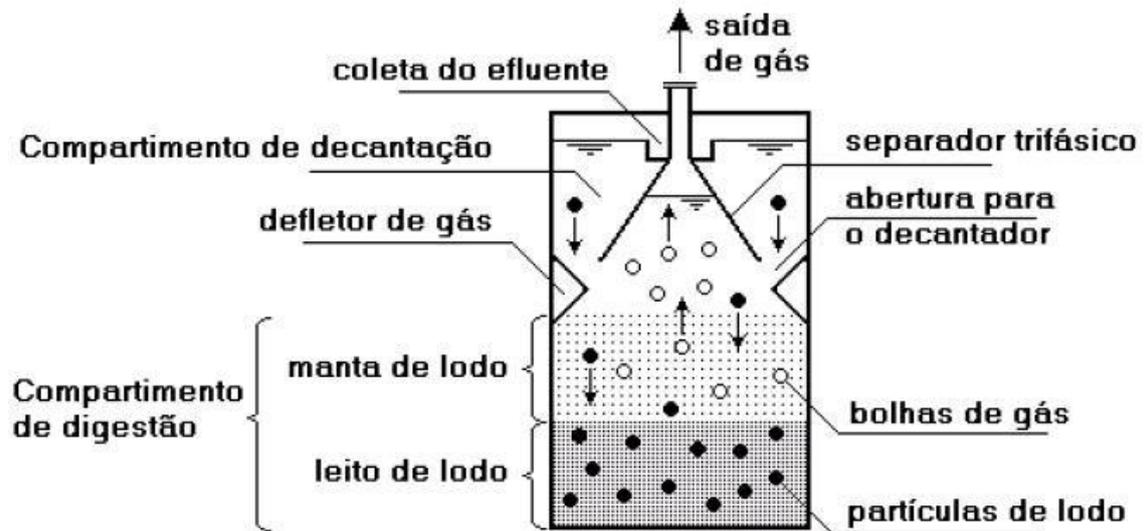


Figura 1: desenho esquemático de um reator UASB

(Fonte: CHERNICHARO, CARLOS AUGUSTO DE LEMOS, 2007)



Figura 2: Reatores Anaeróbios da ETE Onça – Belo Horizonte

(Fonte: www.copasa.com.br)

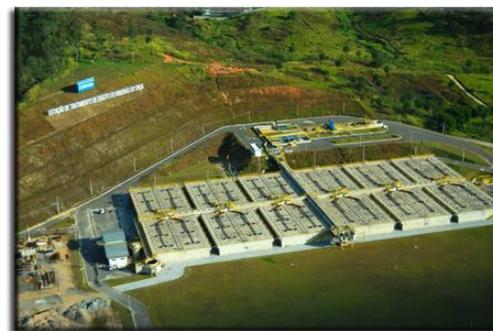


Figura 3: Reatores Anaeróbios da ETE Onça – Belo Horizonte

(Fonte: www.copasa.com.br)

4 – Lodos Ativados

O Processo dos Lodos Ativados é utilizado quando se deseja uma elevada qualidade do efluente em reduzida área de implantação, em relação a processos com injeção de oxigênio. Comparado a outros processos biológicos apresenta como vantagens: maior eficiência de tratamento, maior flexibilidade de operação e maior índice de mecanização. Em relação às desvantagens apresenta elevado consumo de energia e operação mais delicada com necessidade de completo controle de laboratório.

O esgoto afluyente e o lodo ativado são misturados, agitados e aerados nos tanques de aeração, onde ambos se unem, para posterior separação por sedimentação em decantadores. Desta forma, o esgoto tratado caracteriza o efluente final enquanto o lodo ativado retorna ao processo. Caso haja excesso de lodo este é retirado para tratamento específico ou destino final. Para que o processo seja eficiente em condições naturais são necessários um tempo muito longo e um volume muito grande devido à pequena quantidade de flocos presente. Sendo assim faz-se necessário manter nos tanques de aeração uma concentração elevada de flocos com o retorno contínuo do lodo do decantador secundário aos tanques de aeração.

A eficiência do processo gira em torno de 85% a 95% (JORDÃO E CONSTANTINO, 2011).

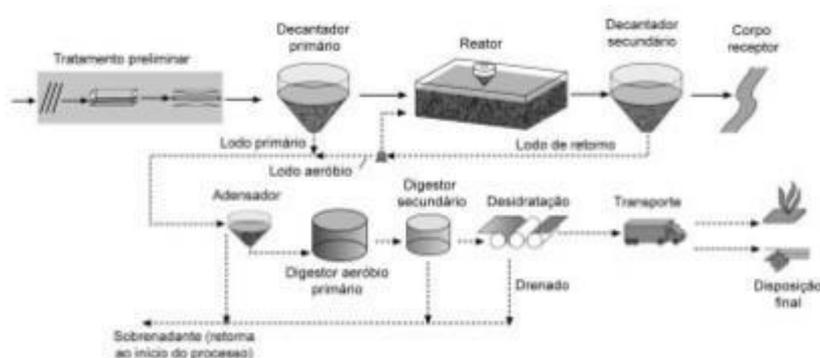


Figura 4: fluxograma de um sistema de lodos ativados
(Fonte: VON SPERLING, MARCOS, 2002)

5 - Processo Adotado: UASB + Lodos Ativados

No processo de lodos ativados implantado como pós-tratamento de efluentes de reatores UASB, o reator ocupa o lugar do decantador primário, minimizando desta forma a área ocupada pela ETE e agregando tecnologia ao sistema. O lodo aeróbio ainda não estabilizado gerado no sistema de lodos ativados segue para o UASB onde junto com o lodo anaeróbio sofre os

processos de adensamento e digestão, com o lodo já estabilizado. A próxima etapa é a de desidratação, para diminuir a umidade, e conseqüentemente o volume de lodo a ser disposto, minimizando custos de transporte do lodo.

Para a etapa do pós-tratamento por lodos ativados são utilizados os mesmos parâmetros de cálculo do processo de lodos ativados convencional, exceto a massa de oxigênio a ser introduzida no sistema, considerando os dados de afluente como sendo as características do efluente do Reator UASB.

O reator UASB é precedido de tratamento preliminar, que será dotado de gradeamentos grosso e fino para retirada de sólidos grosseiros e flutuantes que possam prejudicar o sistema de tratamento; caixa de areia para retirada de areia e uma Calha Parshall para medição de vazão. Para levar o efluente até o tratamento preliminar será adotada uma elevatória que levará em conta a vazão máxima e não poderá exceder 25% desta vazão, também será adotado uma bomba reserva. Deve-se haver uma distribuição adequada do esgoto afluente no UASB para que não ocorram caminhos preferenciais e conseqüentemente efeitos indesejados na fase operacional. Será calculada a velocidade ascensional no interior do reator, para vazões mínimas e máximas. O gás gerado será queimado para eliminar o gás sulfídrico (H_2S) e o metano (CH_4).

No tanque de aeração faz-se chegar o esgoto primário decantado e o lodo ativado recirculado à montante do tanque de aeração, passando pelo tanque através de um fluxo longitudinal até chegar à jusante do tanque e ser coletado por vertedores.

A eficiência do processo adotado gira em torno de 85% a 95% (VON SPERLING, MARCOS, 2002).

Aeração do Sistema

No processo de aeração é fundamental garantir uma relação adequada de alimento e organismos, taxa de utilização do substrato e idade do lodo de modo a resultar o cálculo do tempo de detenção e o volume do tanque. Para dimensionamento do reator também é necessário a determinação, ou estimativa, dos coeficientes cinéticos e o grau de tratamento desejado.

A aeração adotada será realizada através de difusores de bolha fina ligado a sopradores lobulares. A escolha do difusor de bolha fina é justificada pela maior eficiência de transferência de oxigênio no sistema e pela profundidade do tanque, sendo a eficiência de 20 a 30% (JORDÃO E CONSTANTINO, 2011). Para obtenção da mesma eficiência com difusores de bolha média ou grossa e com os agitadores mecânicos, o consumo energético seria muito

superior, uma vez que as eficiências são, respectivamente, de 4% a 8% e de 8% a 12% (JORDÃO E CONSTANTINO, 2011). A distribuição dos difusores será de forma uniforme e com cuidado para que não haja nenhuma zona morta ou com deficiência de oxigênio.



Figura 5: Exemplo de difusores de bolha fina

(Fonte: www.dossie.blog.br)



Figura 6: Exemplo de soprador lobular

(Fonte: www.aerzen.com.br)



Figura 7: Exemplo de soprador lobular cabinado

(Fonte: www.aerzen.com.br)

Decantadores Secundários

É nesta etapa do tratamento de lodos ativados que ocorrem: o processo de sedimentação das partículas em suspensão, a retirada do lodo recirculado para o tanque de aeração, a retirada do excesso de lodo para a digestão, além do efluente tratado e clarificado seguir para rede coletora. A função do decantador secundário no processo é de realizar uma boa separação de sólidos,

resultando em um efluente com baixa concentração dos mesmos, baixa turbidez e bem clarificado ao final do processo. Além disso, também deve adensar o lodo sedimentado ($\leq 1\%$ de teor de sólidos - JORDÃO E CONSTANTINO, 2011), o qual constitui o lodo ativado a retornar ao tanque de aeração. Para que estes objetivos sejam cumpridos os principais parâmetros de projeto a ser considerado são a profundidade do decantador, devendo esta ser superior a 3,50 m e o tempo mínimo de detenção hidráulica de 1,50h (NBR 12.209/11). Outros parâmetros a serem considerados para construção do decantador são: a concentração de sólidos afluente a este e a taxa de aplicação de sólidos.

Normalmente são construídos decantadores em formato circular, para facilitar a instalação dos equipamentos de arraste de lodo e espuma.

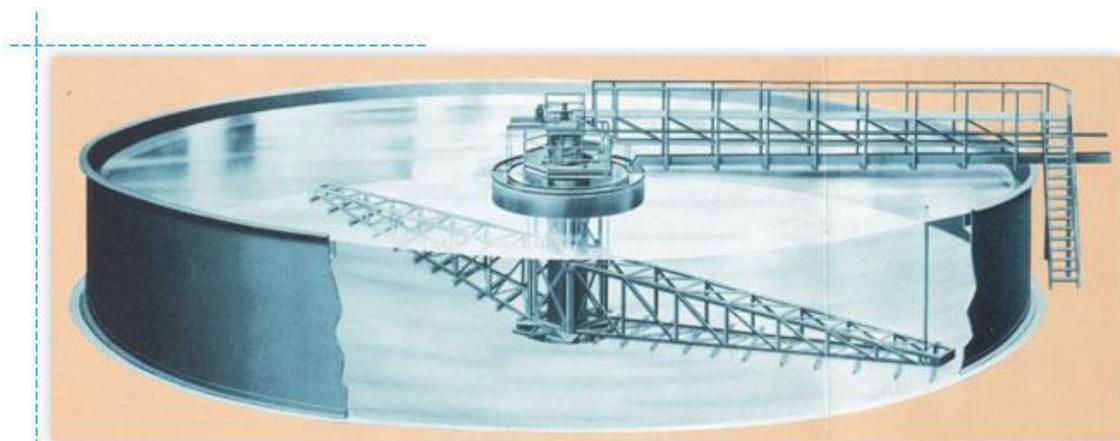


Figura 8: desenho esquemático de um decantador secundário ilustrando o raspador de fundo.

(Fonte: <http://dc396.4shared.com/doc/A4CtEhD1/preview.html>)



Figura 9: foto de um decantador secundário com sensor e raspador de espuma

(Fonte: [http://www.interagua.pt/media/Fotogaleria_I/Decantador_secundario_\(ETAR_de_Vilarandelo_Portugal\).JPG](http://www.interagua.pt/media/Fotogaleria_I/Decantador_secundario_(ETAR_de_Vilarandelo_Portugal).JPG))

Segue abaixo a configuração do sistema adotado.

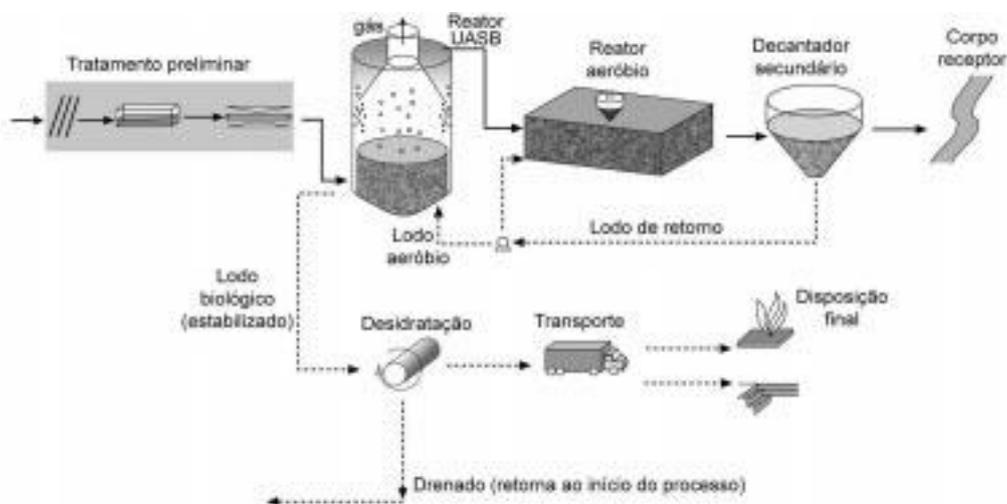


Figura 10: fluxograma de um sistema composto por reator UASB seguido por lodos ativados

(Fonte: VON SPERLING, MARCOS, 2002)

É possível enumerar as principais vantagens dessa configuração em relação ao processo de lodos ativados convencional. Segue tabela abaixo:

Tabela 1: Principais vantagens, desvantagens e similaridades do sistema UASB- lodos ativados com relação à concepção tradicional do lodos ativados convencional.

Aspecto	Ítem	Comentário
	Redução da produção de lodo	<ul style="list-style-type: none"> • A massa de lodo a ser produzido e a ser tratado é da ordem de 40 a 50% do total a ser produzido na concepção tradicional do lodo ativado convencional, e 50 a 60% do total produzido na aeração prolongada • A massa a seguir para disposição final é da ordem de 60 a 70% das concepções tradicionais • A redução do volume de lodo é ainda maior, pelo fato do lodo anaeróbio misto ser mais concentrado e possuir ótima desidratabilidade
	Redução do consumo de energia	<ul style="list-style-type: none"> • Como aproximadamente 70% da DBO é previamente removida no UASB, o consumo de oxigênio é apenas para a DBO remanescente e para a nitrificação, que, neste caso, é o fator preponderante do consumo em torno de 2/3 do consumo total)

Vantagem	Redução no consumo de produtos químicos para desidratação	<ul style="list-style-type: none"> • Redução em função da menor produção de lodo e das melhores características de desidratabilidade
	Menor número de unidades diferentes a serem implementadas	<ul style="list-style-type: none"> • Não necessidade de decantadores primários, adensadores e digestores, os quais são substituídos pelo reator UASB
	Menor necessidade de equipamentos	<ul style="list-style-type: none"> • O reator UASB não possui equipamentos eletromecânicos, diferentemente dos decantadores primários, adensadores e digestores do lodos ativados convencional
	Maior simplicidade operacional	<ul style="list-style-type: none"> • Comparado com a concepção tradicional do lodos ativados convencional, há menor número de unidades e equipamentos eletromecânicos
Desvantagem	Menor capacitação para remoção biológica de nutrientes (N e P)	<ul style="list-style-type: none"> • A remoção de nitrogênio só é factível a partir de uma proporção mínima entre a concentração de material nitrogenado (NTK) e do material orgânico (DQO) • Similarmente, também há uma razão mínima P/DQP para a remoção de fósforo. • Uma vez que o reator UASB retira grande parte do carbono orgânico e quase não afeta a concentração dos nutrientes, em geral a concentração de material orgânico no efluente anaeróbio é menor que a mínima necessária à desnitrificação e à desfosfatação.
	Eficiência similar à concepção tradicional de lodos ativados convencional	<ul style="list-style-type: none"> • A eficiência do sistema na remoção dos principais poluentes (com exceção de N e P) é similar à do sistema de lodos ativados convencional
Similaridade	Volume total das unidades similar ao volume total das unidades do lodos ativados convencional	<ul style="list-style-type: none"> • O volume total das unidades (reator UASB, reator de lodos ativados, decantador secundário e desidratação do lodo) é similar ou um pouco inferior ao volume total das unidades do lodos ativados convencional (decantador primário, reator de lodos ativados, decantador secundário, adensador de lodo, digestor de lodo e desidratação do lodo)

Fonte: VON SPERLING, 2002

Desidratação do Lodo

Normalmente, os lodos removidos nas estações de tratamento de esgotos possuem teores de umidade em torno de 96% (JORDÃO E CONSTANTINO,2011). Com o objetivo de permitir o transporte para o local de destino final é necessária a desidratação do lodo, a qual será realizada por meio de centrífugas.

Para obtenção do grau de umidade desejado deve-se levar em conta os seguintes fatores:

- Características dos lodos produzidos nas suas diferentes fases de tratamento e manuseio;
- Processo de redução de umidade de lodo; e
- Local de destino final.

A desidratação por meio de centrífugas será adotada devido à facilidade de operação e a reduzida área necessária para o sistema. Neste processo obtém-se uma torta seca com 65 a 75% de umidade (25 a 35% de sólidos - JORDÃO E CONSTANTINO,2011).

O lodo já estabilizado e adensado segue juntamente com a espuma recolhida do UASB por gravidade para o tanque de lodo e espuma do qual, por bombeamento, irá alimentar a centrífuga para desidratação do lodo.

Para o alcance da umidade desejada faz-se necessário o uso de polieletrólitos que acelerarão o agrupamento das partículas dos sólidos do lodo, aumentando a massa de lodo, e conseqüentemente, diminuindo sua umidade. A solução química será preparada em equipamento específico ('preparador de polímero'), automático, compacto e de fácil manuseio. Após estar pronta a solução de polímero esta será bombeada através de bomba dosadora para a centrífuga.



Figura 11: Exemplo de centrífuga
(Fonte: <http://www.pieralisi.com/br>)



Figura 12: Exemplo de preparador de polímeros
(Fonte: <http://www.vibropac.com.br/>)

Gerenciamento do Biogás

A decomposição biológica anaeróbia que ocorre no reator UASB gera o biogás. A queima do biogás torna-se necessária para minimizar os efeitos dos gases provenientes de sua composição, em maior parte: gás sulfídrico, gás metano, vapor d'água e gás carbônico. O gás sulfídrico é o principal causador de odores desagradáveis gerados nos sistemas anaeróbios. O gás metano e o gás carbônico são prejudiciais à Camada de Ozônio. O gás metano na queima é decomposto em gás carbônico e vapor d'água, tornando-se menos agressivo.

O gás liberado pelos dois reatores UASB será captado e queimado controladamente num único queimador de biogás instalado na parte superior e central. Toda tubulação do biogás será protegida para que seja resistente à corrosão, evitando que o meio ambiente seja contaminado.



Figura 13: exemplo de queimador de biogás

(Fonte: <http://www.implantacaonet.com.br/queimadores12.html>)

III – Dimensionamento

A planilha de cálculo em anexo segue a seguinte lógica:

1 – Memória de Cálculo

1.1– Cálculo de Vazões

População Total

Será considerada para a Cidade Universitária 30% a mais da população da UFRJ em 2020 estimada pelo Plano Diretor – 2020, sendo esta de 142.103 habitantes.

Carga Orgânica Per Capita (Concentração)

Quantidade de oxigênio necessária à oxidação bioquímica da massa de matéria orgânica, na unidade de tempo, por habitante. Geralmente é expressa em gDBO/d.

De acordo com a DZ 215-R4, o valor recomendado é de 25 g DBO/d, porém por haver infiltração considerável na rede e baseado em informações fornecidas pelos coordenadores do CESA/UFRJ, o valor característico é de 15 gDBO/d.

Contribuição de esgoto per capita (q)

Contribuição de esgoto de um habitante em um dia.

De acordo com a NBR 7.229, será adotado 50 L/d.

Coefficiente de retorno água/esgoto

Relação entre o volume de esgotos recolhido e o de água consumido.

De acordo com a NBR 12.209, será adotado o coeficiente igual a 1.

Coefficiente do dia de maior consumo (K1)

Obtido da relação entre o máximo consumo diário verificado no período de um ano e o consumo médio diário.

De acordo com a NBR 12.209, será adotado o coeficiente igual a 1,2.

Coefficiente da hora de maior consumo (K2)

Relação entre o máximo consumo horário verificado no dia de maior consumo e o consumo médio horário do dia de maior consumo.

De acordo com a NBR 12.209, será adotado o coeficiente igual a 1,5.

Coefficiente da hora de menor consumo (K3)

Relação entre o máximo consumo horário verificado no dia de menor consumo e o consumo médio horário do dia de menor consumo.

De acordo com a NBR 12.209, será adotado o coeficiente igual a 0,5.

1.2. – Cálculo da Carga Orgânica

Vazão Média (Qm)

Vazão final de esgoto sanitário encaminhada à ETE, desprezada a variabilidade do fluxo (K1 e k2).

A vazão média é de 82,24 L/s.

Vazão instantânea (Qi)

Vazão final de esgoto sanitário encaminhada à ETE.

A vazão instantânea é de 148,02 L/s.

Carga Orgânica Total (CO)

Indica a quantidade de matéria orgânica presente, é importante para conhecer o grau de poluição do esgoto afluente e tratado, para se dimensionar as estações de tratamento de esgotos e medir sua eficiência, expressa em kg DBO/dia.

A carga orgânica encontrada é de 2.131,55 kgDBO/d.

Carga Orgânica DQOa

Corresponde à quantidade de oxigênio necessária para oxidar a fração orgânica de uma amostra que seja oxidável pelo permanganato ou dicromato de potássio em solução ácida.

A carga orgânica encontrada é de 4.263,09 kgDQO/d.

1.3 – Tratamento preliminar

1.3.1- Gradeamento

Vazão Máxima (Qi)

Vazão final de esgoto sanitário encaminhada à ETE.

De acordo com a NBR 12.209/11, a vazão de dimensionamento das grades deve ser a vazão máxima afluyente à unidade, sendo esta de 148,02 L/s

Velocidade Máxima

A velocidade de passagem entre barras não deverá ser muito elevada, a fim de não arrastar o material previamente retido; por outro lado, não deverá ser muito baixa, a fim de não permitir o acúmulo do material de sedimentação. De acordo com a NBR 12.209/11 a velocidade máxima deverá ser de 1,20 m/s. Será adotada a velocidade de 1m/s.

1.3.1.1 – Cálculo da grade grossa

Inclinação da Barra

Para a vazão mencionada é usual a utilização de barra inclinada. De acordo com a NBR 12.209/11, a inclinação deve estar entre 60° e 90°.

Será adotada a inclinação de 60°.

Espaçamento entre barras (a)

O espaçamento entre barras é adequadamente projetado para reter o material que se pretende remover, com baixa perda de carga. De acordo com a NBR 12.209/11, o espaçamento entre barras grossas deverá ser de 40 mm a 100 mm.

Será adotado o espaçamento entre barras grossas de 60mm.

Espessura da barra (t)

As barras deverão ser suficientemente robustas para suportar os impactos e esforços devidos aos procedimentos operacionais e possíveis acúmulos de materiais retidos, os quais poderão ser agravados com grandes variações de desníveis do líquido a montante e a jusante. Serão adotadas barras de 9,5 mm de espessura, sendo este valor típico para barras grossas (JORDÃO E CONSTANTINO, 2011).

Altura da grade

De acordo com a inclinação e o comprimento da grade é calculada a altura da grade. A altura da grade será de 0,50m.

Perda de carga

De acordo com a NBR 12.209/11, a perda de carga mínima para permitir o fluxo normal dos esgotos a ser considerada no cálculo para grades de limpeza mecanizada é de 0,10 m. Deverão ser considerados para cálculo o modelo selecionado, o tipo de operação de limpeza, localização e detalhes construtivos.

Eficiência da grade grossa (Egg)

Determinada através da qualidade do esgoto à jusante, observando-se a não obstrução das barras e o fluxo normal dos esgotos, com mínima perda de carga. A eficiência da grade grossa é de 86,33%.

Área Útil (Au)

Superfície de contato por onde o esgoto passa, sendo calculada a área útil de 0,15 m².

Seção transversal do canal (Stc)

Área de passagem transversal do efluente no canal. Será considerada altura de borda livre de 0,30 m acima da altura da grade. A seção transversal calculada é de 0,17 m².

Largura do gradeamento grosso (Lgg)

Calculada para atender à área transversal necessária, juntamente com a altura do canal. Para facilitar a prática da construção do canal será adotada a largura de 0,50m.

Verificação da velocidade (Vr)

De acordo com NBR 12.209/11, a velocidade máxima através da grade para a vazão final é de 1,20 m/s. A velocidade encontrada é de 0,69m/s, estando dentro do limite estabelecido em norma.

Verificação da perda de carga máxima com grade limpa (hf)

De acordo com a NBR 12.209/11 não pode ultrapassar 0,10 m. A perda de carga calculada é de 0,05m, estando dentro do limite estabelecido em norma.

1.3.1.2 – Cálculo da grade fina

Espaçamento entre barras (a')

O espaçamento entre barras é adequadamente projetado para reter o material que se pretende remover, com baixa perda de carga. De acordo com a NBR 12.209/11, o espaçamento entre barras finas deverá ser de 10 mm a 20 mm. Serão adotadas barras de 15 mm.

Espessura das barras (t')

Serão adotadas barras de 8 mm de espessura, sendo este valor típico para barras finas (JORDÃO E CONSTANTINO, 2011).

Altura da grade

A altura da grade fina acompanhará a altura da grade grossa para facilitar a construção, sendo esta de 0,50m.

Perda de carga

De acordo com a NBR 12.209/11, a perda de carga mínima a ser considerada no cálculo para que ocorra o fluxo normal dos esgotos para grades de limpeza mecanizada é de 0,10 m. Deverão ser considerados para cálculo o modelo selecionado, o tipo de operação de limpeza, localização e detalhes construtivos.

Eficiência da grade fina (Egf)

Determinada através da qualidade do esgoto à jusante, observando-se a não obstrução das barras e o fluxo normal dos esgotos, com mínima perda de carga. A eficiência da grade fina é de 65,22%.

Área útil (A'u)

Superfície de contato por onde o esgoto passa, sendo esta de 0,15m².

Seção transversal do canal (S'tc)

Área de passagem transversal do efluente no canal. Será considerada altura de borda livre de 0,30 m acima da altura da grade. A seção transversal calculada é de 0,23m². Para facilidade de construção será adotada a seção de 0,25m².

Largura do gradeamento fino (Lgf)

Calculada para atender à área transversal necessária, juntamente com a altura do canal.

A largura será de 0,50m.

Verificação da velocidade (V'r)

De acordo com NBR 12.209/11, a velocidade máxima através da grade para a vazão final é de 1,20 m/s. A velocidade encontrada é de 0,91m/s, estando esta dentro do limite estabelecido em norma.

Verificação da perda de carga máxima com grade limpa (h'f)

De acordo com a NBR 12.209/11 não pode ultrapassar 0,10 m, sendo encontrada a perda de carga de 0,05 m, estando dentro do limite.

1.3.2 – Dimensionamento da Caixa de Areia

De acordo com exigência da NBR 12.209/11 serão adotadas 2 caixas de areia, especificadas abaixo.

Velocidade de sedimentação (Vs)

A velocidade de sedimentação será adotada de acordo com a velocidade crítica, a partir da qual ocorre arraste das partículas que se deseja reter, ou daquelas já sedimentadas, suscetíveis à influência dessas velocidades (JORDÃO E CONSTANTINO, 2011).

Será adotada a velocidade de sedimentação de 0,23 m/s.

Diâmetro da partícula do projeto (D)

Será considerado tamanho típico da partícula de 0,2 mm e densidade de 2,65, de acordo com a NBR 12.209/11.

Comprimento da caixa de areia (L)

Fixada a largura de 2m, encontra-se o comprimento mínimo de 0,48m. Será adotado o comprimento de 3,60 m, com o objetivo de atender aos parâmetros da taxa de aplicação superficial.

Área transversal de escoamento (At)

De acordo com a NBR 12.209/11, a seção transversal deve ser tal que a velocidade de escoamento esteja na faixa de 0,20 a 0,40 m/s. Será adotada a velocidade de escoamento de 0,30 m/s.

Lâmina D'água mínima na Caixa de Areia (Hm)

De acordo com a NBR 12.209/11, no fundo e ao longo do canal deve ser previsto espaço para a acumulação do material sedimentado, com seção transversal mínima de 0,20 m de profundidade por 0,20 m de largura. A lâmina d'água mínima calculada na caixa de areia é de 0,25 m, estando esta acima do mínimo estabelecido em norma.

Velocidade máxima real de escoamento (VmaxReal)

De acordo com a NBR 12.209/11, a velocidade de escoamento deve ser na faixa de 0,25 a 0,40 m/s. Dessa maneira é possível garantir velocidade constante do fluxo da câmara de sedimentação da caixa de areia, instalada a montante da Calha Parshall.

A velocidade máxima real de escoamento encontrada é de 0,30 m/s.

Volume diário de sólidos sedimentados (Vol.SD)

Com a taxa de sedimentação de $0,00007 \text{ m}^3/\text{m}^3$ (JORDÃO E CONSTANTINO, 2011) e tempo de sedimentação de 86.400s, o volume diário de sólidos sedimentados encontrado é de 0,895 m^3 .

Profundidade da câmara de sedimentos (Hs)

De acordo com a NBR 12.209/11, no fundo e ao longo do canal deve ser previsto espaço para a acumulação do material sedimentado, com profundidade mínima de 0,20 m.

Verificação da taxa de aplicação superficial (TAS)

De acordo com a NBR 12.209/11, a taxa de escoamento superficial deve estar compreendida entre 600 a 1000 $\text{m}^3/\text{m}^2.\text{d}$.

1.3.3 – Calha Pashall

Será adotada calha Parshall de 9", um tamanho padronizado que atenderá vazão, não sendo necessário o cálculo específico para a mesma. (JORDÃO E CONSTANTINO, 2011)

1.3.4 – Cálculo da Elevatória

Vazão da elevatória (Qi)

Vazão afluente à elevatória, sendo considerada a vazão máxima, sendo esta de 532,89 m³/h.

Tempo efetivo (Tefetivo)

Considerando que o esgoto parado gera odores quando começa a entrar em decomposição, em média a partir de 15 minutos, foi calculado um tempo efetivo de funcionamento da elevatória de 5 minutos.

Acionamento por hora (Acion Hora)

Considerando que em uma hora o esgoto não fique parado por mais de 15 minutos, o tempo de acionamento da bomba será de 4 vezes.

Volume útil mínimo (Vol mínimo)

Volume da elevatória considerado o funcionamento do conjunto de bombas no tempo determinado de funcionamento. O volume útil mínimo é de 11,10 m³.

Área da elevatória (S)

Considerando elevatória circular, corresponde à área da seção transversal da mesma. A área da elevatória é de 4,91 m².

Altura útil da elevatória (Hutil)

Determinada de acordo com a necessidade para atender ao volume útil e a área. A altura adotada será o somatório de Hutil, altura de submersão da bomba e altura entre a chegada do efluente e a soma das Hutil e hmin, totalizando 4,00 m.

Volume útil adotado (Vol adotado)

Volume da elevatória considerando a área da elevatória e a altura útil, sendo esta de 19,63 m³.

Vazão bomba (Q_{be})

Serão utilizadas 4 bombas com vazão de 200 m³/h, sendo uma bomba reserva, por esse motivo no memorial de cálculo só foram citadas 3 bombas.

A elevatória deve recalcar o efluente para o tratamento preliminar e será controlada por sensores de nível. Serão utilizadas bombas submersas que alternarão o funcionamento. Quando o efluente estiver no nível mínimo o conjunto de bombas se desligará automaticamente, entre os níveis máximo e mínimo o conjunto entrará em funcionamento, quando ultrapassar o nível máximo, todas as bombas entrarão em funcionamento, inclusive a reserva.

Tempo de funcionamento

Tempo de funcionamento necessário é de 3,81 minutos, levando em conta a vazão da bomba e o número de acionamentos determinados por hora.

Tempo de parada (T_{parada})

Tempo em que a bomba fica desligada no intervalo entre um ciclo e outro de funcionamento, sendo este de 3,98 minutos.

1.4 – Dimensionamento do Reator UASB

1.4.1 – Cálculo do Volume do Reator

Tempo de detenção hidráulico

Relação entre o volume útil de uma unidade de tratamento e a vazão afluente.

De acordo com a NBR 12.209/11, o tempo de detenção justifica-se pela temperatura média do mês mais frio do ano, na cidade do Rio de Janeiro (15°), sendo de 10h.

1.4.1.1 – Dimensões do Reator UASB

Volume (V)

Fixado o tempo de detenção hidráulico, de 10 horas, de acordo com a NBR 12.209/11, é possível determinar o volume do reator de acordo com o TDH e a vazão média.

Também de acordo com a NBR 12.209/11, a profundidade útil total dos reatores deve estar entre 4 m e 6 m, sendo esta de 5,50 m. A profundidade mínima do compartimento de digestão deve ser de 2,5 m. O volume do reator é de 2960,48 m³.

Cálculo da área do reator (Ac)

Seguindo o estabelecido na NBR 12.209/11, referente ao volume e à profundidade, no item anterior, é possível calcular a área do reator necessária ao tratamento eficiente, sendo esta de 538,27 m².

Área de cada célula (Acc)

Serão adotadas 2 células, conforme recomendado na NBR 12.209/11 de que a partir de 50L/s deve-se adotar mais de um tanque. Cada célula possui 269,13 m².

Área adotada (Aa)

Fixados as dimensões: largura de 15,00 m e comprimento de 18,00 m, para facilidade construtiva é possível determinar a área a ser adotada resultando em 270 m².

Volume adotado (Va)

Volume referente às medidas especificadas anteriormente para seguir os critérios estabelecidos em norma, para cada célula, sendo este de 1485,0 m³.

Volume total (Vt)

Volume referente a todas as células, totalizando 2970,0 m³.

1.4.2 – Verificação dos Parâmetros de Cálculos

TDH adotado

Tempo de detenção hidráulico adotado é uma relação entre ao volume total e a vazão média. De acordo com a NBR 12.209/11, o valor mínimo é de 10h.

Verificação das cargas aplicadas

- **Carga Orgânica Volumétrica (COV)**

A faixa de aplicação da carga orgânica volumétrica encontra-se tipicamente entre 2,5 e 3,5 kg DQO/m³.d. (JORDÃO E CONSTANTINO, 2011). Já a norma, nada especifica. Sendo esta de 1,44 kgDQO/m³.d.

Verificação da velocidade ascensional

De acordo com a NBR 12.209/11, as velocidades ascendentes recomendadas deverão ser menores que 0,70 m/h para vazão média e 1,20 m/h para vazão máxima. Sendo encontradas respectivamente 0,55 m/h e 0,99 m/h.

1.4.3 – Tubulação de Distribuição

Área de influência adotada (Aia)

De acordo com a NBR 12.209/11, a área máxima de influência de um ponto de lançamento não pode exceder 3,00m². De forma conservadora, será adotada a área de influência de 2,50 m².

Área superficial de cada célula do UASB (Aa)

Área de contato do efluente com o tanque, resultando em 270,0 m².

Número de Tubos (N° tubos)

Número de tubos necessário para alimentação do reator garantindo a distribuição uniforme do efluente por toda a área, não gerando caminhos preferenciais, resultando em 108 unidades.

Diâmetro adotado

O diâmetro mínimo do tubo pela NBR 12.209/11 deve ser de 75 mm.

1.4.4 - Eficiência do UASB

Eficiência de remoção de DQO (Eficiência DQO)

A eficiência de remoção de DQO costuma ser na ordem de 65% (JORDÃO E CONSTANTINO, 2011). A eficiência encontrada é de 69,63% mas, de forma conservadora, será adotada a eficiência de 65%.

Eficiência de remoção de DBO (Eficiência DBO)

A eficiência de remoção de DBO costuma ser na ordem de 70% (JORDÃO E CONSTANTINO, 2011). A eficiência encontrada é de 77,86% mas, de forma conservadora, será adotada a eficiência de 65%.

Concentrações de DQO no efluente (DQO efl UASB)

É a concentração de DQO remanescente no efluente após o tratamento no reator UASB, resultando em 210 mg/L.

Concentrações de DBO no efluente (DBO efl UASB)

É a concentração de DBO remanescente no efluente após o tratamento no reator UASB, resultando em 105 mg/L.

1.4.5 – Lodo gerado no UASB

O lodo gerado no UASB, será estabilizado no próprio reator. O lodo deverá ser descartado periodicamente para que não aumente a concentração de lodo e com isso, ocorra o arraste de sólidos no efluente, não desejados.

Após a estabilização, o lodo que já está também adensado será encaminhado para a centrifugação, onde será retirado umidade.

1.4.6 – Geração do Gás do Reator UASB

Serão consideradas para cálculo as duas células do UASB. O biogás produzido nas duas células será encaminhado para um único queimador.

Produção Teórica de Metano (DQO_{CH_4})

É a quantidade de metano gerada pela degradação aeróbia do efluente que ocorre no interior do reator UASB. Para fins de cálculo será adotado o coeficiente de produção de sólidos no sistema – Y_{osb} como 0,17 kgDQOlodo/KgDQOaplicada (CHERNICHARO, CARLOS AUGUSTO DE LEMOS, 2007).

Fator de correção para temperatura operacional do reator [(f(T))]

Este fator é necessário para calibrar a pressão atmosférica local e temperatura local de projeto, tendo este o valor de 2,69 kgDQO/m³.

Fixados os parâmetros abaixo extraídos de CHERNICHARO, CARLOS AUGUSTO DE LEMOS, 2007:

- Pressão atmosférica = 1 atm
- DQO correspondente a 1 mil de CH₄ = 64 gDQO/mol
- Constante de gases = 0,08206 atmL/molK
- Temperatura operacional do reator = 17°C

Vazão de biogás (Qbiogas)

É toda a vazão de gás gerada no processo anaeróbio no interior do reator UASB, onde a concentração de metano no biogás é da ordem de 75% (CHERNICHARO, CARLOS AUGUSTO DE LEMOS, 2007), resultando em 1014,5m³/d.

1.5 – Dimensionamento do Sistema de Lodos Ativados Convencional

Razão de recirculação (R)

De acordo com a NBR 12.209/11, o valor mínimo da relação de recirculação de lodo ativado, deve ser tal que a concentração máxima de SST do lodo recirculado não exceda o valor de 10.000 mg/L, sendo adotada a razão de recirculação igual a 1.

Vazão média de recirculação (Qmr)

É a vazão que será recirculada, levando em consideração a razão de recirculação, sendo esta de 82,24 L/s.

SSVTA (Sólidos em suspensão voláteis presentes no tanque de aeração)

De acordo com a NBR 12.209/11, a concentração de sólidos deve estar compreendida entre os valores de 1500 a 4500 mg/L, sendo considerado 2500 mg/L.

Eficiência esperada no L. atv. Conv. (El. Ativados)

A eficiência esperada do processo de lodos ativados é na ordem de 85 a 95% (JORDÃO E CONSTANTINO, 2011). Será considerada a eficiência de 95%.

Idade do Lodo

De acordo com a NBR 12.209/11, a idade do lodo deverá estar entre 4 e 15 dias para sistemas convencionais. Será considerada idade do lodo de 12 dias.

Coefficiente de reação (r)

Será utilizado o coeficiente de reação de 0,022 L/mg.d (JORDÃO E CONSTANTINO, 2011).

Coefficiente de rendimento celular (Y)

Será utilizado o coeficiente de rendimento celular de 0,50 gSSV/gDBO5 (JORDÃO E CONSTANTINO, 2011).

Coefficiente de decaimento endógeno (kd)

Será utilizado o coeficiente de decaimento endógeno no valor de 0,06 dias⁻¹ (JORDÃO E CONSTANTINO, 2011).

Relação A/M

De acordo com a NBR 12.209/11, a relação alimento/microrganismos deve estar na faixa de 0,20 a 0,70 kgDBO5 aplicado/Kg SSVTA.d para sistemas de taxa convencional. Será utilizada a relação de 0,35.

Relação SSV/SS

Será adotada a relação de 0,75 de SSV/SS. A última versão na norma deixou de apresentar faixas recomendadas para este parâmetro.

Coefficiente de produção de lodo (no tanque de aeração)

Será adotado um coeficiente de produção de lodo no valor de 0,55 kgSS/KgDBO (JORDÃO E CONSTANTINO, 2011).

Vazão de Recirculação

Será adotada a razão de 1 (JORDÃO E CONSTANTINO, 2011).

Cálculo da carga orgânica remanescente no reator UASB

Carga orgânica remanescente no efluente após tratamento do efluente no reator UASB. Sendo estas iguais a 1492 kg DQO/d e 746 kg/d.

1.5.1 – Cálculo das Dimensões do Tanque de Aeração

Volume do tanque de aeração (Vol Aer)

De acordo com a NBR 12.209/11, a profundidade mínima do tanque com aeração por ar difuso deve ser de 3 m. Será adotada a profundidade de 5,5 m.

Área do tanque de aeração (Ata)

Área da seção transversal do tanque.

Serão utilizadas 2 células visando facilidades operacionais, para futuras manutenções o sistema não parar por completo. A largura adotada para será de 15 m.

Comprimento do tanque de aeração (Lcalculado)

Após estabelecidas a área e a largura foi calculado o comprimento do tanque de aeração e adotado um valor prático para a construção. O comprimento adotado será de 7,0 m.

Área adotada total (A adotada tot)

Área calculada de acordo com os valores de largura e comprimento adotados, totalizando 210m².

Volume adotado total (vol adot tot)

Volume do tanque calculado de acordo com as dimensões adotadas, sendo este igual a 1155,0m³.

1.5.2 – Cálculo de Parâmetros

Tempo de detenção hidráulico (TDH)

De acordo com a NBR 12.209/11, o tempo de detenção hidráulica não pode ser utilizado como parâmetro determinante no dimensionamento, sendo encontrado o tempo de 3,90h.

Cálculo de relação A/M

A NBR 12.209/11 determina que a relação alimento/microrganismos deve estar na faixa de 0,20 a 0,70 kgDBO5 aplicado/Kg SSVTA.d para sistemas de taxa convencional, sendo encontrado o valor de 0,26 kgDBO/KgSSV.d.

1.5.3 – Cálculo de Produção e Remoção de Lodo Excedente

Coefficiente de produção de Lodo ajustado ($Y_{osb,ajustado}$)

Para o cálculo do lodo gerado será usado o coeficiente de produção de lodo ajustado, que é um fator de correção devido à parcela de autooxidação, sendo este de 0,32.

Produção de Lodo Gerado (ΔX_T)

A produção de lodo gerado é excedente à quantidade de sólidos necessários para manter o lodo recirculado no sistema, com isso este excesso é encaminhado ao tratamento de lodo sendo descartado do ciclo de tratamento de efluentes.

O lodo em excesso gerado no processo será encaminhado ao compartimento de digestão do Reator UASB, onde acontece a estabilização do lodo. Este aumento de carga orgânica não deve afetar o desempenho do reator UASB, considerando que o desempenho do reator UASB quando trata esgoto doméstico é mais influenciado pela carga hidráulica do que pela carga orgânica (NBR 12.209/11). A produção de lodo gerado é de 296,87 kg SV/d.

Volume de lodo em excesso ($V_{L_{excesso}}$)

Considerando o teor de sólidos no lodo em excesso como 1% (JORDÃO E CONSTANTINO, 2011) e a densidade do lodo como 1,0. O volume de lodo em excesso será de 29,69 m³/d.

1.5.4 – Cálculo do Sistema de Aeração

1.5.4.1 – Cálculo dos Sopradores

Consumo de oxigênio (O_2)

Por se tratar de um efluente de reator anaeróbio tipo UASB, a NBR 12.209/11 recomenda que o consumo de O_2 seja 4 vezes a carga orgânica remanescente no reator, sendo este de 5968,33 kg/d.

Dados Iniciais

Dados necessários ao cálculo dos sopradores (JORDÃO E CONSTANTINO,2011):

- Massa específica de ar = 1,2 kg/m³
- Eficiência de transporte de O_2 = 0,3
- Teor de O_2 no ar = 0,23 kg O_2 /kgAr

Massa de O₂ a introduzir (M O₂ a introduzir)

Quantidade de oxigênio necessária para oxidação da matéria orgânica, sendo esta de 25949,2 kgO₂/d.

Massa de ar a introduzir (M ar a introduzir)

A eficiência de transferência de oxigênio adotada é de 30% (JORDÃO E CONSTANTINO,2011). Considerando que no ar existem outras substâncias além do oxigênio, é adotada esta taxa para aplicação na massa de ar, resultando em 112.823 kgAr/d.

Vazão de ar a introduzir (Qar)

A vazão de ar está calculada para condições normais de pressão e temperatura, ao se adquirir o equipamento deverá ser informado ao fabricante o local para que possa ser corrigida a vazão de acordo com a umidade, a pressão e a altitude do local de instalação do equipamento. A vazão de ar a introduzir será de 94.019 Nm³/d.

Massa de ar (Mar)

Após as correções de eficiência e quantidade de oxigênio no ar, obtém-se a massa de ar.

Parâmetros necessários aos cálculos (JORDÃO E CONSTANTINO,2011):

- Constante do gás = 8,31 kJ/k mol°K
- Temperatura absoluta de entrada = 293°K
- Eficiência do compressor = 0,7
- Pressão absoluta de entrada = 1 atm
- Pressão absoluta de saída = 1,74 atm

A massa de ar a será de 1,31 kg/s.

Potência (P)

Potência relacionada ao motor elétrico do soprador adotado, a potência mínima exigida, de acordo com os cálculos é de 123,612 hP. Serão adotados 4 sopradores com 40hP cada, sendo um reserva.

1.5.4.2 – Cálculo dos Difusores

Vazão de ar para cada difusor

Capacidade de cada difusor. Será usado como referência o fabricante BF Dias, com a vazão para cada difusor de 0,07 m³/min.

Nº de difusores

Número de difusores para atender a vazão de ar necessário para o tratamento aeróbio, resultando em 932,7 unidades. Para adequada distribuição de ar serão adotados 960 difusores.

1.5.5 – Eficiência do Tanque de Aeração (Eficiência T.A.)

DBO afluente

Quantidade de oxigênio necessária à oxidação bioquímica da massa de matéria orgânica, ainda presente no esgoto, após o tratamento no reator UASB, sendo esta de 105,00 mg/L.

DBO efluente de aeração

Quantidade de oxigênio necessária à oxidação bioquímica da massa de matéria orgânica, ainda remanescente no efluente após tratamento no reator aeróbio, sendo esta de 13,03 mg/L.

Eficiência T.A.

A eficiência na etapa do tanque de aeração é de 87,59%.

1.6 – Eficiência do Sistema

Eficiência do sistema

Sendo a DBO afluente de 300 mg/L e a DBO efluente ao sistema de aeração de 13,03 mg/L, a eficiência do sistema é de 95,66%.

1.7 – Decantador Secundário

1.7.1– Dimensão do Decantador

Área mínima dos decantadores (A min Dec)

Seção transversal mínima pre estabelecida pela NBR 12.209/11, de acordo com a taxa de escoamento e a vazão média.

Sendo adotada a taxa de escoamento é de $28 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{d}$, a área mínima dos decantadores será de $253,76 \text{ m}^2$ e adotado o diâmetro de $13,00 \text{ m}$.

Área total dos decantadores (A tot Dec)

Área calculada a partir do valor do diâmetro escolhido. Serão utilizadas 2 células visando facilidades operacionais, para em futuras manutenções o sistema não parar por completo. A área total dos decantadores é de $265,33 \text{ m}^2$.

Taxa de escoamento adotada

De acordo com a NBR 12.209/11, o decantador deve ser dimensionado para uma taxa de escoamento superficial igual ou inferior a $28 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{d}$, quando a idade do lodo é inferior a 18 dias, ou a relação A/M é superior a $0,15 \text{ kg DBO}_5/\text{Kg SSVTA.d}$. Com a área total dos decantadores é encontrada a taxa de escoamento de $26,78 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{d}$.

Tempo de detenção hidráulico (TDH)

De acordo com a NBR 12.209/11, o tempo de detenção hidráulico, relativo à vazão média deve ser igual ou superior a $1,5 \text{ h}$. O TDH utilizado é de $3,14 \text{ h}$.

Volume adotado total

Adotada a altura mínima de $3,50 \text{ m}$, estabelecida na NBR 12.209/11, o volume adotado total será de $928,66 \text{ m}^3$.

1.7.2– Dimensão do Vertedor e do Canal de Saída

Comprimento do vertedor (Lvertedor)

Calculado de acordo com a taxa de escoamento e sendo o diâmetro de $13,00 \text{ m}$, o comprimento adotado é de $40,82 \text{ m}$. Serão 2 células. Como o decantador é circular será colocado o vertedor em todo seu perímetro.

Taxa de escoamento no vertedor

De acordo com a NBR 12.209/11, a taxa de escoamento, através do vertedor de saída do decantador final deve ser igual ou inferior a 290 m³/m.d de vertedor.

Velocidade de escoamento adotada

De acordo com a NBR 12.209/11 será adotada a velocidade de escoamento de 1 m/s.

Área do canal de saída (Asaída)

Seção transversal do canal de saída, sendo esta de 0,15 m². Fixando a altura em 0,40 m, determina-se a largura de 0,40 m.

1.7.3 – Remoção de Escuma

Taxa de escuma adotada (Tx Escuma)

Será utilizada a taxa de produção de escuma de $2,5 \times 10^{-5}$ (JORDÃO E CONSTANTINO,2011).

Vazão de escuma (Qesc)

Á a vazão de escuma retirada na superfície do efluente do decantador, sendo esta de 0,18 m³/d.

1.8 – Cálculo da bomba de excesso de lodo e de escuma

Vazão de bombeamento (Qb)

É o somatório da vazão de lodo em excesso e a vazão da escuma que serão recalcados para o compartimento de digestão do UASB por um único sistema de bombas, sendo esta de 29,69 m³/h.

Vazão da bomba

Vazão necessária para bombear o lodo em excesso e a escuma, sendo esta de 49,30 m³/h.

Funcionamento diário

Tempo de funcionamento da bomba, de acordo com a vazão de bombeamento e a vazão da bomba adotada no sistema. Este tempo será de 14,46 h/d.

1.9 – Desidratação do Lodo

1.9.1 – Lodo a ser retirado no UASB

Será considerada remoção de 25% dos SSV do lodo aeróbio no reator UASB e admitido que a carga de sólidos fixas permanecem inalteradas (JORDÃO E CONSTANTINO, 2011). O lodo a ser retirado no UASB 1021,60 kg SST/d.

Bomba para lodo digerido (LD)

Será considerado que o teor de sólidos no lodo retirado é da ordem de 3% (JORDÃO E CONSTANTINO, 2011), dessa forma o equivalente a lodo digerido será 30,00 KgSS/m³.

A vazão necessária da bomba de lodo digerido é de 34,05 m³/d.

1.9.2 – Massa de lodo a ser desidratada

Volume do lodo

A massa de lodo a ser desidratada é equivalente ao lodo digerido, sendo esta de 1021,60kg/d.

Para fins práticos de operação, será adotado tempo de operação de 10h.

Massa de lodo diário

Todo o lodo gerado em um dia, porém processado no tempo de operação determinado em projeto, totalizando ao fim do dia 2451,84 kg.

O teor de sólido no lodo será considerado de 25% (JORDÃO E CONSTANTINO, 2011).

1.9.3 – Clarificado da centrífuga

O efluente resultante da centrifugação retornará para a elevatória de esgoto bruto.

Vazão de clarificado (Qc)

É a vazão do efluente oriundo da centrifugação do lodo adensado, sendo esta de 24,25 m³/d.

IV – Resumo Executivo

Tabela 2: Resumo executivo

Dispositivos de Tratamento	Dimensões
Elevatória	Ø 2,50 m x 4,00 m
Canal Grade Grossa	0,50 m x 2,50 m x 0,90 m
Canal Grade Fina	0,50 m x 2,50 m x 0,90 m
Caixa de Areia	2 unidades de 0,50 m x 2,00 m x 1,10 m
Calha Parshall	9"
Reator UASB	2 células de 18,00 m x 15,00 m x 5,50 m
Tanque de Aeração	2 células de 7,00 m x 15,00 m x 5,50 m
Decantador Secundário	2 células de Ø 13,00 m x 3,50 m

Fluxograma do sistema:

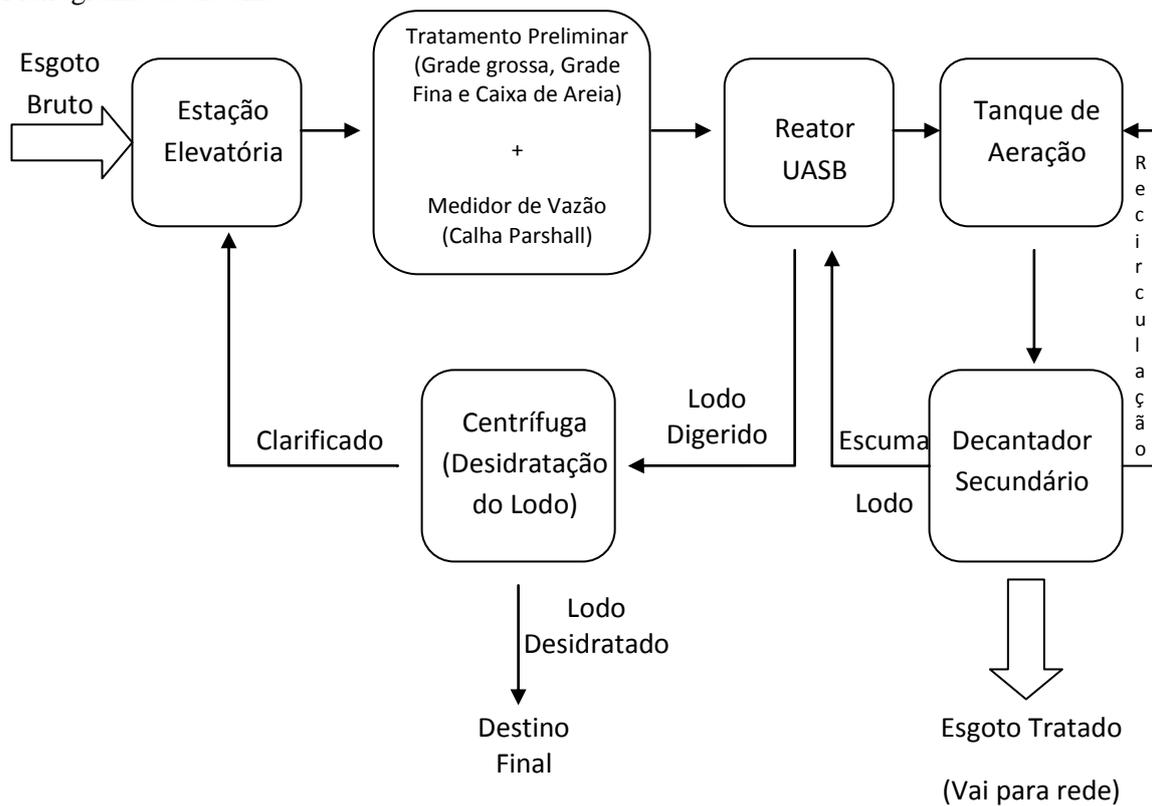


Figura 14: Fluxograma do sistema adotado

V - Referências Bibliográficas

CHERNICHARO, CARLOS AUGUSTO DE LEMOS (2007), *Reatores Anaeróbios*. 2°.ed.- Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG.

DZ 215-R4, 2007, *Diretriz de controle de carga orgânica biodegradável em efluentes líquidos de origem sanitária*.

JORDÃO, EDUARDO PACHECO E CONSTANTINO, ARRUDA PESSÔA (2011), *Tratamento de Esgotos Domésticos*. 6 edição – Rio de Janeiro.

NBR 7.229:1997, *Projeto, Construção e Operação de Sistemas de Tanques Sépticos*, 2° edição, ABNT.

NBR 12.209:2011, *Elaboração de Projetos Hidráulico-Sanitários de Estações de Tratamento de Esgotos Sanitários*, 2° edição, ABNT.

VON SPERLING, MARCOS (2002), *Lodos Ativados*. 2°.ed. – Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG.

Sites:

- COPASA
www.copasa.com.br
- Dossiê – Eficiência Energética e Ambiental
www.dossie.blog.br
- AERZEN
www.aerzen.com.br
- Agitadores, Decantadores, Flotadores e Raspadores de Tanques – UFSC – Projetos 1 – Professor: Adelamar Ferreira Novais – Aluna: Davi Zanatta - Florianópolis, junho de 2009
<http://dc396.4shared.com/doc/A4CtEhD1/preview.html>
- Interagua – Tecnologia e Gestão da Água
[http://www.interagua.pt/media/Fotogaleria_I/Decantador_secundario_\(ETAR_de_Vilar_andelo_Portugal\).JPG](http://www.interagua.pt/media/Fotogaleria_I/Decantador_secundario_(ETAR_de_Vilar_andelo_Portugal).JPG)
- Implantação Engenharia Indústria e Comércio Ltda.
<http://www.implantacaonet.com.br/>
- Gruppo Peralisi – Dedicated Innovators
<http://www.pieralisi.com/br>
- Vibropac – Tecnologia e Transporte de Fluidos
www.vibropac.com.br

Anexo 1

1 – Planilha de Cálculo

1.1 – Cálculo de Vazões

Vazão Média ($Q_m = \text{População} \times q \times \text{Coeficiente de Retorno}$)

População Total	142103 hab
Contribuição de Esgoto per capita (q)	50 L/d
Coeficiente de retorno água/esgoto	1
Qm =	82,24 (L/s)
	0,0822 m ³ /s
	296,05 (m ³ /h)
	7105,15 (m ³ /d)

Vazão Instantânea ($Q_i = Q_m \times K_1 \times K_2$)

Coeficiente do dia de maior consumo (K1)	1,2
Coeficiente da hora de maior consumo (K2)	1,5
Qi =	148,02 (L/s)
	532,89 (m ³ /h)
	12789,3 (m ³ /d)
	0,15 (m ³ /s)

1.2 – Cálculo da Carga Orgânica

Carga Orgânica Total (C.O.= População x Concentração)

População Total	142103 hab
Carga Orgânica per capita (Concentração)	15 g DBO/d
C.O. =	2131,55 (kg DBO/d)

Carga Orgânica DQO

Carga Orgânica DQO = C.O. x 2	4263,09 KgDQO/d
-------------------------------	-----------------

1.3 - Tratamento Preliminar

1.3.1 – Gradeamento

Vazão Máxima (Qi)	532,89 m ³ /h
	0,15 m ³ /s
	148,02 L/s

Velocidade máxima	1,00 m/s
--------------------------	-----------------

1.3.1.1 – Cálculo da grade grossa

Inclinação da barra	60 graus
Espaçamento entre barras (a)	60,00 mm
Espessura da barra (t)	9,50 mm
Altura grade	0,50 m
Perda de carga (grade de limpeza mecanizada)	0,10 m

Eficiência da Grade Gossa (Egg)

$Egg = a / (a + t)$	86,33 %
---------------------	---------

Área Útil (Au)

$Au = Qi / \text{Velocidade máxima}$	0,15 m ²
--------------------------------------	---------------------

Seção Transversal do Canal (Stc)

$Stc = Au \times Egg$	0,17 m ²
-----------------------	---------------------

Seção adotada (Sadotada)

0,20 m²

Largura do Gradeamento Grosso (Lgg)

$Lgg = Sadotada / \text{Altura grade}$	0,40 m
--	--------

Largura Adotada	0,50 m
-----------------	--------

Dimensões do canal para gradeamento grosso:

Largura do canal:	0,50	m
Altura do canal:	0,90	m
Comprimento do canal:	2,50	m

Verificação da Velocidade (Vr)

$Vr = Qi / (\text{Largura adotada} \times H \text{ grade} \times \text{Eficiência})$	0,69 m/s
--	----------

Verificação da Perda de Carga Máxima com grade Limpa (hf)

Gravidade	9,81 m/s ²
-----------	-----------------------

$V = Qi / AU$	1,00 m/s
---------------	----------

$Vo = Qi / \text{Seção Adotada}$	0,59 m/s
----------------------------------	----------

$hf = 1,43 \times (V^2 - Vo^2) / (2g)$	0,05 m
--	--------

1.3.1.2 – Cálculo da grade fina

Espaçamento entre barras (a')	15,00 mm
-------------------------------	----------

Espessura da barra (t')	8,00 mm
-------------------------	---------

Altura grade 0,50 m

Perda de carga (grade de limpeza macanizada) 0,10 m

Eficiência da Grade Fina (Egf)

$E_{gf} = a' / (a' + t')$ 65,22 %

Área Útil (A'u)

$A'u = Q_i / \text{Velocidade máxima}$ 0,15 m²

Seção Transversal do Canal (S'tc)

$S'tc = \text{Área útil} \times \text{Eficiência}$ 0,23 m²

Seção adotada (S'adotada) 0,25 m²

Largura do Gradeamento Fino (Lgf)

$L_{gf} = S'adotada / \text{Altura grade}$ 0,50 m

Largura Adotada 0,50 m

Dimensões do canal para gradeamento fino:

Largura do canal: 0,50 m

Altura do canal: 0,90 m

Comprimento do canal: 2,50 m

Verificação da Velocidade (V'r)

$V'r = Q_i / (\text{Largura adotada} \times \text{Altura grade} \times E_{gf})$ 0,91 m/s

Verificação da Perda de Carga Máxima com grade Limpa (h'f)

Gravidade 9,81 m/s²

$V' = Q_i / AU$ 1,00 m/s

$V'o = Q_i / \text{Seção Adotada}$ 0,59 m/s

$h'f = 1,43 \times (V'^2 - V'o^2) / (2g)$ 0,05 m

1.3.2 – Dimensionamento da Caixa de Areia

Velocidade de Sedimentação (Vs) 0,23 m/s

Diâmetro da partícula do projeto (D) 0,2 mm

Comprimento da Caixa de Areia (L)

B (largura da caixa de areia) 2,00 m

$L = 1,5 \times Q_i / (B \times V_s)$ 0,48 m

Ladotado 3,60 m

Área Transversal de Escoamento (A_T)

$V_{\text{MaxEscoamento}}$ 0,30 m/s

$A_T = Q_i / V_{\text{MaxEscoamento}}$	0,493 m ²
Lâmina D'água Mínima na Caixa de Areia (Hm) $H_m = A_T / B$	0,25 m
Velocidade Máxima Real de Escoamento (V_{maxReal}) $V_{\text{MaxReal}} = Q_i / (B \times H_m)$	0,30 m/s
Volume Diário de Sólidos Sedimentados (Vol.SD) TaxaSedimentação (T.Sed) 0,00007 m ³ /m ³ TempoSedimentação 86400 s $\text{Vol.SD} = T.\text{Sed} \times Q_i \times \text{TempoSedimentação}$ 0,895 m ³	
Profundidade da Câmara de Sedimentos (Hs) $H_s = \text{Vol.SD} / B \times \text{Ladotado}$	0,124 m
Verificação da taxa de aplicação superficial (TAS) - 600 a 1000 $TAS = Q_m / (B \times L)$	986,83 m ³ /m ² .d

Dimensões do canal:

Largura do canal:	2,00	m
Altura do canal:	1,10	m
Comprimento do canal:	3,60	m

1.3.3 – Calha Parshall

Vazão Mínima ($Q_{\text{min}} = 0,50 \times Q_m$)	41,12 (L/s)
Vazão Média (Q_m)	82,24 (L/s)
Vazão Máxima (Q_i)	148,02 (L/s)

1.3.4 – Cálculo da Elevatória

Vazão Elevatória ($Q_e = Q_i$)	532,89 m ³ /h
Tempo Efetivo (T Efetivo)	5 min
Acionamento por Hora (Acion Hora)	4
Q_c - Vazão do Clarificado do sistema de desidratação de lodo	

Volume Útil Mínimo (Vol mínimo)

$\text{Vol mínimo} = Q_e \times T \text{ Efetivo} / \text{Acion Hora}$	11,10 m ³
--	----------------------

Diâmetro Elevatória Adotado (\emptyset)	2,50 m
Área da Elevatória (S)	4,91 m ²

Altura útil da Elevatória (Hutil)

$H_{\text{util}} = \text{VolÚtilMínimo} / S$	2,26 m
h_{min} - Altura de submersão da bomba	0,50 m

hb - Altura ente a chegada do efluente e a soma das Hutil e hmin	0,50 m
Altura Adotada (Hadotada) = Hutil + hmin + hb	4,00 m

Volume Útil Adotado (Vol adotado)

Vol adotado = S x Hadotada	19,63 m ³
----------------------------	----------------------

Vazão Bomba (Qbe)

Número de Bombas (Nº B)	3 unid
Qbe	201,60 m ³ /h

Tempo de Funcionamento

TempoFuncionamento = Vol adotado / (NºB x Qbe – Qm)	3,81 min
---	----------

Tempo de Parada (Tparada)

Tparada=Vol adotado / Qm	3,98 min
--------------------------	----------

Considerando que o UASB está sobre o terreno com uma altura útil de 5,50m, a profundidade útil da elevatória é de 4,00m e considerando perdas da tubulação, adota-se altura de 12 m.c.a. A vazão total de 201,60m³/h, consultando catálogo da ABS modelo XFP PE2 100E - CB1, cada bomba terá potência de 6,0kW.

1.4 – Dimensionamento do reator UASB

DBO = concentração / q	
Carga Orgânica per capita (Concentração)	15 g DBO/d
Contribuição de Esgoto per capita (q)	50 L/d
DBO=	300 mg/L
DQO = 2* DBO	600 mg/L

1.4.1 – Cálculo do Volume do Reator

Tempo de detenção hidráulico (TDH)	10 horas
------------------------------------	----------

1.4.1.1 – Dimensões do Reator UASB

Volume (V)

V = TDH x Qm	2960,48 m ³
Altura útil do reator	5,50 m

Cálculo da Área do Reator (Ac)

Ac = V / Altura útil do reator	538,27 m ²
--------------------------------	-----------------------

Número de células adotadas	2,00 células
----------------------------	--------------

Área de cada célula (Acc)

$$Acc = Ac / \text{número de células adotadas} \quad 269,13 \text{ m}^2$$

Área adotada (Aa)

Largura	15,00 m
Comprimento	18,00 m
$Aa = \text{Largura} \times \text{Comprimento}$	270,00 m ²

Volume Adotado (Va)

$$Va = Aa \times \text{altura útil do reator} \quad 1485,00 \text{ m}^3$$

Volume Total (Vt)

$$Vt = Va \times \text{Número de células adotadas} \quad 2970,00 \text{ m}^3$$

Dimensões de cada célula do UASB:

Nº de células	2,00	unid
Largura :	18,00	m
Altura útil :	5,50	m
Comprimento :	15,00	m

1.4.2 – Verificação dos Parametros de Cálculos

TDH adotado

$$\text{TDH adotado} = Vt / Qm \quad 10,03 \text{ h}$$

Verificação das cargas aplicadas

Carga Orgânica Volumétrica (COV)

$$\text{COV} = \text{Carga Orgânica DQO} / Vt \quad 1,44 \text{ kgDQO/m}^3 \cdot \text{d}$$

Carga Hidráulica volumetrica (CHV)

$$\text{CHV} = Qm / Vt \quad 2,39 \text{ m}^3/\text{m}^3 \cdot \text{d}$$

Verificação das Velocidades Ascensional

$$\text{Considerando a Vazão Média} \quad 0,55 \text{ m/h}$$

$$\text{Considerando a Vazão Máxima} \quad 0,99 \text{ m/h}$$

1.4.3 – Tubulação de Distribuição

$$\text{Área de influência adotada (Aia)} \quad 2,5 \text{ m}^2$$

$$\text{Área superficial de cada célula do UASB (Aa)} \quad 270,00 \text{ m}^2$$

Número de Tubos por célula (Nº Tubos)

$$\text{Nº Tubos} = Aa / Aia \quad 108 \text{ unidades}$$

$$\text{Diâmetro adotado} \quad 75 \text{ mm}$$

1.4.4 - Eficiência do UASB

Eficiência de Remoção de DQO (Eficiência DQO)

$$\text{Eficiência DQO} = 100 \times (1 - 0,68 \times \text{TDH}^{-0,35}) \quad 69,63 \%$$

Embora a eficiência do sistema tenha resultado em 69,63%, será adotada de forma conservadora a eficiência de 65%.

$$\text{Eficiência de Remoção de DQO Adotada (Eficiência DQO adotada)} \quad 65 \%$$

Eficiência de Remoção de DBO (Eficiência DBO)

$$\text{Eficiência DBO} = 100 \times (1 - 0,70 \times \text{TDH}^{-0,35}) \quad 77,86 \%$$

Embora a eficiência do sistema tenha resultado em 77,86%, será adotada de forma conservadora a eficiência de 65%.

$$\text{Eficiência de Remoção de DBO Adotada (Eficiência DBO adotada)} \quad 65 \%$$

Concentrações de DQO no efluente (DQO efl UASB)

$$\text{DQO efl UASB} = \text{DQO} \times (\text{Eficiência DQO adotada} - \text{DQO})/100 \quad 210,00 \text{ mg/L}$$

Concentrações de DBO no efluente (DBO efl UASB)

$$\text{DBO efl UASB} = \text{DBO} \times (\text{Eficiência DBO adotada} - \text{DBO})/100 \quad 105,00 \text{ mg/L}$$

1.4.5 - Lodo gerado no UASB**Massa de Lodo Gerada (M)**

$$\begin{aligned} \text{Yosb} & - \text{Coef de produção de sólidos no sistema} && 0,17 \text{ kgSST/KgDQO}_{\text{aplicada}} \\ M & = \text{Yosb} \times \text{Carga Orgânica DQO} && 724,725 \text{ kg SST/d} \end{aligned}$$

Volume gerado de Lodo (V_{LUASB})

$$\begin{aligned} \text{Densidade típica} & && 1,02 \\ \text{Teor de sólidos adotado} & && 3 \% \\ V_{LUASB} & = M / (\text{Densidade típica} \times \text{Teor de sólidos}) && 23,68 \text{ m}^3/\text{d} \end{aligned}$$

1.4.6 - Geração do Gás do UASB**Produção Teórica de Metano (DQO_{CH_4})**

$$\begin{aligned} \text{Yosb} & - \text{Coef de produção de sólidos no sistema} && 0,17 \text{ kgDQO}_{\text{lodo}}/\text{KgDQO}_{\text{aplicada}} \\ \text{DQO}_{\text{CH}_4} & = \text{Qm} \times [(\text{DQO} - \text{DQO efl UASB}) - (\text{Yosb} \times \text{DQO})] && 2046,28 \text{ kgDQO}_{\text{CH}_4}/\text{d} \end{aligned}$$

Fator de Correção para temperatura operacional do Reator [$f(T)$]

$$\begin{aligned} \text{Patm} & - \text{Pressão Atmosférica} && 1 \text{ atm} \\ K_{\text{DQO}} & - \text{DQO correspondente a 1 mol de CH}_4 && 64 \text{ gDQO/mol} \\ R_g & - \text{Constante de gases} && 0,08206 \text{ atmL/molK} \\ T & - \text{Temperatura operacional do reator} && 17 \text{ }^\circ\text{C} \\ f(T) & = \text{Patm} \times K_{\text{DQO}} / R_g \times (273+T) && 2,69 \text{ kgDQO/m}^3 \end{aligned}$$

Vazão de Biogás ($Q_{\text{biogás}}$)

$Q_{\text{CH}_4} = \text{DQO}_{\text{CH}_4} / f(T)$	760,878 Nm ³ /d
Concentração de Metano no biogás (C_{CH_4})	75 %
$Q_{\text{biogás}} = Q_{\text{CH}_4} / C_{\text{CH}_4}$	1014,5 m ³ /d
	42,27 m ³ /h

1.5 – Dimensionamento do Sistema de Lodos Ativados Convencional**Vazão Média de Recirculação ($Q_{\text{mr}} = Q_{\text{m}} \times R$)**

Razão de recirculação (R)	1
$Q_{\text{mr}} =$	82,24 L/s
	296,05 m ³ /h
	7105,15 m ³ /d

DBO efl UASB (DBO _e)	105,00 mg/L
	0,11 kg/m ³
DQO efl UASB (DQO _e)	210,00 mg/L
	0,21 kg/m ³

Dados de Projeto

SSVTA = X_v	2500 mg/L
Eficiência esperada no L.atv.conv ($E_{L, \text{Ativados}}$)	95 %
Idade do lodo (Θ_c)	12 d
Coefficiente de Reação (r)	0,022 L/mg.d
Coefficiente de rendimento celular (Y)	0,50 gSSV/gDBO ₅
Coefficiente de decaimento endógeno (K _d)	0,06 dia ⁻¹
Relação A/M	0,35
Relação SSV/SS = X_v/X (G)	0,75
Coefficiente de produção de lodo (no tanque de aeração)	0,55 KgSS/KgDBO
Razão de recirculação R	1
Relação DBO/SST	0,6
SST efluente final, desejado	< 30 mg/L
DBO efluente final, desejado	< 25 mg/L

Cálculo da Carga Orgânica Remanescente do reator UASB

C.O. DQO	1492 Kg DQO/d
C.O. DBO _u	746 Kg DBO/d

1.5.1 – Cálculo das Dimensões do Tanque de Aeração**Volume do Tanque de Aeração (Vol Aer)**

$\text{Vol Aer} = \Theta_c \times Y \times Q_{\text{m}} \times (\text{DBO}_e \times E_{L, \text{Ativados}}) / (X_v \times (1 + K_d \times \Theta_c \times G))$	1105 m ³
--	---------------------

Altura Adotada (Alt t.a.) 5,5 m

Área do Tanque de Aeração (Ata)

Ata = Vol Aer / Alt t.a. 200,82 m²

Número de células (Nº cel) 2,00

Largura Adotada (Larg Adotada) 15,00 m

Comprimento do Tanque de Aeração (Lcalculado)

Lcalculado = (Ata / Nº de células) / Largura Adotada 6,69 m

Comp Adotado 7,00 m

Área adotada Total (A adotada tot)

A adotada tot = Compr Adotado x Larg Adotada 210,00 m²

Volume Adotado Total (Vol adot tot)

Vol adotado tot = A adotada x Alt t.a. 1155,0 m³

Dimensões de cada célula do Tanque de Aeração:

Nº de células	2,00	unid
Largura:	18,00	m
Altura útil :	5,50	m
Comprimento :	7,00	m

1.5.2 – Cálculo de Parâmetros

Tempo de Detenção Hidráulico (TDH)

TDH 3,90 horas

Cálculo da Relação A/M

A/M = Qm x DBOe / Xv x Vol adotado tot 0,26 kgDBO/KgSSV.d

Cálculo da concentração SSTA

SSTA = SSVTA/(SSV/SS) 3333,33 mg/L

1.5.3 – Cálculo de Produção e Remoção de Lodo Excedente

Coefficiente de produção de Lodo ajustado (Yosb,ajustado)

Yosb,ajustado = Y / (1+(Kd x Θc) 0,32

Produção de Lodo Esperada (Δx)

DBOpart = SSTefluente final x (DBO/ SST) 18 mg DBO/L

DBOsol = DBOefluente final - DBOpart 7 mg DBO/L

ΔX = Yosb,ajustado (DBOe - DBOsol) x Qm 222,66 kg SV/d

Produção de Lodo Gerado (ΔX_T)

$$\Delta X_T = \Delta X \times G \quad 296,87 \text{ kg SV/d}$$

Volume de lodo em excesso (V_Lexcesso)

Teor de sólidos no lodo em excesso (T _S excesso)	1 %
Densidade considerada no lodo em excesso (D _L excesso)	1,00
V _L excesso = $\Delta X_T / (T_{S\text{excesso}} \times D_{L\text{excesso}})$	29,69 m ³ /d

1.5.4 – Cálculo do Sistema de Aeração

1.5.4.1 – Cálculo dos Sopradores

Consumo de Oxigênio(O₂)

$$O_2 = 4 \times CO \text{ UASB} \quad 5968,33 \text{ kg/d}$$

Dados iniciais

Massa de específica de Ar (M _E específica Ar)	1,2 kg/m ³
Eficiência de trans O ₂	0,23
Teor de O ₂ no Ar	0,23 kg O ₂ / kg Ar

Massa de O₂ a introduzir (M_{O₂} a introduzir)

$$M_{O_2} \text{ a introduzir} = O_2 / \text{Eficiência de tran de } O_2 \quad 25949,2 \text{ kg } O_2/\text{d}$$

Massa de Ar a introduzir (M_{Ar} a introduzir)

$$\text{Massa de Ar a introduzir} = M_{O_2} \text{ a introduzir} / \text{Teor de } O_2 \text{ no Ar} \quad 112823 \text{ kgAr/d}$$

Vazão de Ar a introduzir (Q_{Ar})

$$\text{Vazão de Ar a introduzir} = M_{Ar} \text{ a introduzir} / M_{E\text{ específica Ar}}$$

94019 Nm ³ /d
3917,46 Nm ³ /h
65,29 Nm ³ /min

Massa de Ar (M_{Ar}) = Q_{Ar} x M_E específica do Ar

Constante do gas (R) =	8,31 kJ/k mol°K
--------------------------	-----------------

Temperatura absoluta de entrada (T _o) =	293 °K
---	--------

Eficiência do compressor (E) =	0,7
--------------------------------	-----

Pressão absoluta de entrada (P _e) =	1 atm
---	-------

Pressão absoluta de saída (P_s) – (Função da altura útil do tanque)	1,74 atm
--	-----------------

Potência (P) =	$P = \frac{M_{Ar} \cdot R \cdot T_o}{8,41 \cdot E} \left\{ \left(\frac{P_s}{P_e} \right)^{0,283} - 1 \right\}$	92,18 kW
		123,612 hP

Serão adotados 04 máquinas sopradores, com motor de 40hP cada, sendo uma reserva.

1.5.4.2 – Cálculo dos Difusores

Vazão de ar p/ cada difusor (BF Dias ~média) =	0,07 m ³ /min
Nº difusores = $Q_{ar} / \text{Vazão de ar p cada difusor}$	932,7 unid
Nº difusores Adotado =	960 unid

1.5.5 – Eficiência do Tanque de Aeração (Eficiência T.A.)

DBO afl (DBOeU)	105,00 mg/L
DBO Efl Aeração = $(1 + K_d \times \Theta_c) / (Y \times r \times \Theta_c)$	13,03 mg/L
Eficiência T.A. = $(\text{DBO afl} - \text{DBO Efl Aeração}) / \text{DBO afl}$	87,59 %

1.6 – Eficiência do Sistema

DBO	300 mg/L
DBO Efl Aeração	13,03 mg/L
Eficiência do Sistema	95,66 %

1.7 – Decantador Secundário

1.7.1 – Dimensão do Decantador

Área Mínima dos Decantadores (A_{min Dec})

Taxa de escoamento superficial máxima	28 m ³ /m ² .d
$A_{\text{min Dec}} = \text{Tx Esc} / Q_m$	253,76 m ²
Número de células (Nº cel)	2,00 unid
Diâmetro Adotado	13,00 m

Área total dos decantadores (A_{tot Dec})

$A_{\text{tot Dec}} = \text{Nº cel} \times \text{Larg Adotada} \times \text{Comprimento Adotado}$	265,33 m ²
---	-----------------------

Taxa de escoamento adotada	26,78 m ³ /m ² .d
----------------------------	---

Tempo de Detenção Hidráulico (TDH)

Volume mínimo = $Q_m \times \text{TDH}$	444,072 m ³
Altura mínima = $\text{Volume Mínimo} / A_{\text{tot Dec}}$	1,67 m ³

Altura Adotada	3,50 m
----------------	--------

Volume adotado total	928,66 m ³
Tempo de detenção do decantador	3,14 h

Dimensões de cada célula do Decatnador Secundário:

Nº de células	2,00	unid
---------------	------	------

Diâmetro:	13,00	m
Altura útil :	3,50	m

1.7.2 – Dimensão do Vertedor e do Canal de Saída

Comprimento do Vertedor (Lvertedor)

Taxa de escoamento no verterdor (Tx Esc verterdor)	290,00 m ³ /m.d
Lvertedor = (Qm / n° Cel) / Tx Esc Vertedor	12,25 m

Comprimento Vertedor adotado	40,82 m
------------------------------	---------

Área da Canal de Saída (Asaída)

Velocidade de escoamento adotado (Vel)	1,00 m/s
--	----------

Asaída = Qi / Vel	0,15 m ²
-------------------	---------------------

Altura adotada do canal (Alt canal)	0,40 m
-------------------------------------	--------

Largura = Asaída / Alt canal	0,37 m
-------------------------------------	--------

Largura do canal de saída adotado	0,40 m
-----------------------------------	--------

1.7.3 – Remoção de Escuma

Tx de Escuma Adotada (Tx Escuma)	2,5E-05
Vazão de Escuma (Qesc) = Tx Escuma x Qm	0,17763 m ³ /d
	0,0074 m ³ /h

1.8 – Cálculo da Bomba de Excesso de Lodo e de Escuma

Vazão de Bombeamento (Qb) = Qesc + Lxcesso	29,69 m ³ /h
Número de Bombas Adotadas (N° Bombas)	1 unid
Vazão da Bomba (Qbomba)	49,30 m ³ /h

Funcionamento Diário (Func Diário)

Func Diário = Qb / (n° bombas adotada x Qbomba)	14,46 h/dia
--	-------------

Considerando 6m.c.a. e a vazão de 49,3m³/d, de acordo com o fabricante ABS - Robusta 800 T, será utilizada uma bomba de 1,5kW.

1.9 - Desidratação do Lodo

1.9.1 - Lodo a ser Retirado no UASB

Lodo Retirado do UASB (L.D.)

L.D. = M + ΔX _T	1021,60 kg SST/d
----------------------------	------------------

Bomba para Lodo Digerido (L.D.)

Assumindo-se que o teor de sólidos no lodo retirado é de 3%

Teor de sólido do lodo Digerido	3,00 %
Equivalente Lodo Digerido	30,00 KgSS/m ³
Vazão da Bomba L.D. = L.D. / Equivalente Lodo Digerido	34,05 m ³ /d

1.9.2 - Massa de Lodo a ser Desidratada

Massa de Lodo a se Desidratada = L.D. 1021,60 kg/d

Tempo de operação 10,00 h

Massa de Lodo diário

Lodo diário= Vol Lodo x 24 / Tempo de operação 2451,84 kg

Teor de sólido do lodo 25,00 %

Volume de Lodo

Vol Lodo = Massa / (10x teor de sólidos do lodo) 9,81 m³/d

1.9.3 - Clarificado da Centrífuga

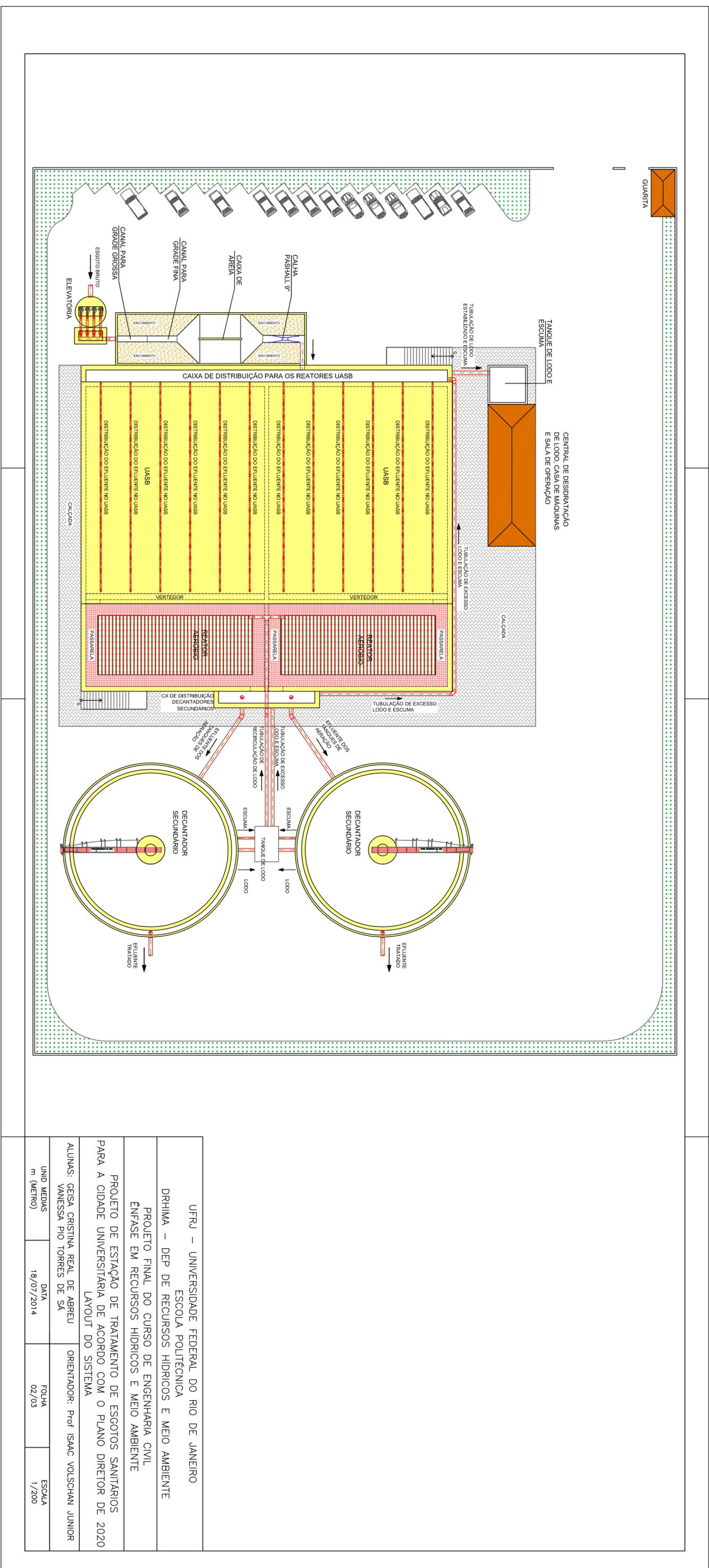
Vazão de L.D. = Vazão da Bomba L.D. 34,05 m³/d

Vazão de Clarificado (Qc) = Vazão de L.D. - Vol Lodo 24,25 m³/d

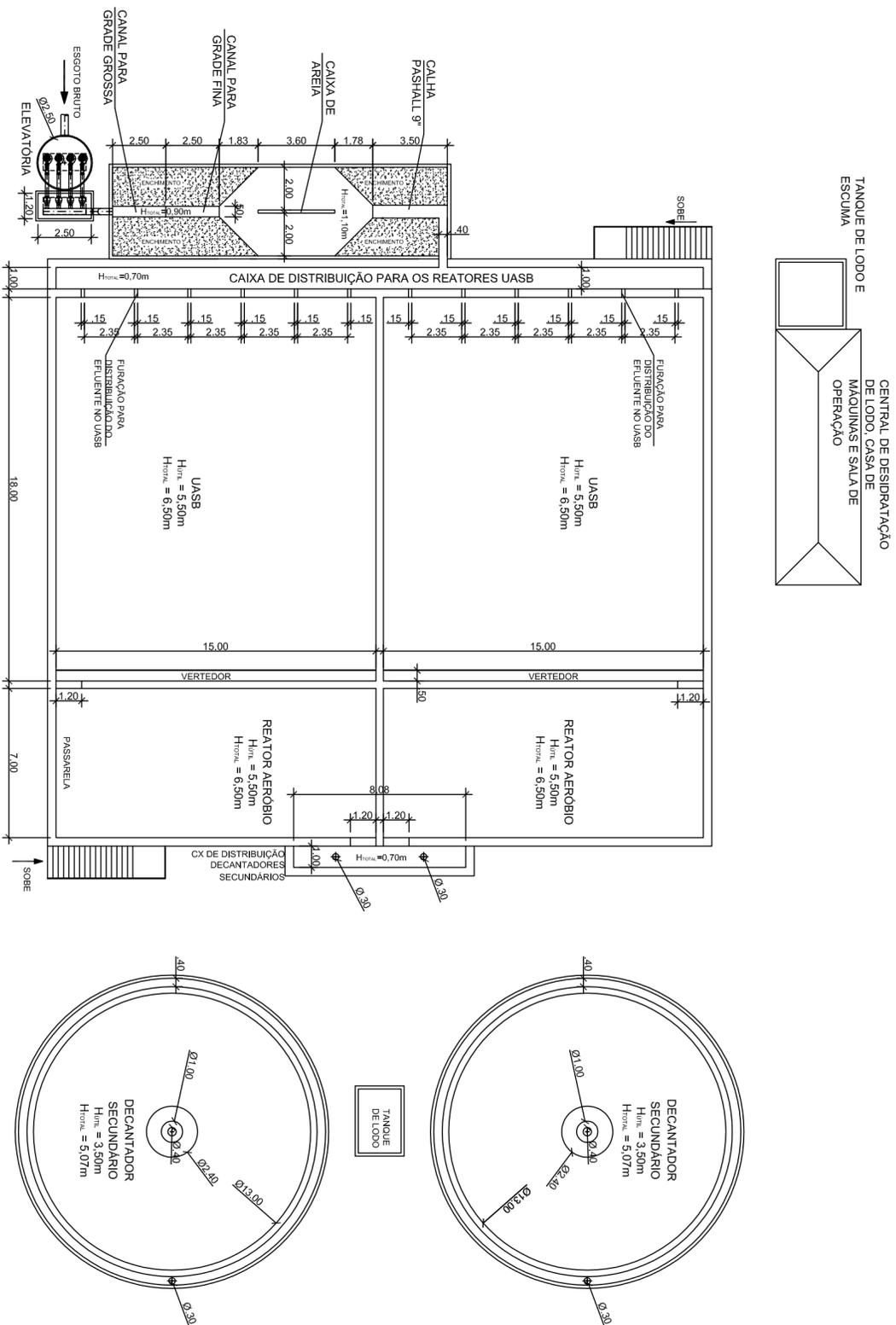
1,01 m³/h



UFRJ - UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO			
ESCOLA POLITECNICA			
DRHIMA - DEP DE RECURSOS HIDRICOS E MEIO AMBIENTE			
PROJETO FINAL DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL			
ENFASE EM RECURSOS HIDRICOS E MEIO AMBIENTE			
PROJETO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS SANITÁRIOS			
PARA A CIDADE UNIVERSITÁRIA DE ACORDO COM O PLANO DIRETOR DE 2020			
LOCALIZAÇÃO DA ETE			
ALUNAS: GEISA CRISTINA REAL DE ABREU		ORIENTADOR: Prof ISMAEL VOLSOCHAN JUNIOR	
VANESSA PIO TORRES DE SA			
UNID. USUÁRIOS m (METROS)	DATA	RUA	ESCALA
	18/07/2014	01/03	S/ESCALA



UFRJ – UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO ESCOLA POLITÉCNICA DRHIMA – DEP DE RECURSOS HÍDRICOS E MEIO AMBIENTE PROJETO FINAL DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL ÊNFASE EM RECURSOS HÍDRICOS E MEIO AMBIENTE			
PROJETO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS SANITÁRIOS PARA A CIDADE UNIVERSITÁRIA DE ACORDO COM O PLANO DIRETOR DE 2020 LAYOUT DO SISTEMA			
ALUNAS: GEISA CRISTINA REAL DE ABREU VANESSA PIO TORRES DE SA		ORIENTADOR: Prof ISAAC VOLSCHAN JUNIOR	
UNID MEDIAS m (METRO)	DATA 18/07/2014	FOLHA 02/03	ESCALA 1/200



UFRJ – UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO ESCOLA POLITÉCNICA DRHIMA – DEP DE RECURSOS HÍDRICOS E MEIO AMBIENTE PROJETO FINAL DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL ÊNFASE EM RECURSOS HÍDRICOS E MEIO AMBIENTE			
PROJETO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS SANITÁRIOS PARA A CIDADE UNIVERSITÁRIA DE ACORDO COM O PLANO DIRETOR DE 2020 PLANTA BAIXA (SEM EQUIPAMENTOS E TUBULAÇÃO)			
ALUNAS: GEISA CRISTINA REAL DE ABREU VANESSA PIO TORRES DE SÁ		ORIENTADOR: Prof ISAC VOISCHAN JUNIOR	
UNID. MEDIAS m (METRO)	DATA 18/07/2014	FOLHA 03/03	ESCALA 1/200