

HENRIQUE REISMANN

**CONCEPÇÃO E DIMENSIONAMENTO DE ESTAÇÃO DE
TRATAMENTO DE EFLUENTES LÍQUIDOS DE INDÚSTRIA DE
LEITE DE AVEIA E LEITE DE ARROZ**

Projeto de Formatura apresentado à
Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo, no âmbito do Curso de
Engenharia Civil

Orientador: Prof. Dr. Roque P. Piveli

São Paulo
2017

REISMANN, HENRIQUE
CONCEPÇÃO E DIMENSIONAMENTO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO
DE EFLUENTES LÍQUIDOS DE INDÚSTRIA DE LEITE DE AVEIA E LEITE DE
ARROZ / H. REISMANN -- São Paulo, 2017.

92 p.

Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São
Paulo. Departamento de Engenharia de Hidráulica e Ambiental.

1.INDÚSTRIA DE ALIMENTOS 2.TRATAMENTO DE ÁGUAS
RESIDUÁRIAS 3.ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS
4.CAPACIDADE PROCESSUAL [DIMENSIONAMENTO] 5.EFLUENTES
[CARACTERIZAÇÃO] I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica.
Departamento de Engenharia de Hidráulica e Ambiental II.t.

AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente aos meus pais e irmãos, por todo amor e apoio durante toda minha vida e principalmente durante a faculdade.

Ao Prof. Dr. Roque, que se dispôs a me orientar neste trabalho dando o suporte e atenção.

À Escola Politécnica de Engenharia da USP, a seus professores e funcionários pela contribuição no meu desenvolvimento intelectual, profissional e pessoal.

Ao ENG. Mauro Chamma pelo pronto apoio e suporte sempre que necessário.

Aos meus amigos e a D'us.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	Objetivos	4
2.1	Objetivos Gerais.....	4
2.2	Objetivos Específicos	4
3	Justificativa e Metodologia	5
4	Revisão Bibliográfica.....	9
4.1	Processo Biológico Aeróbio	9
4.1.1	Lodos Ativados	9
4.1.2	Lagoas Aeradas.....	11
4.1.3	Filtros Percoladores.....	12
4.1.4	Processo Anaeróbio	12
4.1.5	Processos Alternativos	14
4.2	Desenvolvimento.....	17
4.2.1	Produção de Leite de Aveia e Arroz e Origem do Efluente	17
4.2.2	Corpo Receptor	19
4.2.3	Legislação Específica	25
4.2.4	Licenciamento.....	25
4.2.5	Caracterização de Efluente	29
4.2.6	Tanque de Equalização	33
4.2.7	Dosagem de Macronutrientes.....	36
4.2.8	Alternativa de Tratamento 1 – UASB + Físico Químico	37
4.2.9	Alternativa de Tratamento 2 –Lagoa Aerada e Lagoa de Decantação ..	49
4.2.10	Alternativa de Tratamento 3 –Aeração Prolongada.....	54
5	Estimativa de Custos.....	61
5.1	Custos Civil UASB.....	64
5.2	Custos Civil Lagoa	66
5.3	Custos Civil Aeração Prolongada.....	67
5.4	Custos Finais	69
6	Estudo Das Alternativas	70
6.1	UASB + FQ	70
6.2	Lagoas	71
6.3	Aeração Prolongada.....	71
7	Conclusões e Recomendações.....	71
8	Revisão Bibliográfica.....	72

RESUMO

Esse trabalho pretende analisar efluentes de futura indústria produtora de alimentos e bebidas a base de aveia e arroz. Além de analisar e caracterizar esse efluente, serão analisadas condições de emissão e lançamento, e ao final, serão dimensionadas soluções de tratamento para enquadramento em legislações federais e estaduais.

Palavras-Chave: saneamento; tratamento de efluentes industriais, caracterização de efluentes, indústria de leite de aveia e leite de arroz, efluente indústria alimentícia, lançamento de efluentes, emissão de efluentes, indústria de alimentos,

ABSTRACT

It is scope of this technical report to analyze effluent from future (non-existing) oats and rice food and beverage processing industry. In addition to analyzing and characterizing the effluent, disposing and compliance requirements will be determined. Finally, a Wastewater Treatment Plant will be designed in accordance to municipal and federal legislation.

Key- Words: industrial wastewater treatment plant; effluent characterization

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – <i>Lagoa Aerada em funcionamento</i>	11
Figura 2 – Corte Esquemático de Reator UASB.	13
Figura 3 – <i>Sistema MBR</i>	15
Figura 4 – Seções típicas de Wetlands Superficial e Subsuperficial.	16
Figura 5 – Fluxograma de Produção Industrial de Leite de Aveia e Leite de Arroz. ...	18
Figura 6 – Tubulação de Afastamento de Esgoto Tratado saindo de Indústria até o Ponto de Lançamento.	20
Figura 7 – Trecho de 14 km percorrido entre Ponto de Lançamento e Ponto de Monitoramento de Águas.	21
Figura 8 – Relatório de IQA para o ponto ATIB02010.....	22
Figura 9- Área de drenagem da Bacia do Rio Atibainha	24
Figura 10- Área de drenagem da Bacia do Rio Cachoeira.....	25
Figura 11 – <i>Área do empreendimento</i>	27
<i>Figura 12 – Gráfico de Vazões acumuladas</i>	34
Figura 13 - Planta Tanque de Equalização	35
Figura 14 – Corte Longitudinal Tanque Equalização.....	36
Figura 15 - Planta UASB	39
Figura 16 - Corte UASB	40
Figura 17 - Planta Floculador	41
Figura 18 - Corte Floculador.....	41
Figura 19 - Lamelas	42
Figura 20 - Dimensões Lamelas.....	43
Figura 21 - Poço Decantador	43
Figura 22 - Esquema de diferentes zonas em decantador	44
Figura 23 - Planta Decantador Lamelar	45
Figura 24 - Corte Decantador Lamelar.....	45
Figura 25 - Planta de Leito de Secagem.....	47
Figura 26 - Corte Longitudinal Leito de Secagem	47
Figura 27 - Corte Transversal Leito de Secagem.....	47
Figura 28 - Corte Longitudinal Leito de Secagem	47
Figura 29 - Arranjo UASB e Físico Químico.....	48
Figura 30 - Perfil Hidráulico UASB + FQ	48
Figura 31 - Perfil Hidráulico Lodo UASB + FQ	48
Figura 32 - Planta Lagoa Aerada	50
Figura 33 - Corte Longitudinal Lagoa Aerada.....	51
Figura 34 - Corte Transversal Lagoa Aerada	51
Figura 35 - Decantador em Planta	52
Figura 36 - Cortes Longitudinais Decantador.....	53
Figura 37 - Decantador Corte Transversal	53
Figura 38 - Arranjo Hidráulico de Lagoas.....	54
Figura 39 - Perfil Hidráulico Lagoas	54
Figura 40 - Planta Reator	56
Figura 41 - Corte Longitudinal Reator	57
Figura 42 - Corte Transversal Reator	58
Figura 43 - Planta Decantador Dortmund.....	59
Figura 44 - Corte Transversal Decantador Dortmund	60
Figura 45 - Arranjo Hidráulico Aeração Prolongada	61

Figura 46 - Perfil Hidráulico Aeração Prolongada61

LISTA DE TABELAS

- Mercado de Bebidas à base de vegetais (<i>em milhões de litros</i>)	1
- Players de Leite de Cereais disponíveis em supermercados Brasileiros.	3
- Principais parâmetros de análise em efluentes líquidos (Jordão e Pessoa, 1996)...	7
- Análises do Rio Atibaia ao longo de 2016	23
- <i>Quadro Síntese de Caracterização</i>	29
- <i>Concentrações de Efluentes gerados em cervejarias por processo produtivo</i>	32
- Características esperadas do efluente	33
- Distribuição Horária das Vazões	33
- Referência Custos Genéricos	62
- Tabela com Porcentagem Corrigida.....	62
- Projeções de Fração de Custo	62
- Tabela Base de Preços de Construção Civil	63
- CAPEX UASB	65
- CAPEX Lagoas	66
- CAPEX Aeração Prolongada	68
- Estimativas Otimistas e Pessimistas de CAPEX.....	69

1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho técnico refere-se à implantação do sistema de tratamento de águas residuais de uma futura planta de extração, beneficiamento e produção de leite de arroz e leite de aveia, provenientes de empreendimento familiar. O processo industrial em questão é inovador e único no Brasil, de forma que não existem estudos ou dados para comparar ou serem tomados como base. Todas considerações desse projeto estão baseadas em dados experimentais em escala de laboratório ou de indústrias similares como a do leite de soja, do leite de vaca, de extração de malte e mosto para a produção de cervejas ou destilarias.

O empreendimento consiste de uma fábrica produtora de leites de aveia e de arroz com produção inicial diária de 10.000L de produto. A unidade fabril será projetada para produzir tanto o leite de aveia quanto o leite de arroz em uma única linha de produção, com escalação de produto. Dessa forma, a produção de efluentes deve ter sua caracterização alterada em função do produto processado (aveia ou arroz). A indústria é reduzida e compacta, projetada para 20 funcionários por dia.

Estima-se que, somente em 2013, mais de 1.000 novos produtos alternativos à base de vegetais foram lançados no mercado. Bebidas inovadoras feitas de nozes, sementes e grãos, nunca tiveram uma demanda tão grande. As razões do crescimento desse segmento são muitas e variadas. A intolerância à lactose é um dos fatores. Além disso, cresce o número de consumidores preocupados com uma alimentação saudável e que prestam mais atenção no que consomem. A análise dos ingredientes dos produtos tem importância similar a sua procedência, cultivo e processamento. Os produtos alternativos à base de vegetais são naturalmente livres de lactose e, no geral, com níveis de colesterol e gordura mais baixos que os do leite. Ao mesmo tempo, costumam oferecer conteúdo proteico, vitamínico e mineral similar. Do ponto de vista da saúde, os produtos alternativos à base de vegetais sempre são de digestão mais fácil que os produtos lácteos comuns. A tendência mundial de crescimento deste mercado é constatada na Tabela 1, a seguir, na qual se observa a franca evidência de expansão de um mercado de leites vegetais.

Tabela 1 - Mercado de Bebidas à base de vegetais (em milhões de litros).

	2009	2013	2019
America do Norte	336,2	434.4	584.9
America do Sul	120	134.3	164.4
Asia Pacifico	2.886	5.010,5	8.797
Europa	426.3	465.6	506.3
Oriente Médio/África	14.4	34	69.5
Total	3.782,9	6.078,8	10.122,1

Segundo Matthias Krusche, gerente Global de Segmento de Mercado da SIG Combibloc: "Mais consumidores estão tendo reações alérgicas a determinados alimentos e, portanto, estão prestando mais atenção no que comem. Mais de um terço de todos os consumidores evita hoje determinados produtos em razão de problemas alérgicos ou de intolerância. Bebida à base de amêndoa vem apresentando um crescimento muito dinâmico. E as bebidas à base de coco, arroz e aveia também são hoje muito apreciadas pelos consumidores. Até poucos anos atrás, a maior parte dos lançamentos no mercado de produtos alternativos à base de vegetais aparecia nas prateleiras dos supermercados na Ásia, mas agora isso vem aumentando bastante nos EUA, Brasil, África do Sul e países europeus como o Reino Unido, Bélgica e Espanha. Estudos realizados por vários institutos de pesquisa de mercado sugerem que, até 2018, o crescimento mundial do mercado de produtos alternativos à base de vegetais deverá superar 15% ao ano".

As bebidas alternativas feitas a partir de grãos ou sementes como arroz, aveia, cânhamo ou quina são parecidas com o leite de vaca, contudo são mais pobres em proteínas e mais ricas em carboidratos e fibras. As bebidas feitas a partir de grãos e sementes não contêm lactose e apresentam baixos teores de gordura.

As bebidas à base de arroz são bem-sucedidas por sua cremosidade. Elas possuem os maiores teores de açúcar entre as alternativas à base de vegetais. Em sua fabricação, o arroz é moído, fervido em água e amassado. Após peneirado e filtrado, adiciona-se cártamo ou girassol, que emulsionam a filtragem e refinam o sabor. O arroz é praticamente livre de gordura e o conteúdo proteico das bebidas à base de arroz é de 0,1 grama por 100ml, baixo se comparado a outras alternativas à base de vegetais.

Na fabricação das bebidas à base de aveia, que estão caindo no gosto dos consumidores, a aveia descascada é triturada e cozida em água. O líquido é fermentado por várias horas e então peneirado e filtrado. Também neste caso a filtragem é emulsionada com girassol ou óleo de colza, para adquirir a cor branca característica. Uma bebida à base de aveia oferece cerca de 1% de proteína por 100ml e uma quantidade equivalente de betaglucano, substância que ajuda a reduzir o nível de colesterol no organismo, diferenciando-se do leite bovino que não contém betaglucano.

Leites vegetais são ainda uma pequena categoria no Brasil. De acordo com dados da Euromonitor International, as vendas de bebidas vegetais (excluindo leite de soja) somaram 1,3 milhões de litros em 2015. No entanto, em 2016, estima-se que a categoria cresceu 62,5% em volume, sendo os maiores players o Pão de Açúcar com as marcas Isolabio e Taeq, e a Nestle com a marca Nesfit. É no âmbito desse cenário com perspectivas de acelerado crescimento que surge a oportunidade para uma indústria nacional de produção de leite de aveia e leite de arroz.

Existe atualmente no Brasil, uma grande indústria focada no leite de soja e um mercado ainda tímido de leites alternativos. Existem somente 2 marcas nacionais produtoras de leite de aveia e arroz, sendo que os outros 7 nomes que comercializam leite de aveia ou arroz são importados e, conseqüentemente, de preços exorbitantes. O mercado de leite de cereais é atualmente composto pelos seguintes players, **Tabela 2.**

Tabela 2- Players de Leite de Cereais disponíveis em supermercados Brasileiros.

Marca	Bebidas					
Ades	Soja	-	-	-	-	-
Alpro	Soja	Amêndoa	Coco	Arroz	Aveia	Avelã
Amandin	Arroz	-	-	-	-	-
A Tal da Castanha	Castanha de Caju	-	-	-	-	-
Batavo	Soja	-	-	-	-	-
DuCoco	Coco	-	-	-	-	-
Finestra Sul Cielo	Arroz	Aveia	Quinoa	-	-	-
Isolabio	Aveia	Arroz	Amêndoa	-	-	-
Jasmine	Aveia	Arroz	-	-	-	-
Leatt	Amêndoa	-	-	-	-	-
Líder	Soja	-	-	-	-	-
Mupy	Soja	-	-	-	-	-
Native	Soja	-	-	-	-	-
Nestle	Soja	Arroz	Aveia	-	-	-
Olvebra	Soja	-	-	-	-	-
Pilões Agro	Soja	-	-	-	-	-
Pamalani	Amêndoa	-	-	-	-	-
Purity	Soja	-	-	-	-	-
Quinoa Real	Quinoa	-	-	-	-	-
Risovita	Arroz	-	-	-	-	-
Sanavita	Arroz	-	-	-	-	-
Scotti	Arroz	-	-	-	-	-
Shefa Taeq	Soja	-	-	-	-	-
Yoki	Soja	-	-	-	-	-
Zuuz	Castanha do Para	Castanha de Caju	Amêndoa	-	-	-

É nessa conjuntura de boa perspectiva de mercado que a futura indústria de leites de aveia e arroz será concebida. Junto com a indústria surge a necessidade de tratamento de seus efluentes líquidos prévios ao lançamento em corpo hídrico.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivos Gerais

O objetivo central desse trabalho é propor dimensionamento de estação de tratamento de efluentes para subprodutos líquidos de indústria sustentável de beneficiamento de arroz e aveia.

2.2 Objetivos Específicos

- Analisar o empreendimento de modo a inferir consequências em características de efluentes e procurar por oportunidades de iniciativas ecoeficientes.
- Estimar Caracterização do Efluente Industrial.
- Estudar alternativas de tratamento em função das características do corpo receptor e legislação vigente
- Detalhar os Sistemas de Tratamento de Efluente Industriais escolhido como melhor alternativa
- Fazer estimativa de CAPEX (Custo inicial de implantação) da planta de tratamento de efluentes)
- Preencher formulários da CETESB para licenciamento ambiental do empreendimento.

3 JUSTIFICATIVA E METODOLOGIA

Os esgotos industriais são os “despejos líquidos provenientes do estabelecimento industrial, compreendendo efluentes de processo industrial, águas de refrigeração poluídas, águas pluviais poluídas e esgoto doméstico” (ABNT, NBR 9800, 1987).

Segundo o código CONAMA, resolução nº 357 de 2005, os efluentes industriais devem ser tratados. A implantação de uma estação de tratamento de esgotos tem por objetivo a remoção dos principais poluentes presentes nas águas residuárias, retornando-as ao corpo receptor ou lançando na rede de esgotos preferivelmente sem impactar significativamente sua qualidade ou então melhorando-a.

O processo de tratamento de esgotos remove substâncias indesejáveis ou então as transforma em outras formas aceitáveis a fim de manter a sustentabilidade do ecossistema. Desta forma, padrões e limites de descarte de efluentes estão adjuntas a fragilidade do ecossistema no qual ocorrerá o descarte. A exemplo disso, um corpo hídrico de menor vazão terá menor capacidade para assimilar poluentes, acarretando na necessidade de padrões mais rígidos de lançamento.

Dentre os possíveis processos e impactos que devem ser devidamente endereçados, destacam-se a necessidade de remoção da carga orgânica expressa principalmente por parâmetros Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO). Organismos biológicos, se utilizam de matéria orgânica e do oxigênio para geração de energia e reprodução de sua biomassa. Ao utilizar o oxigênio para sua reprodução, os microrganismos decompositores de matéria orgânica competem diretamente com outros seres que dependem do oxigênio, como peixes, fauna bentônica entre outros. A carga orgânica em águas residuárias tem origem em proteínas (grandes complexos moleculares compostos de aminoácidos), carboidratos (compostos polihidroxilados tais como açúcar, celulose e amidos) e lipídios (substâncias orgânicas à base de óleos, graxas e gorduras).

Existem várias tecnologias disponíveis para a diminuição da carga orgânica lançada em corpos hídricos e uma das mais empregadas são os tratamentos biológicos. De acordo com Souza apud. Sperling (1996) o tratamento biológico ocorre totalmente por mecanismos biológicos, reproduzindo, de certa forma, os processos naturais que incidem em um corpo d'água, onde a matéria orgânica é convertida por mecanismos naturais em produtos mineralizados inertes, caracterizando assim o chamado fenômeno da autodepuração. Para tratamento de efluentes, em paralelo a ocorrência dos fenômenos básicos, há a introdução de tecnologias com o objetivo de fazer com que o processo de depuração se desenvolva em condições controladas e em taxas mais elevadas.

Além da necessidade de se tratar DBO e DQO, deve-se estudar a presença de componentes tóxicos, PH, temperatura e organismos patogênicos, que possam interferir no ecossistema a jusante do ponto de descarte. Adicionalmente, o efluente deve ter concentração limitada de nutrientes como fósforo e nitrogênio, a fim de não potencializar o fenômeno de eutrofização.

Nutrientes como nitrogênio e fósforo, quando adicionados ao ambiente aquático através de atividades humanas, podem causar desequilíbrio na proliferação de biomassa no ambiente, desencadeando o processo de eutrofização artificial. Essa eutrofização causa o aumento da floração de algas, cianobactérias e macrófitas aquáticas que podem causar vários prejuízos, alguns deles são: obstrução do fluxo de embarcações; alteração na diversidade das comunidades algais presentes no meio, podendo ocorrer maior desenvolvimento de espécies potencialmente tóxicas; diminuição de teores de oxigênio dissolvido próximas a região bentônica, tendo como consequência a diminuição da diversidade biológica. Além da eutrofização, excesso de nitrogênio tem outras consequências. Sodré (2007, p. 28) diz também que o nitrogênio amoniacal “é a forma mais reduzida do nitrogênio e é o primeiro composto produzido na degradação da matéria orgânica”. Acrescenta também que “a amônia é um tóxico bastante restritivo à vida dos peixes, sendo que muitas espécies não suportam concentrações acima de 5mgL^{-1} ”.

Todas estas alterações impactam na qualidade da água para abastecimento por implicar em aumento no custo do tratamento da água, além de causar risco à saúde pública, além de potencializado desequilíbrio do ecossistema. Consequentemente, a remoção de nutrientes através de técnicas adequadas de tratamento de efluentes se faz necessária para minimizar tais implicações. (Braga et al., 2005; Karageorgiuet al., 2007).

Além de DBO e macronutrientes, outros parâmetros devem ser controlados. A **Tabela 3**, a seguir, resume os principais parâmetros de análise de qualidade da água que devem ser constantemente monitorados:

Tabela 3 – Principais parâmetros de análise em efluentes líquidos (Jordão e Pessoa, 1996)

1	Matérias orgânicas solúveis: causam a depleção do oxigênio contido nos rios e estuários. O despejo deve estar na proporção da capacidade de assimilação do curso d'água em relação a um efluente normal.
2	Matérias orgânicas solúveis produzindo gostos e odores às fontes de abastecimento de água.
3	Matérias tóxicas e íons de metais pesados. Ex. cianetos, Cu, Zn, Hg, etc., geralmente o despejo desses materiais é sujeito a uma regulamentação estadual e federal; apresentam problemas de toxidez e de transferência através da cadeia alimentar.
4	Cor e turbidez, indesejáveis do ponto de vista estético. Turbidez indica também presença de colóides
5	Elementos nutritivos (nitrogênio e fósforo) aumentam a eutrofização dos lagos e dos pântanos. Inaceitáveis nas áreas de lazer e recreação.
6	Materiais refratários: Ex. ABS. Formam espumas nos rios; não são removidos nos tratamentos convencionais.
7	Óleo e matérias flutuantes: os regulamentos exigem geralmente sua completa eliminação – indesejáveis esteticamente; interferem com a decomposição biológica.
8	Ácidos e álcalis: neutralização exigida pela maioria dos regulamentos; interferem com a decomposição biológica e com a vida aquática.
9	Substâncias que produzem odores na atmosfera: principalmente com a produção de sulfetos e gás sulfídrico.
10	Matérias em suspensão: formam bancos de lama nos rios e nas canalizações de esgotos
11	Temperatura: poluição térmica conduzindo ao esgotamento do oxigênio dissolvido (abaixamento do valor de saturação).

Em se tratando de tratamento propriamente dito, tradicionalmente, se divide o processo de tratamento de águas residuárias em tratamento preliminar, tratamento primário, tratamento secundário, tratamento terciário, e sistema de desinfecção.

- Preliminar - remoção de grandes sólidos e areia para proteger as demais unidades de tratamento, os dispositivos de transporte (bombas e tubulações) e os corpos receptores. A remoção da areia previne, ainda, a ocorrência de abrasão nos equipamentos e tubulações e facilita o transporte dos líquidos. É feita com o uso de grades que impedem a passagem de trapos, papéis, pedaços de madeira, etc.; caixas de areia, para retenção deste material; e tanques de flutuação para retirada de óleos e graxas em casos de esgoto industrial com alto teor destas substâncias. Em indústrias, o tratamento preliminar pode englobar também uma etapa de resfriamento do afluente.
- Primário - os esgotos ainda contêm sólidos em suspensão não grosseiros cuja remoção pode ser feita em unidades de sedimentação, reduzindo a matéria orgânica contida no efluente. Os sólidos sedimentáveis e flutuantes são retirados através de mecanismos físicos, via decantadores. Os esgotos fluem vagarosamente pelos decantadores, permitindo que os sólidos em suspensão de maior densidade sedimentem gradualmente no fundo, formando o lodo primário bruto. Os materiais flutuantes como graxas e óleos, de menor densidade, são removidos na superfície. Certas configurações de sistemas de tratamento dispensam essa etapa de tratamento primário.

- Secundário - processa, principalmente, a remoção de sólidos e de matéria orgânica não sedimentável e, com alguma eficiência, nutrientes como nitrogênio e fósforo. Após as fases primária e secundária a eliminação de DBO deve alcançar 90%. É a etapa de remoção biológica dos poluentes e sua eficiência permite produzir efluentes em conformidade com a grande maioria de padrões de lançamento previsto na legislação ambiental. Basicamente, são reproduzidos os fenômenos naturais de estabilização da matéria orgânica que ocorrem no corpo receptor, sendo que a diferença está na maior velocidade do processo, na necessidade de utilização de uma área menor e na evolução do tratamento em condições controladas.
- Terciário - remoção de poluentes tóxicos ou não biodegradáveis como micronutrientes e patogênicos ou então redução adicional de poluentes não degradados na fase secundária, como nitrogênio, fósforo dentre outros, via processos químicos, por radiação ultravioleta, entre outros.
- Desinfecção - grande parte dos microrganismos patogênicos foi eliminada nas etapas anteriores, mas não a sua totalidade. A desinfecção total pode ser feita pelo processo natural - lagoa de maturação, por exemplo - ou artificial - via cloração, ozonização ou radiação ultravioleta. A lagoa de maturação demanda grandes áreas pois necessita pouca profundidade para permitir a penetração da radiação solar ultravioleta. Entre os processos artificiais, a cloração é o de menor custo mas pode gerar subprodutos tóxicos, como organoclorados. A ozonização é muito dispendiosa e a radiação ultravioleta não se aplica a qualquer situação.

Dado a importância do tema, propriamente justificada nos parágrafos antecedentes, justifica-se a importância de tratamento desse efluente e, por consequência, a *raison d'être* desse relatório.

A metodologia adotada consiste em pesquisar referências bibliográficas de diferentes soluções de tratamento, caracterizar o efluente baseado em experiências similares de outras indústrias, escolher 3 diferentes tecnologias de tratamento, dadas as condições de lançamento, dimensionar as 3 e selecionar uma delas.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O tratamento biológico pode ser subdividido em dois grandes grupos, processos aeróbios e anaeróbios. Os aeróbios podem ser divididos em processos de suspensão de massa líquida ou de biomassa aderida.

No caso dos reatores aeróbios, o próprio sistema de aeração mantém os sólidos biológicos em suspensão. Nos reatores de biomassa aderida, há introdução de material de enchimento inerte como areia, pedras ou plástico, que podem se manter fixos ou móveis no reator, garantindo a aderência da biomassa que cresce sob a forma de biofilme aderido ao meio inerte.

4.1 Processo Biológico Aeróbio

Processo aeróbio convencional mais difundido para remoção de DBO, amônia e parcela do fósforo. A reação bioquímica ocorre devido a utilização, pela biomassa presente no reator, do substrato presente no esgoto bruto, para seu desenvolvimento. No processo, microrganismos removem matéria orgânica em meio oxigenado, principalmente por processos anabólicos. FORESTI et. al. (1999, p. 32) define dois mecanismos de utilização do material orgânico: anabolismo, onde ele é fonte da síntese de material celular, e catabolismo, no qual o material orgânico é convertido em produtos estáveis, liberando energia, parte da qual é utilizada no anabolismo pelas bactérias. De acordo com VAN HAANDEL e ALEM SOBRINHO (2006) no processo aeróbio a proporção entre anabolismo e catabolismo está na faixa de 2:1. Os processos biológicos aeróbios mais difundidos são os lodos ativados e lagoas aeradas.

4.1.1 Lodos Ativados

Um sistema de lodos ativados é um reator biológico aerado com retenção de biomassa. O processo como um todo converte a matéria orgânica em gás carbônico, água e células novas. O lodo é então separado do efluente no tanque de decantação. A retenção de biomassa é feita recirculando o lodo sedimentado nos decantadores posicionados à jusante do reator biológico. O sistema é composto por 3 unidades principais, a saber:

Tanque de Aeração – reator biológico em que ocorre oxidação de matéria orgânica. Essa matéria orgânica pode ser incorporada na biomassa ou então é convertida a gás carbônico. Nessa biomassa, estão diferentes grupos de microrganismos presos em uma trama polimérica. O floco do lodo ativado é geralmente de carga negativa e para se estabilizar, é importante a presença de cátions multivalentes. Destaca-se o Cátion Ca^{2+} por exercer função primordial na ligação entre redes poliméricas e bactérias. Bactérias filamentosas também são importante. Em excesso, causam a mal sedimentação do lodo, em falta, causam mal sedimentação e afetam a compactação e desagua do lodo.

Tanque de Decantação – decantador responsável por separar clarificado de biomassa formada. É nessa etapa que ocorre remoção da matéria orgânica.

Retorno de Lodos – responsável pelo aumento de concentração e tempo de retenção de biomassa.

Em geral, para cada quilo de DBO removido, é produzido 0,5kg de SSV. A mistura completa dentro do tanque de aeração é provocada pelo bombeamento de ar. Lodos ativados é o processo convencional mais utilizado no mundo para tratamento de efluentes industriais. Uma de suas grandes vantagens é não ter cheiro. Santos (2005, p. 42 e 43) acrescenta que “quando a relação alimento para microrganismos apresenta níveis em que a taxa de crescimento dos mesmos é limitada pela disponibilidade desse alimento (na fase de crescimento, a taxa é decrescente), parte deles começa a morrer e os flocos começam a ser formados”.

O resultado da interação entre microrganismos e matéria orgânica nos tanques de aeração é a formação de flocos. Flocos são aglomerados de massa orgânica que, diferente da massa orgânica dissolvida, podem sedimentar e serem removidos do líquido. Para a ocorrência de flocos de boa sedimentabilidade, é desejável ocorrência de algumas condições físicas. O PH desejável é o neutro e fora da faixa neutra, o número de grupos de microrganismos que se desenvolvem é menor, dando maior oportunidade para desequilíbrios e predominância de microrganismos maus formadores de flocos. A presença dos principais nutrientes, sobretudo compostos de nitrogênio e fósforo, deve ser bem administrada de forma a disponibilizar nutrientes em quantidade suficiente para as reações microbiológicas. O efeito da deficiência do meio nos principais nutrientes é no sentido de proporcionar a prevalência indesejável de certos grupos de microrganismos. O oxigênio deve ser adicionado em quantidade suficiente para garantir o processo metabólico dos microrganismos que se desenvolvem no tanque reator e manter segurança contra a ocorrência de anaerobiose. Estes, podem também ser influenciados negativamente pela presença de substâncias tóxicas ou potencialmente inibidoras. Problemas em tratamentos biológicos foram responsabilizados pela presença em quantidade excessiva de compostos fenólicos ou de óleos e graxas, por exemplo.

Além de condições físicas, alguns parâmetros operacionais são importantes, tais como a relação alimento/microrganismos e o tempo médio de residência celular. Uma boa floculação é necessária para que se tenha recuperação de sólidos elevada no decantador secundário e um efluente final com baixa concentração de sólidos em suspensão.

O excesso de lodo biológico descartado continuamente do sistema deverá ou não sofrer digestão bioquímica complementar, dependendo das condições operacionais. Quando se mantêm maiores tempos de residência celular, o excesso de lodo resultante é melhor digerido. Esta característica é uma das principais que difere a variante com aeração prolongada dos processos convencionais.

Segundo PROSAB, Programa de Pesquisa em Saneamento Básico (Chernicharo, 2000) A operação de lodos ativados convencional, operando para redução da DBO sem que seja esperada a nitrificação dos esgotos, gera efluentes tratados que apresentam DBO5 e SS (sólidos em suspensão) inferiores a 30 mg/L e concentração

de nitrogênio amoniacal (Namon) superior a 15 mg/L. O excesso de lodo produzido é da ordem de 35 a 40 g/Hab.dia, sendo estabilizado. Lodos ativados operando com nitrificação, gera efluentes tratados que apresentam DBO5 e SS (sólidos em suspensão). Os esgotos tratados apresentam DBO5 inferior a 20 mg/L, SS (sólidos em suspensão) inferior a 40 mg/L e concentração de nitrogênio amoniacal (Namon) inferior à 5 mg/L.

4.1.2 Lagoas Aeradas

Consistem de um sistema composto por reator biológico aerado com crescimento em suspensão de massa líquida, sem retenção de biomassa. Dessa forma, o tempo de detenção hidráulica do efluente é equivalente ao tempo médio de residência celular. Similar ao sistema de lodos ativados, ocorre floculação biológica como resultado da interação entre microorganismos e matéria orgânica, porém sem sistema de recirculação de lodo. Segundo PROSAB, Programa de Pesquisa em Saneamento Básico (Chernicharo, 2000). Os esgotos tratados apresentam DBO5 inferior a 30 mg/L e SS (sólidos em suspensão) inferior a 40 mg/L e concentração de nitrogênio amoniacal (Namon) superior à 25 mg/L.

O sistema de aeração pode ser constituído de aeradores superficiais de alta rotação flutuantes ou de ar soprado e difuso distribuído ao longo do fundo das unidades. Não havendo reciclagem de lodo, a concentração de sólidos em suspensão é bem menor do que a dos processos de lodos ativados, o que faz com que as lagoas aeradas sejam proporcionalmente bem maiores que os tanques de aeração dos sistemas de lodos ativados, uma vez que a idade do lodo é praticamente igual ao tempo de detenção hidráulico. A seguir, tem-se Figura 1 de lagoa aerada existente em funcionamento.



Figura 1 – Lagoa Aerada em funcionamento

4.1.3 Filtros Percoladores

Consiste de um meio suporte, normalmente areia, brita ou plástico. Microrganismos aderem à superfície do meio suporte. Uma condição aeróbia é mantida com sopradores de ar. Assim que o biofilme crescer e ficar grosso e pesado, este se solta do meio suporte. Sua função primordial é remoção de matéria orgânica e DBO, no entanto, também nitrifica a amônia a nitritos e nitratos. A reação de nitrificação só começa após a oxidação da matéria orgânica, porque as bactérias nitrificantes levam mais tempo para se desenvolverem e as heterotróficas instalam-se primeiro nos biofilmes. O meio suporte tem 2 funções, a de assentar microrganismos e a de meio filtrante para reter poluentes para posteriormente serem degradados pelas bactérias. A seleção do meio filtrante depende dos seguintes fatores: índice de vazios, área específica superficial definidas pela razão entre a área superficial por unidade de massa do meio, peso do meio que quanto mais leve mais fácil seu manuseio, tipo de fluxo se contínuo ou intermitente, preço do meio suporte.

Segundo PROSAB, Programa de Pesquisa em Saneamento Básico (Chernicharo, 2000) Os esgotos tratados apresentam DBO5 e SS (sólidos em suspensão) inferiores a 30 mg/L e concentração de nitrogênio amoniacal (Namon) superiores à 15 mg/L.

4.1.4 Processo Anaeróbio

O sistema, conhecido por processo anaeróbio de estabilização por contato, tem eficiências típicas na remoção de DBO superiores à 80%, conforme resultados obtidos no tratamento de efluentes de indústrias alimentícias nos Estados Unidos. A concepção desse reator foi de implantar o sistema de “lodos ativados anaeróbio”, acoplando-se o decantador ao reator anaeróbio que recebe lodo retornado a partir do fundo do decantador. A flutuação de lodo nos decantadores, porém, devido ao aprisionamento das bolhas de gases resultantes da digestão anaeróbia, originou a necessidade de instalação de desgaseificador entre o reator anaeróbio e o decantador. reatores de leito fixo como filtro anaeróbio de fluxo ascendente surgiram como aprimoramento de processo anaeróbio de estabilização por contato. Este reator preenchido com brita, hoje encontra-se consolidado no tratamento de efluentes de fossas sépticas, permitindo remoções de DBO superiores à 80%.

Os custos de implantação dos reatores anaeróbios podem ser considerados baixos, mas é na operação que reside a principal vantagem devido a não necessidade de aeração. A produção de lodo é mais baixa do que as que decorrem de processos aeróbios como lodos ativados ou filtros biológicos. A produção de gás pode ser considerada um benefício. De acordo com FORESTI et al (1999), um dos principais atrativos da tecnologia UASB como principal unidade de tratamento biológico de esgoto deve-se, principalmente, à constatação de que fração considerável do material orgânico (em geral próxima de 70%) pode ser removida, nessa unidade sem o dispêndio de energia ou adição de substâncias químicas auxiliares.

Posteriormente descobriu-se reatores anaeróbios de fluxo ascendente sem enchimento para suporte de microrganismos na forma de biofilme, reator este que propicia a granulação do lodo. Sob certas condições de distribuição dos esgotos à

entrada (fundo) do reator e de velocidade ascensional, observou-se a formação de grânulos, às vezes apenas flocos, que ao entrarem em contato com a matéria orgânica proporcionam sua degradação. A Figura 3, a seguir, é um corte esquemático de um reator UASB. Nota-se a Manta de Lodo formada com ascensão do efluente.

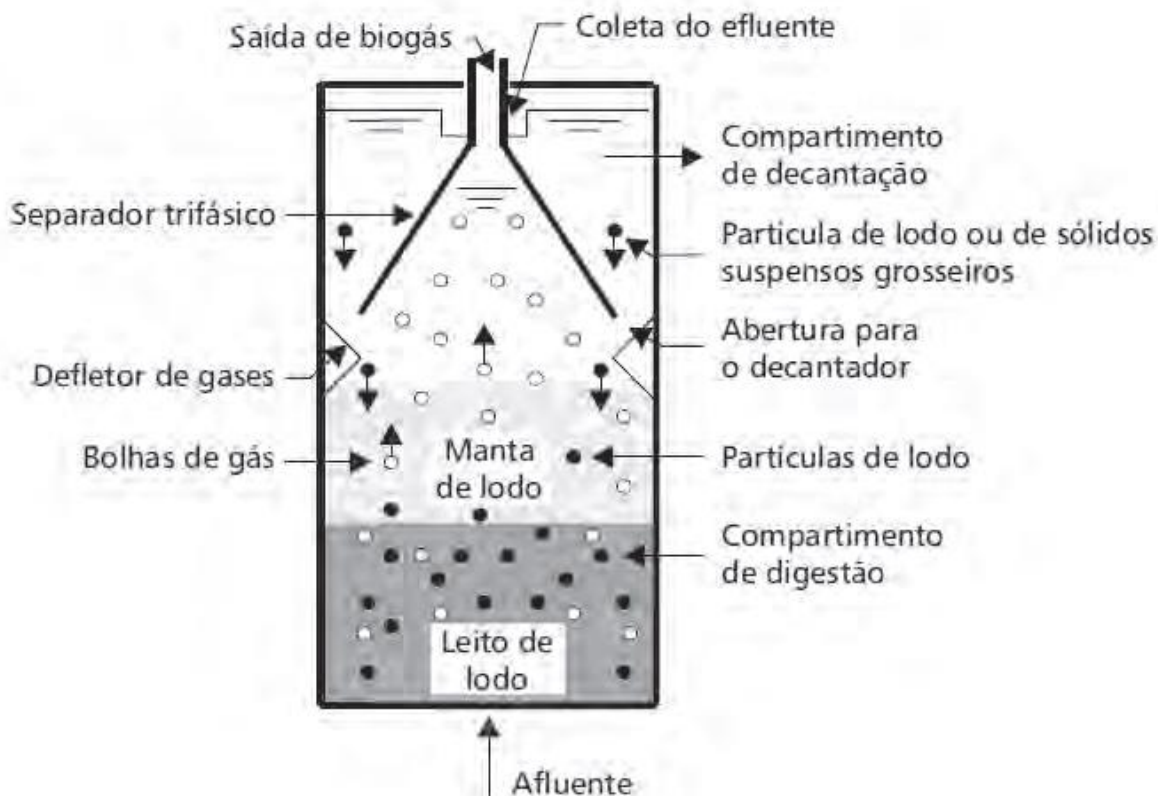


Figura 2 – Corte Esquemático de Reator UASB.

CHERNICARO et al (1999)

O chamado reator anaeróbio de fluxo ascendente e manto de lodo (UASB – Upflow Anaerobic Sludge Blanket), realiza a separação, coleta e queima do gás produzido, além de uma etapa de recuperação de grânulos na parte superior, externa e acima do coletor de gás. Essa recuperação de grânulos é realizada em zona de sedimentação que permite maior clarificação dos efluentes do reator. No Brasil, este reator é capaz de promover redução de DBO de cerca de 65%, com tempos de detenção dos esgotos de apenas oito horas. Com este reator tem-se como pré-tratamento e digestor de lodo de outros processos biológicos e até físico-químicos. A dificuldade de se manter a expansão adequada do leito, mesmo com as variações de vazão dos esgotos, foi superada introduzindo-se a recirculação de esgoto tratado. Outras tecnologias de reatores anaeróbios são desenvolvidas com o tempo, os reatores compartimentados ou de chicanas, EGSB (Expanded Granular Sludge Bed) dentre outros.

Reatores anaeróbios são amplamente utilizados pela indústria alimentícia, pela baixa necessidade de investimento inicial e operacional, uma vez que não requer o consumo de energia com sopradores de ar ou oxigênio. Além dos gastos energéticos reduzidos, processos anaeróbios geram muito menos lodo que processos aeróbios. De acordo com VAN HAANDEL; ALEM SOBRINHO (2006) no processo anaeróbio a proporção entre anabolismo e catabolismo está na faixa de 1:13. Relação que explica a baixa produção de lodo. Outro parâmetro que exemplifica a menor produção de lodo é

através da constatação da fração de material orgânico metabolizado convertido em massa bacteriana, representada por SSV (Sólidos em Suspensão Volátiles) de 0,67 kg SSV/kg DQOmet para tratamento aeróbio e de 0,07 kg SSV/kg DQOmet para tratamento anaeróbio.

Para garantir uma operação saudável e remoção consistente de cargas orgânicas, reatores anaeróbios precisam operar com certa faixa de temperatura (acima de 20°C), sendo as vezes necessário aquecimento. Mesmo recorrendo-se ao próprio metano resultante da digestão anaeróbia exige implantação de uma usina para a purificação do metano. Adicionalmente, o gás resultante do processo anaeróbio constitui uma das principais limitações operacionais, devido à produção de pequenas quantidades de gás sulfídrico, H₂S, suficientes para produzir grandes incômodos às populações circunvizinhas pela proliferação de mau odor. Além disso, o gás sulfídrico provoca corrosão e consequentes prejuízos à conservação das instalações, dessa forma, o projeto deve levar em conta a ação dessas forças corrosivas.

Um dos principais problemas da tecnologia na operação do UASB é a formação e acumulação de espuma tanto na área de decantação como no separador trifásico. A espuma é formada basicamente por óleos e graxas que se acumulam ao longo do tempo. A espuma formada no separador trifásico acaba se endurecendo e aprisiona o gás através do desenvolvimento de um selo. Esta contínua produção de gás não é detectada na linha de saída de gás da campânula. A falta da previsão de dispositivos devidamente projetados e instalados para a retirada desta espuma fatalmente leva a problemas operacionais de difícil resolução posterior, podendo levar a acidentes com o rompimento abrupto de campânulas. Outro grande problema de reatores anaeróbios em geral diz respeito ao mal cheiro provocado principalmente pelo gás sulfídrico H₂S. Além do gás sulfídrico, é necessária verificação de siloxanos no afluente que geram deposição de Sílica em queimadores.

A eficiência na remoção da DBO dos esgotos é mais baixa do que a dos processos aeróbios, demandando tratamento complementar, e a nitrificação é nula. As associações com processos aeróbios de polimento são recomendáveis, podendo-se empregar lagoas fotossintéticas, lagoas aeradas mecanicamente, lodos ativados, filtros biológicos ou mesmo processos físico-químicos como os à base de coagulação e floculação com separação posterior de sólidos por sedimentação ou flotação. Essas associações são vantajosas técnica e economicamente, ganhando-se na produção de lodo e na eficiência de remoção de nitrogênio e fósforo, principalmente. Para o caso específico de geração de efluentes de material carbonáceo elevados, como o encontrado em indústrias cervejeiras, indústrias de laticínios e indústrias de leite de aveia e leite de arroz, deve-se encontrar efluentes com altas cargas de DBO. Ao invés de tratar essas elevadas cargas em tratamentos aeróbios com dispêndio de energia em aeração, o tratamento anaeróbio passa a ser alternativa interessante na medida em que consegue reduzir a carga de DBO a ser tratada aerobiamente.

4.1.5 Processos Alternativos

MBRs (Membrane Bioreactor) combina tratamento biológico com processos de filtração por membrana. É mais eficiente do que métodos convencionais para remoção

de DBO, DQO e SS. Segundo Dalcin (2008) MBR tem como principais vantagens a produção de efluente tratado livre de sólidos suspensos, a elevação da concentração de biomassa no reator e a redução da área construída nas estações de tratamento. Em comparação com lodos ativados, o MBR não precisa de decantador secundário, diminuindo a necessidade de área, além de suprimir a necessidade de um tratamento terciário para desinfecção do efluente. Adicionalmente, serve como pré-tratamento para sistemas de reuso e aproveitamento de águas. Em contrapartida é um sistema mais caro de implantar, operar e manter. Em especial, para SS, a filtração garante sua remoção completa, diferente do processo de gravitação. O tratamento MBR é dividido em 2 partes, membrana e reator de biológico de biomassa suspensa. A Figura 3, a seguir contém representação visual de um modelo de sistema MBR, adaptado de Dias (2009).

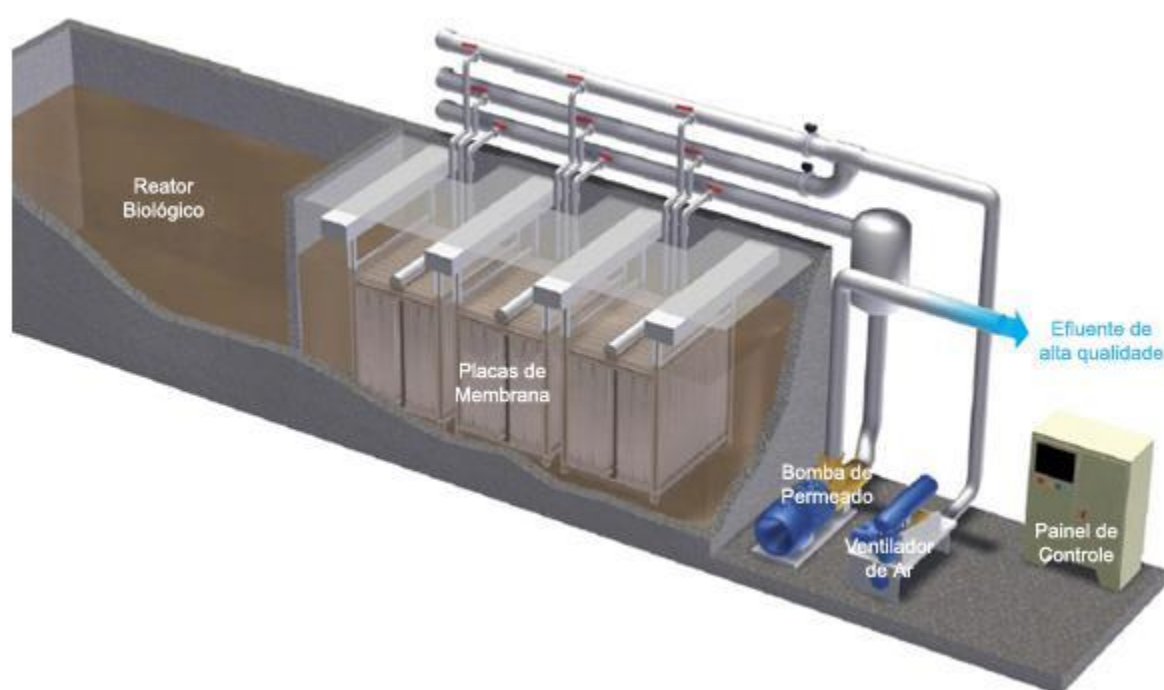


Figura 3 – Sistema MBR

Em geral, processos de tratamento e remoção de poluentes do efluente por membranas são em geral mais caros que tratamentos convencionais como lodos ativados. No entanto, é mais flexível a variações de composição e vazão de efluente. O que pode ser interessante caso a planta industrial realiza processos bastante distintos. Existem 3 principais tecnologias de MBR, membranas filtrantes, membranas de gás difuso e membranas extraíveis. Usualmente, utiliza-se membranas de ultrafiltração ou microfiltração. O principal impasse para sua implantação está em seu custo, no entanto, a tendência é de redução de custo com o passar do tempo.

Wetlands são terrenos alagados conhecidos como brejos, pântanos ou outros que desenvolvem uma vegetação adaptada a vida em solos alagados. Neles a água, o solo e os vegetais formam um ecossistema equilibrado, degradando a matéria orgânica, reciclando os nutrientes e conseqüentemente melhorando a qualidade da água (ANJOS, 2003).

Comparando com lagoas de tratamento, as Wetlands oferecem maior controle de processo e permitem elaborar critérios de concepção e de custos específicos ao empreendimento com certa necessidade de remoção de poluentes. Dentro da Wetland, a remoção de poluentes se dá por diversos mecanismos físicos, químicos e até biológicos, como sedimentação, adsorção pelo solo e oxidação biológica. Tempos de retenção hidráulicas de uma Wetland variam de 2 a 20 dias.

Remoção de DBO e nitrificação requerem maior tempo de retenção enquanto desnitrificação e polimento requerem menor tempo de retenção. Diversas indústrias alimentícias utilizam-se de Wetlands para tratamento terciário de águas residuais. Wetlands construídas são de escoamento superficial ou de escoamento subsuperficial, Sendo que cada tipo pode ser ou de fluxo vertical ou de fluxo horizontal. Wetlands de escoamento superficial tem lâmina d'água acima do solo e escoamento subsuperficial tem escoamento pelo meio poroso. A Figura 4, a seguir, ilustra seções típicas de Wetland Subsuperficial e Superficial, respectivamente.

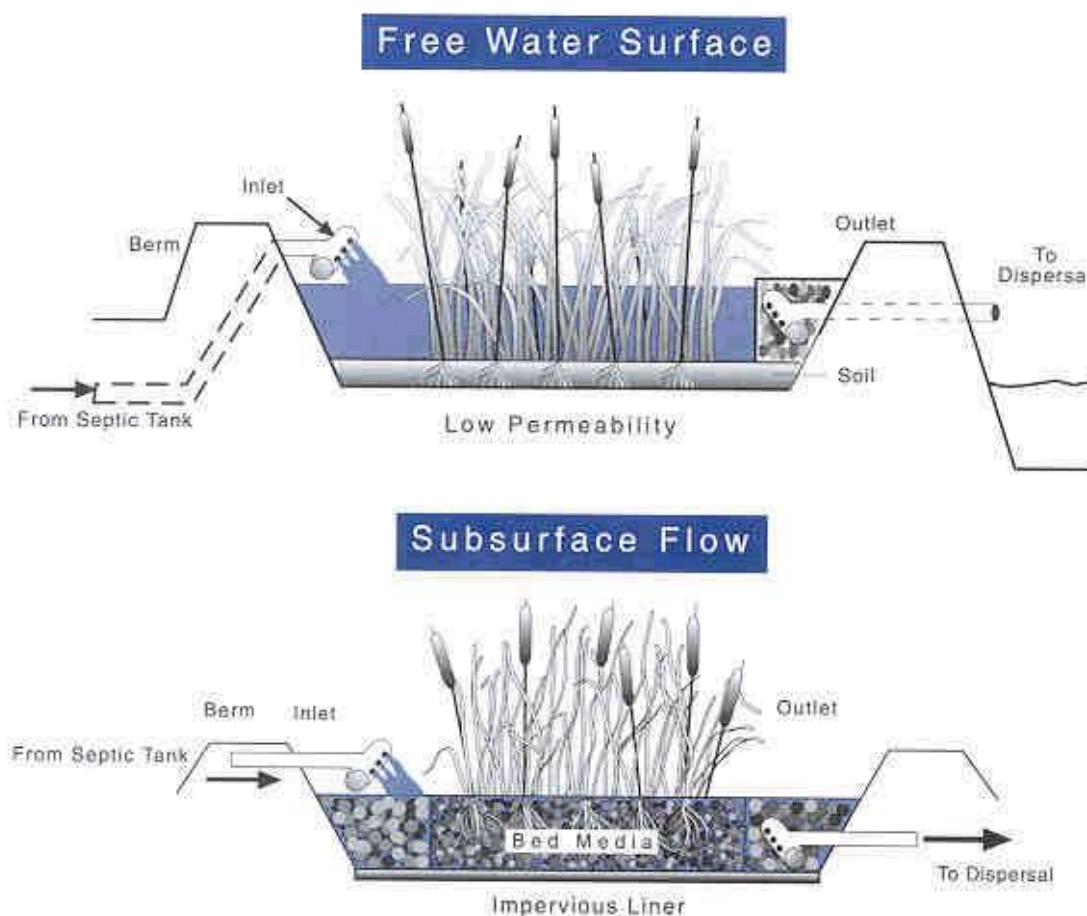


Figura 4 – Seções típicas de Wetlands Superficial e Subsuperficial.

As vantagens da Wetland são os reduzidos custos com energia, teoricamente maior confiabilidade e custos menores que reatores. Em contrapartida, Wetlands Construídas ainda não são sistemas convencionais no Brasil, propiciando uma oportunidade a pesquisa e a academia. Adicionalmente, Wetlands não são considerados sistemas compactos, o que requer alguma disponibilidade de área. Os 4 principais parâmetros de controle de eficiência de remoção de poluentes em uma

Wetland são, segundo Hammer: população microbológica da Wetland, quantidade de macrófitas, substrato da Wetland e coluna d'água. Wetlands construídas submersas de fluxo horizontal foram estudadas e testadas com sucesso por Vymazal para tratamento de indústrias de processamento de alimentos.

4.2 Desenvolvimento

4.2.1 Produção de Leite de Aveia e Arroz e Origem do Efluente

A produção de leite grãos inicia-se no recebimento da farinha de grãos. Os grãos são recebidos em um pátio de carga, desensacados e encaminhados para moagem. O processo de desensacar gera poeira da farinha de grãos, que se depositam no piso e nas paredes. Essas, são potenciais causadores de pragas como roedores. Deve-se, portanto, lavar constantemente pisos e paredes da área de desensacar, gerando efluentes com concentração expressiva de farelo de aveia.

Após desensacados, a farinha é encaminhada diretamente para o reator. O produto passa horas em tanque aquecido, no qual ocorre o cozimento do grão com o objetivo de transformar amido em açúcar e solubilizar as proteínas. Ao final da etapa de reação, o produto é fervido para precipitar proteínas indesejáveis. Após a utilização do reator, esse deve ser enxaguado para só então receber a nova batelada. Essa água de enxague, não é encaminhada para linha de efluentes, a água de enxague dos reatores é utilizada para diluir o produto do reator, que é encaminhado para uma etapa de decantação. Efluentes gerados nesse processo tem origem na lavagem do equipamento, que deve ser realizada ao final de cada dia de produção.

Do reator, o produto segue para uma etapa de decantação em filtro prensa. O sólido removido nessa etapa é composto de bagaço (resultado de aglutinação de casca com resíduos do processo) e proteínas coagulantes que podem prejudicar o produto. O produto segue para um tanque de mistura enquanto que o sólido é recolhido em uma caçamba. Esse resíduo pode ser vendido como ração, em processo similar ao praticado pela indústria cervejeira com o DRECHE ou pode ser futuramente beneficiado em alimentos de alto teor nutritivo.

Após a decantação, o produto segue para o processo de mistura. Nesse tanque são adicionados condicionantes que garantem a homogeneização e o produto é diluído a sua concentração final antes de ir para o processo de esterilização. Os efluentes do tanque de mistura decorrem do processo de lavagem dos tanques que ocorrem ao final de cada dia.

Na sequência da mistura segue um processo de esterilização. O objetivo desse processo é garantir a remoção de outros microrganismos responsáveis pela deterioração do produto. Nessa etapa um equipamento UHT aquece o produto rapidamente a 130 graus, mantido por 4 segundos e então rapidamente resfriado. Até a esterilização, o produto é produzido em ambiente sanitário, a partir da esterilização, o produto deixa um ambiente sanitário para um ambiente estéril, com consequências diretas para a geração de efluentes. O ambiente estéril deve ser lavado com mais

frequência e com produtos mais concentrados que a linha sanitária, justamente para manter o nível de microrganismos sob controle.

Por fim, o produto é embalado em máquinas de embalagens cartonadas estilo Tetra Pack. O produto é dosado na embalagem e a embalagem é selada. Após a embalagem, o produto está pronto para a distribuição. Assim como nos outros processos, os efluentes dessa etapa são gerados na lavagem.

A Figura 5, a seguir, ilustra um fluxograma do processo de produção de leite de grãos, em verde o produto, em azul os líquidos e em amarelo os sólidos.

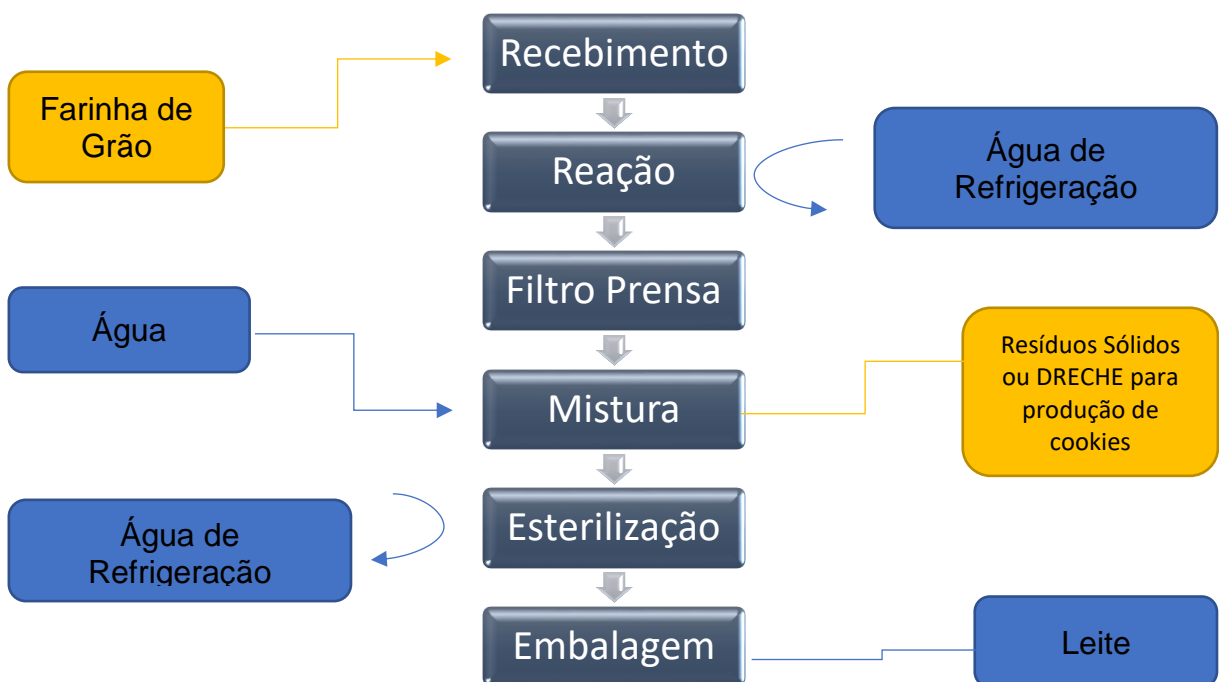


Figura 5 – Fluxograma de Produção Industrial de Leite de Aveia e Leite de Arroz.

O reuso e reciclo de águas são procedimentos que auxiliam na redução do consumo de água. Exemplos desses processos são: a recuperação de águas providas das máquinas de embalar e a recirculação de água de refrigeração. Além do reuso de águas, tecnologias próprias de economia de água na lavagem de equipamentos contribuem significativamente na redução de consumo de água. O sistema de limpeza CIP (Cleaning in Place), por exemplo, utiliza menor volume de água comparado ao sistema manual de higienização de equipamentos, além de garantir maior confiabilidade relacionada a segurança alimentar.

A eficiência de uma limpeza depende de 4 parâmetros: o tempo de lavagem, fluxo (Energia Mecânica), temperatura (Energia Térmica) e concentração (Energia Química). A limpeza CIP se caracteriza por seu programa de limpeza que controla e monitora cada um desses 4 parâmetros. Ao ter-se um bom controle dos parâmetros, garante-se, com menos vazão uma eficiência de limpeza maior que processos manuais de lavagem.

O CIP é um conceito desenvolvido para higienização das superfícies internas de equipamentos, tubulações e tanques de armazenamento sem que haja a necessidade

do desmonte de partes e peças, otimizando o tempo de parada dos equipamentos, impactando positivamente no aumento da produtividade e entregando um produto dentro dos parâmetros de qualidade, exigidos pelas empresas e órgãos regulatórios. Além disso, o CIP reduz o consumo de água empregado na lavagem de equipamentos.

A lavagem CIP se utiliza de tanques que reciclam solução de limpeza, ao invés de descartá-las após um único uso. Para o caso de uma indústria alimentícia, tem-se uma solução ácida composta principalmente por água, ácido nítrico e ácido fosfórico a 2% e uma solução básica a base de soda cáustica a 3%. A solução básica é utilizada com frequência diária enquanto que a solução ácida é utilizada semanalmente. Dessa forma, não se pode contar com o nitrogênio e o fósforo presentes na solução ácida para fornecer os nutrientes necessários para o tratamento biológico, uma vez que sua utilização não é constante.

Em uma indústria alimentícia, o uso da água tem duas funções primordiais, compor a fórmula do produto e lavagem de pátios e equipamentos. Para uma indústria cervejeira, por exemplo, pode-se chegar a utilizar 10L de água para se produzir 1L de cerveja. A geração de efluentes ocorre principalmente com lavagem de equipamentos, limpeza de pátios, lavagem da linha de produção, com efluente da caldeira, com o descarte de bateladas defeituosas e com esgoto sanitário de funcionários.

A quantidade de efluentes gerado por uma indústria é geralmente medida, no entanto, devido ao projeto ainda se encontrar em fase de planejamento, a medição não é possível, de forma que se adota valores referência de outras indústrias. Para o presente projeto, se considera processos de indústria produtora de destilados a base de grãos e indústria cervejeira como referência, por terem processo de produção similares.

4.2.2 Corpo Receptor

O lançamento de efluentes tratados será no rio Atibaia, no Município de Bom Jesus dos Perdões, 70 metros a jusante do ponto de confluência dos Rios Atibainha e das Cachoeiras, aproximadamente nas coordenadas 23° 6'46"S 46°28'59"W. O efluente sai da unidade de produção e percorre, por gravidade, uma tubulação já existente de aproximadamente 1.6 km até ser lançado no rio Atibaia conforme Figura 6, a seguir. O caminho percorrido pela tubulação é representado por linha vermelha, o ponto de lançamento é representado por marcador amarelo e área da indústria é representada por polígono vermelho.



Figura 6 – Tubulação de Afastamento de Esgoto Tratado saindo de Indústria até o Ponto de Lançamento.

Em termos de qualidade dos corpos hídricos, o Rio Atibaia é formado justo no ponto de confluência dos Rios Atibainha com Rio das Cachoeiras, dessa forma, os 3 corpos hídricos serão brevemente comentados.

Sabe-se que o Rio Atibainha tem qualidade parcialmente comprometida por lançamento de esgotos, principalmente domésticos, ao passar pelo pequeno município de Bom Jesus dos Perdões. O município tem sistemas simples de tratamento de esgoto por lagoas facultativas. Por outro lado, o Rio das Cachoeiras tem água de excelente qualidade.

O Rio Atibaia tem ponto de Monitoramento de Qualidade das águas realizado pela CETESB, e ponto de régua de identificação 3E-063 sob responsabilidade do DAEE, aproximadamente 14 Km a jusante do ponto de lançamento previsto, nas coordenadas 23° 6'12"S 46°32'42"W. Esse mesmo ponto é utilizado para captação de abastecimento de águas para o Município de Atibaia. A seguir, tem-se Figura 7 com o trecho de 14 Km entre o ponto de lançamento e o ponto de monitoramento pela CETESB. Nota-se que nesse trecho, existe uma tendência de adensamento urbano quanto mais próximo do ponto de coleta de monitoramento, justificado pela proximidade do centro Urbano de Atibaia. Essa tendência de adensamento deve gerar uma tendência de piora da qualidade d'água entre o ponto de lançamento e o ponto de monitoramento. Dessa forma, será adotada a qualidade d'água do ponto de monitoramento para projeto, a favor da segurança.

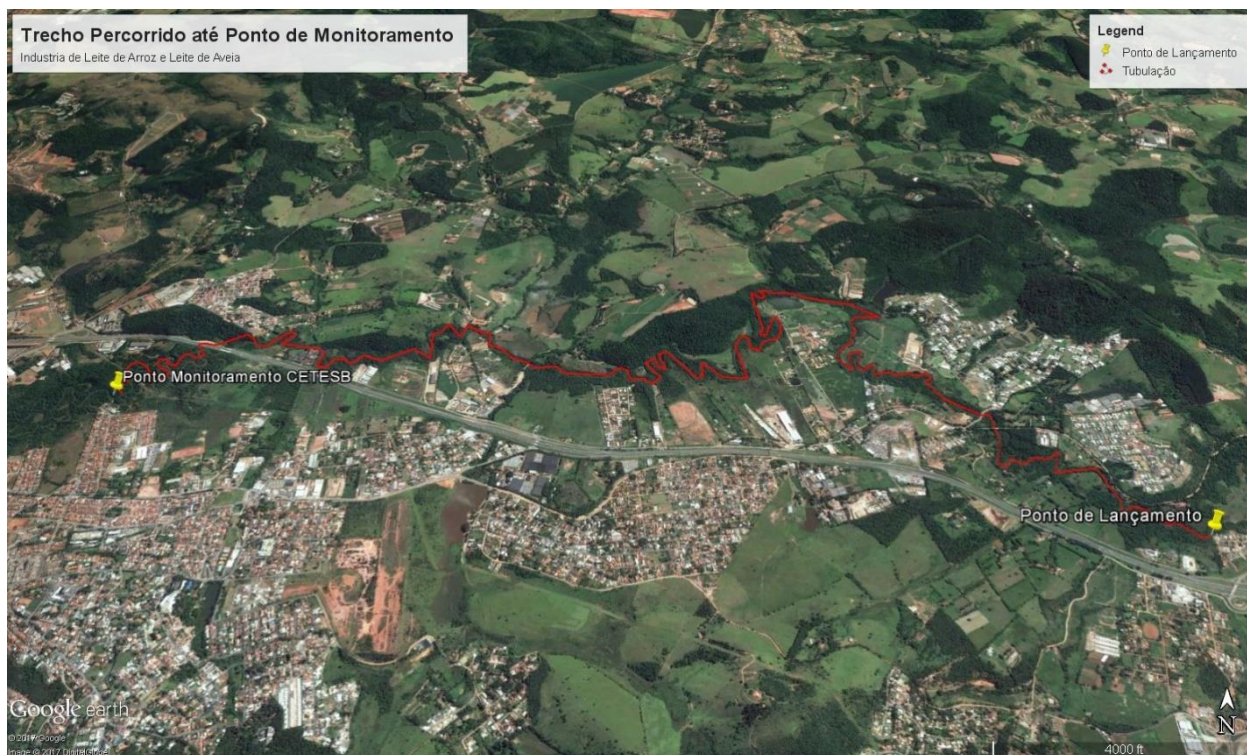


Figura 7 – Trecho de 14 km percorrido entre Ponto de Lançamento e Ponto de Monitoramento de Águas.

De acordo com relatório de qualidade de Águas Superficiais da CETESB, esse ponto referenciado pelo código ATIB02010, apresentou qualidade de água boa para o ano de 2016, com um IQA de 56. Apesar de uma queda de 65 para 56 do IQA entre 2011 e 2016, a tendência é de melhora do IQA, visto que a queda foi justificada pelos meses de escassez hídrica, vivenciados nos anos anteriores, conforme diagnóstico da CETESB extraído do Relatório de Qualidade de Águas Interiores de 2016, a seguir (Figura 8).

Tabela 3.2 – Pontos de Amostragem com tendência de melhora ou piora do IQA, para o período de 2011 a 2016

UGRHI	Corpo Hídrico	Ponto	2011	2016	Tendência	Motivo Provável 2016
3	Rio Grande - UGRHI 03	GRAN02900	55	64	Melhora	Aumento de áreas atendidas pela rede coletora de esgotos, além das variações ambientais (períodos de seca)
5	Reserv. Jaguari - UGRHI 05	JARI00800	84	79	Piora	Reflexo da piora observada nos últimos anos em função do regime de chuvas menos intenso.
	Rio Atibaia	ATIB02010	65	56	Piora	
	Rio Jaguari - UGRHI 05	JAGR02010	69	57	Piora	
	Rio Camanducaia	CMDC02050	59	67	Melhora	Motivo não identificado
	Ribeirão Lavapés - UGRHI 5	LAPE04900	30	49	Melhora	Implantação e operação da ETE no município
	Rio Jundiá - UGRHI 05	JUNA02100	40	53	Melhora	Implantação de infraestrutura de coleta e afastamento de esgoto em Campo Limpo Paulista e Várzea Paulista, uma vez que ambos os municípios são atendidos por ETE.
6	Rio Baquirivu-Guaçu	BQGU03150	37	24	Piora	Aumento da contribuição de esgotos no alto curso da bacia (crescimento populacional) e regime de chuvas menos intenso, diminuindo a capacidade de diluição dos efluentes, principalmente da ETE
	Rio Pinheiros	PINH04250	22	17	Piora	Motivo não identificado
7	Rio Itanhaém	NAEM02900	62	57	Piora	Aumento populacional sem universalização da coleta de esgoto
9	Córrego Rico - UGRHI 9	RIC003900	62	57	Piora	Elevação da carga remanescente da ETE de Jaboticabal e da carga difusa urbana e contribuição, nos períodos de chuva, do carreamento de solo e nutrientes das áreas agrícolas a montante.
	Ribeirão do Sertãozinho	SETA04600	33	43	Melhora	Implantação da ETE de Sertãozinho em 2011
	Ribeirão dos Porcos	PORC03900	49	58	Melhora	Melhora da eficiência da ETE de Pinhal
	Rio da Itupeva	PEVA02900	65	72	Melhora	Aumento da interligação da rede de esgoto com a ETE em Leme;
	Rio Mogi-Guaçu	MOGU02260	54	65	Melhora	Obras de adequação na ETE em Pirassununga.
10	Rio Sarapuí	SAUI02900	71	63	Piora	Carreamento de matérias sólidas.
11	Mar de Dentro	MADE21700	72	68	Piora	Lançamento de esgoto doméstico sem tratamento e menor eficiência da ETE
13	Ribeirão Grande	RGRA02990	33	40	Melhora	Motivo não identificado
	Rio Tietê	TIET02500	71	64	Piora	Motivo não identificado
15	Rio Preto - UGRHI 15	PRET02800	71	62	Piora	Chuvas intensas nas áreas urbanas
		PRET04300	44	28	Piora	



Figura 8 – Relatório de IQA para o ponto ATIB02010

Em termos de análises, foi extraída do site da CETESB um histórico de análises para 2016, que pode ser checada na íntegra no Apêndice 2. Para efeito desse relatório, a Tabela 4, apresenta o resumo dos principais parâmetros medidos no rio, bem como a média dos mesmos, que será adotada na confecção desse trabalho, para cálculo de padrões de emissão e qualidade do corpo hídrico após lançamento.

A maioria dos parâmetros estão dentro dos limites de rios Classe 2. Nota-se que DBO está dentro do limite legal < 5mg/l. No entanto, OD está bem abaixo dos 5mg/l esperados, em torno de 4.25 mg/L.

Tabela 4 – Análises do Rio Atibaia ao longo de 2016

Descrição do Parâmetro	Und.	Padrão CONAMA	4/1/2016 10:55	1/3/2016 12:00	2/5/2016 12:07	4/7/2016 11:50	12/9/2016 12:15	7/11/2016 12:27	Média
Chuvas nas últimas 24h	-		Sim	Sim	Não	Não	Não	Sim	
Coloração	-		Vermelha	Amarela	Amarela	Amarela	Amarela	Marrom	
Condutividade	µS/cm		69	76	77	74	90	71	76.17
Leitura da Régua (m)	m		2.15	3.4	1.75	1.9		2	2.24
Oxigênio Dissolvido	mg/L	> 5	3.4	3.7	6.6	5.4	2.6	3.8	4.25
pH	U.pH	6 até 9	6.7	6.9	7	6.8	6.7	6.9	6.83
Temperatura da Água	°C		23.1	21.6	18	17.9	22.7	23.3	21.10
Temperatura do Ar	°C		26	20	22	24	26.4	30.4	24.80
Vazão (m3/s)	m3/s		8	25	5	6		7	9.99
Tipo de Parâmetro: Físicos e Químicos									
Cor Verdadeira	mg Pt/L	< 75	173		42	49		195	114.75
DBO (5, 20)	mg/L	< 5	< 2	2	< 2	< 2	2	3	2.17
DQO	mg/L		< 16	18	< 16	16	20	24	18.33
Dureza	mg/L		19		18	18		19	18.50
Fósforo Total	mg/L	< 0,1	0.07	0.1	0.03	0.04	0.06	0.2	0.08
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	< 3,7	0.3	0.2	0.5	0.6	<0.5	0.5	0.43
Nitrogênio Kjeldahl	mg/L		1	0.8	0.9	0.6	0.7	1	0.83
Nitrogênio-Nitrato	mg/L	< 10	0.5	0.3	0.7	0.6	0.7	0.4	0.53
Nitrogênio-Nitrito	mg/L	< 1	0.02	0.02	0.03	0.02	0.05	0.03	0.03
Tipo de Parâmetro: Físicos e Químicos									
Sólido Dissolvido Total	mg/L	< 500	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	
Sólido Total	mg/L		100	< 100	< 100	< 100	< 100	204	117.33
Turbidez	UNT	< 100	62	34	9	9	11	216	56.83
Tipo de Parâmetro: Microbiológicos									
Escherichia coli**	UFC/100 mL	< 600	2700	2000	270	640	2300	11000	3151.67

Para o cálculo de Vazão $Q_{7,10}$ foi utilizado modelo de regionalização disponibilizado pelo SIGRH (Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo). O Software exige, como dados de entrada, as coordenadas representativas do ponto de lançamento, $23^{\circ} 3'06''S$ $46^{\circ}28'59''W$, o meridiano central, -45, e a área da bacia 1025 km^2 . O resultado obtido para $Q_{7,10}$ foi de $3,7 \text{ m}^3/\text{s}$. O resultado completo do software pode ser consultado no Apêndice 1 desse relatório.

Para fins de cálculo de área de bacia drenagem, considerou-se 456 km^2 do rio Atibainha somada a área de 569 km^2 de drenagem da bacia do rio Cachoeira. Como o ponto de lançamento é somente 70 metros a jusante desse ponto de confluência, a área de drenagem total sendo a soma das áreas das duas sub-bacias representa a área de drenagem real do ponto de lançamento. Para determinar a área de drenagem das sub-bacias foi utilizada ferramenta de cálculo de área do Hidroweb, ferramenta digital gratuita disponibilizada pela ANA. As Figura 9 e Figura 10, a seguir, são os resultados ilustrados da área de drenagem calculada.

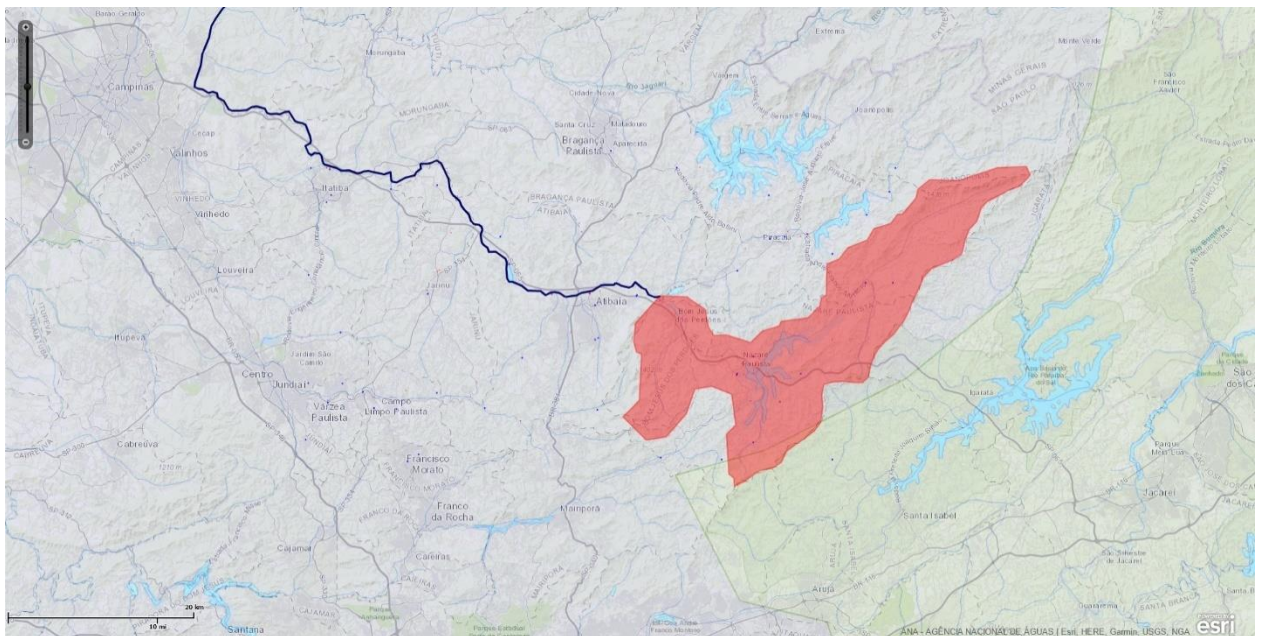


Figura 9- Área de drenagem da Bacia do Rio Atibainha

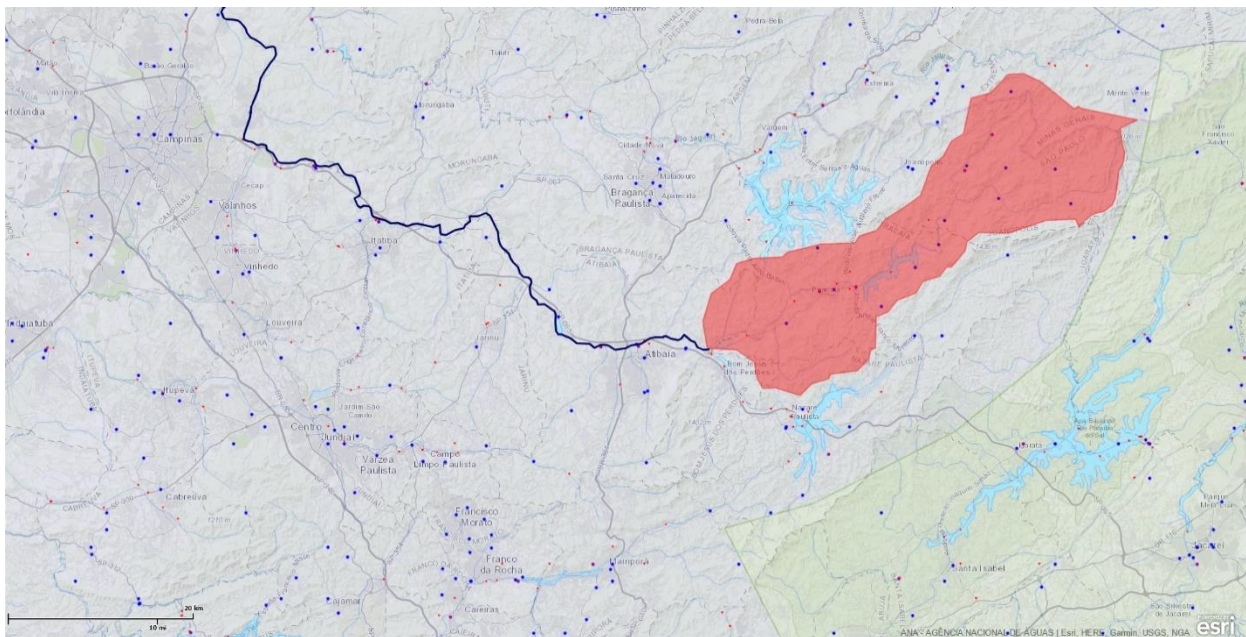


Figura 10- Área de drenagem da Bacia do Rio Cachoeira

4.2.3 Legislação Específica

As legislações que estabelece limites para lançamento são o Decreto Estadual 8468/76 e CONAMA 430/11. Para efeitos de emissão de carga no rio, tanto o Decreto Estadual 8468/76 quanto a CONAMA 357/05 devem ser consultadas.

O rio Atibaia possui mais de quatro mil vezes a vazão afluente dessa indústria. Dessa forma, o efluente não precisa se ater a padrões de lançamento e sim a padrões de emissão. Especificamente, apresentar 60mg/l ou 80% de eficiência de remoção. O parâmetro adotado a ser atendido é 80% de remoção.

4.2.4 Licenciamento

Para fins desse documento, não será avaliada a etapa de outorga de captação de água, uma vez que esse empreendimento se dará em terreno com poço de água artesiana já outorgado e em operação.

Segundo portal eletrônico da CETESB, o processo do Licenciamento é composto por 5 etapas:

- Reunir documentação;
- Entregar a documentação na agência CETESB que atende o município;

- Efetuar o pagamento do preço da Licença, correspondente à análise e expedição, calculado com base no potencial poluidor e no porte do empreendimento.
- Retirar o protocolo e aguardar contato da agência;
- Se a solicitação for indeferida há a possibilidade de interposição de recurso.

O empreendimento é caracterizado como indústria de transformação para fabricação de outros produtos alimentícios. De acordo com CETESB, o fator de complexidade da fonte de poluição é de $W=3$. Para uma indústria de transformação com as características desse empreendimento, a Licença de Instalação (LI) e a Licença Prévia (LP), são expedidas simultaneamente. Adicionalmente, a atividade prevista não está sujeita ao licenciamento com a Avaliação do Impacto Ambiental, suportada por RAP, EIA ou RIMA. Dados a área construída prevista em $5,000m^2$ e o fator $W = 3$, o preço das licenças LP e LI é estimado como:

$P = 70 + (1,5 \times W \times Ac)$, onde:

P = preço a ser cobrado, expresso em UFESP;

AC: Raiz quadrada da área integral da fonte de poluição (conforme definido na DD 315/2015/C)

W = fator de complexidade da fonte.

A área construída foi estimada em aproximadamente $5.000m^2$, a ser alocada em terreno de aproximadamente $20.000m^2$. No entanto, o terreno é margeado por um córrego que exige 30 metros de largura de mata ciliar, nesse caso, precisa-se verificar a viabilidade ambiental do empreendimento, para confirmar a disponibilidade de $5000m^2$.

Para tanto, com a ajuda do Auto CAD, foi delimitada a área de mata ciliar e a área livre para a construção. Em seguida, verificou-se que a área livre tem $9.198 m^2$, confirmando a viabilidade ambiental do empreendimento de $5000m^2$. O resultado do Auto CAD pode ser verificado na Figura 11. Em vermelho, o terreno, em linha preta fina, o limite de área de mata ciliar.



Figura 11 – Área do empreendimento

Tem-se custo estimado para a Licença Prévia e de Instalação de 388,19 UFESP. Para a Licença de Operação, são mais 388,19 UFESP. Considerando UFESP vigente para o exercício de 2017 de 25,07 reais, o valor do licenciamento Prévio e de Instalação é de 9.732,13 reais e o valor da Licença de Operação são mais 9.732,13 reais, perfazendo um total de 19.464.25 reais.

Para a Licença Prévia de empreendimento com fator $W=3$, deve-se preencher o Memorial de Caracterização do Empreendimento Simplificado (MCE), e o Quadro Síntese para Indústrias. Para o MCE, ainda não se tem todos dados necessários, dessa forma, não será apresentado o MCE nessa etapa.

Como dados de entrada para o quadro síntese, considera-se área do terreno de 20.000m², sendo 5000m² de área construída, e 0 m² ao ar livre. Projeta-se uma produção de 10.000L por dia, durante 200 dias úteis, produzindo 2.000 m³ de leite por ano. Sabe-se que a densidade do produto é de 1,1 ton/m³, dessa forma, são produzidas 2.200 toneladas por ano do produto.

Para a estimativa de insumos, adota se o dado de laboratório de 140% do peso total produzido, dessa forma, 3.080 toneladas de insumos por ano. Essa estimativa foi obtida somando o peso do produto, o peso do rejeito do filtro prensa e o peso da farinha e manteiga necessárias para uma possível futura aplicação do rejeito do filtro para a fabricação de “Cookies” (melhor explicitado no curso desse relatório).

A captação de água será por um poço subterrâneo existentes no terreno, esse poço bombeia água de excelente qualidade (com padrão de potabilidade segundo testes em laboratório acreditado pelo Inmetro), ideal para a produção de alimentos. Para a vazão de captação, consideram-se 9L de água para cada litro de leite produzido, sendo 1L de produto e 8L de efluente. Dessa forma, tem-se 18.000 m³ de captação



por ano ou 2,055 m³/h. Já o consumo específico de água foi obtido dividindo os 18.000 m³/ano de utilização de água por 2.200 toneladas por ano, obtendo-se 8,18 m³/tonelada de produto.

Custo energético de 400 KWh foi calculado baseado em dados de consumo energético de equipamentos, levantados junto a fabricantes acrescidos de um fator de segurança 2. Foi estimada uma caldeira de 3 toneladas de vapor por hora gerando 6.000 kg/h de gás, operando 17 horas úteis em 240 dias úteis no ano geram 24.090,87 toneladas anuais de gás. Essa estimativa foi providenciada por fornecedor de caldeiras. Por se tratar de combustível a base de madeira (lenha ou cavaco), estima-se 0,15% da composição de gases sendo NOx. Dessa forma 36,14 toneladas de NOx anuais.

Os efluentes industriais e domésticos são estimados em 16.000 m³/ano, ou 1,826 m³/h. Para a estimativa de efluentes domésticos, consideram-se 20 operário e técnicos por dia gerando 80L/dia.pessoa, ou 320 m³/ano, equivalente à categoria de alojamento provisório. Em suma, tem-se 1,826 m³/h sendo 0,037m³/h de domésticos e 1,789 m³/h de efluentes industriais.

Em síntese, obtém-se a Tabela 5 de caracterização de empreendimento, a seguir.

Tabela 5 – Quadro Síntese de Caracterização

 CETESB	COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO <small>Av. Prof. Frederico Hermann Jr., 345 - CEP 05459-900 - São Paulo - SP C.N.P.J. nº 43.776.491/0001-70 - Insc.: Est. nº 109.091.375-118 - Insc. Munic.: nº 8.030.313-7 www.cetesb.sp.gov.br</small>	 Projeto Sala de Cenários
--	---	--

**Tabela 1 - Caracterização do Empreendimento
Indústria**

Empreendimento	Industria Produtora de Alimento de Arroz e Aveia		
Número do Processo	NA	Fase do licenciamento	LICENÇA PRÉVIA
Resp. pelo preenchimento	Henrique Reismann		Data
Parâmetro	Valor		Unidade
Porção			-
Área do terreno	20.000,00		m ²
Área industrial total	9.000,00		m ²
Área construída	5.000,00		m ²
Área das atividades ao ar livre	0.0		m ²
Tipo de Produtos	Leite de Aveia e Leite de Arroz		-
Produtos/ano	2.600.000,00		-
Produção	2.200,00		t/ano
Insumos	3080,00		t/ano
Captação superficial	0.0		m ³ /h
Captação subterrânea	2,055		m ³ /h
Consumo específico de água	8		m ³ / t de produto
Consumo específico de energia	400		KWh/t
Efluentes industriais	1,826		m ³ /h
Efluentes domésticos	0,037		m ³ /h
Estação de tratamento de esgoto	3,33		m ³ /h
Emissões atmosféricas	24.090,87		t/ano
Tanagem de combustível	NA		m ³
Geração de NOx	36,14		t/ano
Extensão da linha de transmissão	NA		km
Largura da faixa de servidão	5		m

4.2.5 Caracterização de Efluente

Espera-se que os efluentes de uma indústria de processamento de cereais tenham grande quantidade de carboidratos, gorduras e proteínas, o que acarreta em elevada DQO, ressaltando a necessidade e importância de seu próprio manejo.

Sabendo que a planta produz inicialmente 10.000L de produto por dia, e adotado 8 L de produto para cada litro de leite, estima-se uma vazão diária de esgotos é de 80.000L/d. Inicialmente, a indústria só funciona durante o dia, de forma que a operação se inicia as 5:00 e encerra às 22:00. Com essa alocação de horas, tem-se somente 17 horas diárias de produção de forma que a vazão horária média de efluente entre as 5:00 e as 22:00 é de 4,706 L/h.

O processo de produção do grão de aveia é bastante similar ao processo produtivo do grão de arroz, dessa forma, os efluentes do leite de aveia serão similares ao efluente do leite de arroz, com alguma diferença devido a composição da aveia e do arroz. Para fins de dimensionamento, será adotada a produção de arroz que, por apresentar menor teor de nutrientes, é considerada mais crítica. Relaciona-se relação DBO/DQO alta com alto teor de carboidratos, óleos e graxas com a presença de gordura, e reduzidos valores de proteínas significam escassez de macronutrientes para o tratamento.

Segundo fator geral de transformação de proteína para nitrogênio, adota-se que 16% da proteína é nitrogênio. A farinha de aveia contém 6.9% de gordura, 66,3% de carboidratos, 16.9 % de proteínas (2,7% de nitrogênio), e contém 0,5% de fósforo. Já a farinha de arroz contém 2,7% de gordura, 76% de carboidrato, 7,5 % de proteínas (1,2 % de nitrogênio), e contém 0.27% de fósforo. No entanto, como o processo produtivo conta com uma etapa de filtração, espera-se que a maior parte dos compostos orgânicos de difícil degradação serão removidos. Adicionalmente, como os esgotos domésticos são pouco expressivos frente a vazão total, não é possível garantir fonte de macronutrientes para o efluente. Dessa forma, considera-se a favor da segurança que zero Nitrogênio e zero Fósforo estão presentes no efluente, tornando necessária uma etapa de adição de nutrientes no efluente.

A temperatura do efluente é variada, alguns efluentes são gerados a temperatura elevada e outros a temperatura ambiente. A lavagem de reatores e equipamentos UHT é feita a 85 graus, segundo informações de fabricantes de sistemas de lavagem CIP. Já efluentes de torre de resfriamento e lavagem de pátios, são gerados a temperatura ambiente. Para a estimativa da temperatura real do efluente será adotado valores típicos de outras indústrias alimentícias.

Sólidos em suspensão devem ser endereçados nesse projeto. Apesar do processo produtivo abarcar a retenção de sólidos em suspensão por um filtro prensa, a eficiência de remoção de sólidos em suspensão no filtro não é completa. Ademais, existe efluente difuso de lavagem de pátios com considerável concentração de sólidos em suspensão encaminhados diretamente para a linha de efluentes líquidos. Outras fontes de sólidos em suspensão são os esgotos sanitários de operários, que serão misturados e encaminhados a ETE em efluente único.

Dada a introdução, espera-se que o efluente tenha necessidade de controle dos seguintes parâmetros:

- pH - Principalmente alcalino devido a processo de limpeza com soda caustica diária.
- Temperatura – Afluente podendo chegar a 85 graus.
- DBO - Grande concentração de material orgânico biodegradável, devido a composição do grão.
- DQO - Alta. A relação DBO/DQO deve também ser elevada
- Nutrientes – Nitrogênio e Fósforo, assim como o caso de indústrias cervejeiras, encontram-se em falta no efluente, deve-se prever um sistema de adição de nutrientes para o processo.
- Óleos e Graxas - Por tratar-se de grãos, certamente haverá quantidade significativa de óleos que devem ser controlados a fim de não inibir o tratamento biológico ou serem lançados acima da norma.
- Sólidos em Suspensão devem ser medidos e controlados.

Pesquisou-se na literatura efluentes base para servirem como parâmetros para a caracterização do efluente da futura indústria. Esses efluentes foram selecionados segundo três critérios básicos: (1) efluentes industriais com processo produtivo similar ao de leite de grãos, (2) efluente caracterizado por etapa do processo produtivo e (3) caracterização mais crítica que o efluente de leite de grãos (a favor da segurança). De todas as indústrias do ramo alimentício foram selecionadas destilaria e cervejaria. Ao final, adotou-se a indústria cervejeira por apresentar maior similaridade de processo produtivo.

Cervejarias são indústrias bastante estudadas com boa caracterização de efluente por etapas de produção, dessa forma, se possível entender as diferenças entre os processos produtivos de leites de aveia e arroz e cervejarias, pode-se utilizar como referência alguns valores para o projeto da ETE, na etapa de caracterização de concentrações de efluentes.

Assim como na produção de leite de arroz, a cerveja é cozida, filtrada e pasteurizada. Na cervejaria, os grãos são cozidos e filtrados duas vezes, após são fermentados e encaminhados para pasteurizadores e então embalados. Os leites de aveia e arroz são cozidos e filtrados uma única vez, não passam por um processo de fermentação e, por fim esterilizados por processos de elevação da temperatura, bastante similar ao de cervejarias. Para caracterização do efluente, adota-se valores de efluentes da cervejaria referentes ao cozimento e filtração sendo essa hipótese a favor da segurança, uma vez que ocorrem dois cozimentos e filtrações na cervejaria diante de um único estágio na produção de leites de cereais. Despreza-se valores de efluentes gerados na etapa de fermentação, uma vez que ela não ocorre na produção de leite. Como o tratamento do efluente possivelmente contará com uma unidade anaeróbia, considerar temperaturas mais baixas de efluente está a favor da segurança.

Já as destilarias de grãos, além de se utilizarem de matéria prima similar para fazer bebida, tem processo produtivo similar. Uma destilaria, tem uma etapa de reação, destilação e engarrafamento. A diferença produtiva entre o processo de leite de aveia e arroz e produtos destilados, estão em duas etapas. Os destilados têm a etapa de destilação onde é separado a bebida de um residual concentrado com alta carga orgânica e alto teor de sólidos. Esse residual, ou stillage, é então filtrado e concentrado para disposição final. Essa etapa de filtração gera efluentes de alto teor orgânico e alto teor de sólidos. Os leites de aveia ou arroz também apresentam uma etapa de filtração onde são concentrados efluentes de alta carga orgânica e alto teor de sólidos. No entanto, diferente das destilarias, esse filtrado não deve ser encaminhado para a estação de tratamento. Outra grande diferença está na adoção de um método de esterilização para os leites de aveia e arroz, caso que, não ocorre nos destilados. No entanto, a exemplo do que ocorre em cervejarias, lavagem de equipamento de

pasteurização é uma pequena parcela na geração de carga de poluentes visto que somente produz efluentes uma vez ao dia.

Para a análise de carga orgânica, DBO, tem-se a seguinte *Tabela 6* síntese de carga e concentração de DBO de efluentes gerados pelo processo produtivo, bem com seu volume para cervejarias e destilarias.

Tabela 6 - Concentrações de Efluentes gerados em cervejarias por processo produtivo

Fonte	Média de indústrias (m ³ /m ³ de cerveja)	Média de indústrias (kg DBO/m ³ de Cerveja)	Média de indústrias (m ³ /m ³ de Destilarias)	Média de indústrias (kg DBO/m ³ de Destilado)
Refrigeração	1.4	-	-	
Limpeza de pátios	0.7	-	-	
Filtração	0.7	1.35	4.09	4.52
Cozimento	1.2	2.09	3.03	0.544
Outros Usos	3.6	0.42	0.605	0.235
Total	7.6	3.86	7.7	5.3

Fonte: EPA. State of the Art : Wastewater Management in the Beverage Industry, 1977

Para a produção de cerveja e destilados, são produzidos 7,6 e 7,7 L de efluente por litro de produto respectivamente. Para o projeto de leite, adota-se 7.6 L de efluente como na cervejaria mais 0.4 L / L para incorporar eventuais incertezas resultando em uma taxa redonda de 8 L de leite por litro de efluente produzido. Considera-se também que limpeza de pátios e água de refrigeração terão cargas desprezíveis de DBO. Adota-se a mesma vazão para limpeza de pátios e água de refrigeração de cervejarias. Note que os valores de efluentes domésticos estão embutidos na categoria Outros da Tabela 6, acima.

O efluente gerado na etapa de filtração de cervejarias é representativo do processo de produção de leite por similaridades de matéria prima e processo. A filtração de destilarias gera efluentes com cargas bastante altas porque considera águas recuperadas pelo destilador, caso que não ocorre na produção de leites de aveia e arroz. Desta forma, as cargas de DBO para a etapa de filtração aproximam-se mais da produção de cerveja. É oportuno adicionar, que apesar do processo de produção de leites de aveia e arroz prever uma reutilização dos sólidos filtrados para a produção de cookies, podem ocorrer imprevistos em que parte do filtrado acaba sendo encaminhado ao esgoto.

Para o efluente de cozimento, se adota o de carga mais crítica entre destilarias e cervejarias, sendo esse o efluente de cervejaria. Para outros usos, adota-se o efluente de cervejarias por ser o mais crítico tanto em termos de vazão como em termos de carga. Outros inclui também, mas não somente, resíduos domésticos e principalmente resíduos de lavagem de garrafas. É possível que durante a construção da unidade, altere-se a forma de engarrafamento para caixas acantonadas de modo a não precisar lavar as garrafas on-site (vazão média de 2,9 m³/m³ de leite produzido), no entanto, projetar considerando a vazão de lavagem de garrafas está a favor de segurança.

Em termos gerais, o efluente deve ser mais biodegradável que o doméstico. A hipótese dessa premissa reside em dois fatos. O primeiro, esse efluente é comparado a efluentes de

cervejarias que tem característica de maior biodegradabilidade em relação a efluentes domésticos (maiores relações DBO/DQO). A segunda razão é de que o processo produtivo tem etapa de filtração em que são retidas maiores partes das proteínas e lipídeos. Dessa forma, sobra para os efluentes majoritariamente matéria orgânica de fácil degradação como carboidratos.

Dessa forma, adota-se os valores referência de uma indústria cervejeira para a geração de efluentes na indústria de leite de aveia e arroz, visto sua maior verossimilhança com o efluente gerado pela indústria de leite de aveia e leite de arroz. A seguir tem-se **Tabela 7**, síntese das características resultantes esperadas do efluente da indústria de leites de aveia e leite de arroz:

Tabela 7 - Características esperadas do efluente

Parâmetros	Referência	Total
Vazão	8 m ³ /m ³ de produto	80 m ³ /d
Carga DBO	3.9 kg/m ³ produto	39 kg/d
Concentração DBO	-	487.5 mg/l
SS	4.18 kg/m ³ produto	41.8 kg/d
Temperatura	30 Graus Celsius	30
pH	6.5 - 8	6.5 - 8

4.2.6 Tanque de Equalização

Em se tratando de vazões, é importante estimar vazões horárias para inferir as vazões máximas horárias para com isso, estimar volume de tanque de equalização. Será estimado tanque de equalização para poder comparar alternativas de tratamento com e sem equalização prévia. Adotam-se vazões horárias distribuídas nas 17 horas de operação entre as 5:00 e 22:00 conforme Tabela 8, a seguir.

Tabela 8 – Distribuição Horária das Vazões

Fonte	Média de indústrias (m ³ /m ³ de cerveja)	Distribuição Horária durante Producao
Água de Refrigeração	1.4	Constante
Limpeza de pátios	0.7	Concentrada das 19:00 - 22:00
Filtração	0.7	Concentrada das 18:00 - 22:00
Cozimento	1.2	Concentrada das 18:00 - 22:00
Outros	4	Constante
Vazão Média	-	4.8 m ³ /h
Vazão Máxima	-	10.3 m ³ /h

Para cálculo de volume de equalização necessário, foram estimadas vazões acumuladas ao longo do tempo e extraído diferença entre gráfico das vazões médias acumuladas com gráfico das vazões horárias acumuladas, conforme Figura 12, a seguir. O volume final foi de 38,7m³ de tanque de equalização, no entanto adota-se 40m³.

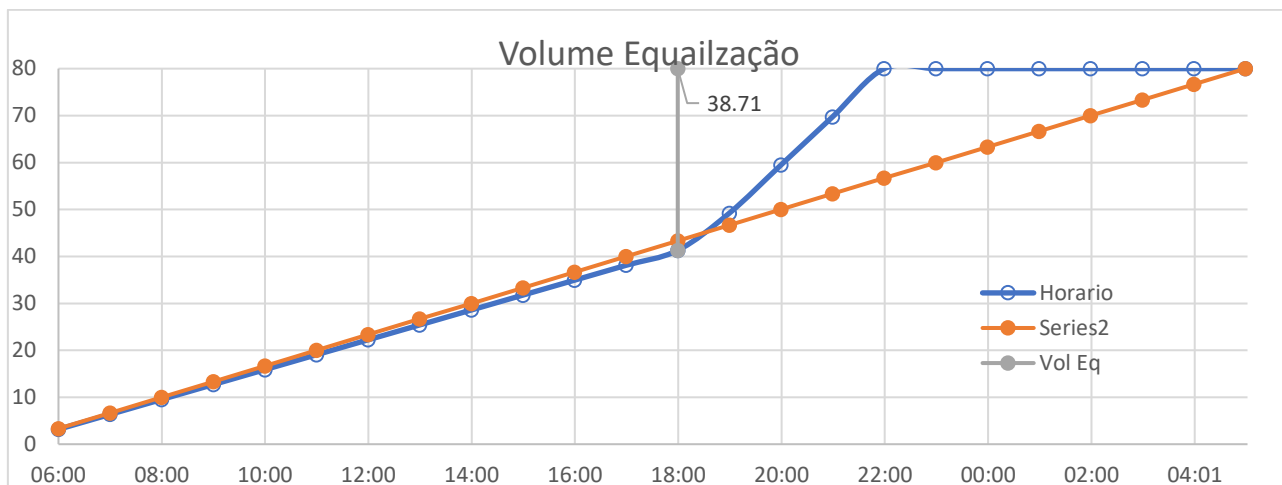


Figura 12 – Gráfico de Vazões acumuladas

A conclusão dessa análise de vazões é de que ou se faz tanque de equalização de 40 m³ e dimensiona-se o sistema de 80m³/d para vazão média de 3,3m³/h. Sem tanque de equalização, deve-se dimensionar o sistema para a vazão máxima de 10,3m³/h. A seguir, Figura e Figura 14 representando planta e corte longitudinal desse tanque de equalização de concreto previsto.

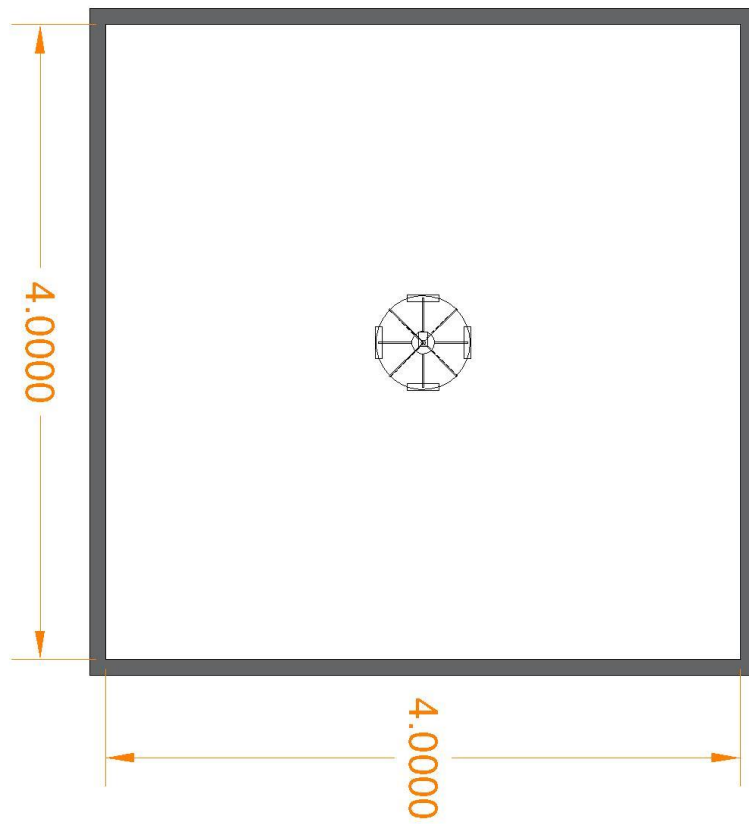


Figura 13 - Planta Tanque de Equalização

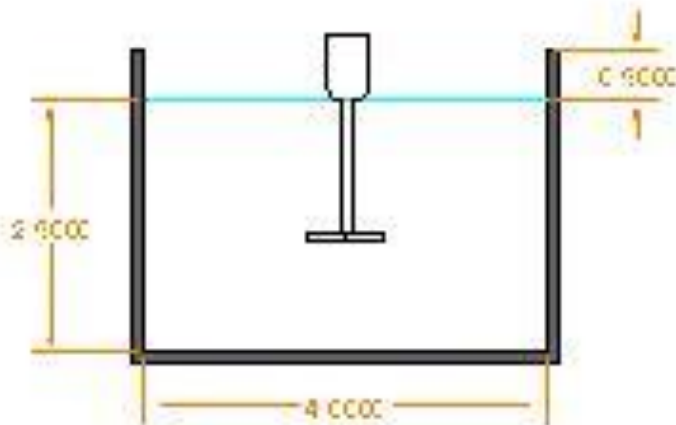


Figura 14 – Corte Longitudinal Tanque Equalização

4.2.7 Dosagem de Macronutrientes

A dosagem de Macronutrientes é baseada em relações estequiométricas de DQO:N:P de 350:7:1 para tratamentos anaeróbios e DBO:N:P de 100:5:1 para tratamento aeróbios. Para correção de fósforo deve ser adicionado monofosfato de amônio (MAP) e para correção de nitrogênio deve ser adicionado ureia granular. Para efeitos de dimensionamento, despreza-se a carga orgânica proveniente de esgotos domésticos.

Dessa forma com 80m³/d, para tratamentos anaeróbios, a necessidade em massa de fósforo e nitrogênio é de:

$$P = (487,5 \times 2) \text{ mg DQO/l} \times 1/350 \times 0,08 = 0,22 \text{ Kg P/d}$$

$$N = 7 \times P = 1,56 \text{ Kg N/d.}$$

A quantidade de monofosfato de amônio adicionada, sabendo que o produto é comercializado a 60% P₂O₅, e que a massa molecular de fósforo é de 31 e a do oxigênio é de 16:

$$\text{KgMAP} = 0,22/0,6 \times (5 \times 16 + 2 \times 31)/(2 \times 31) = 0,85 \text{ kg MAP/d}$$

A quantidade de ureia granular $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$ é resultante de nitrogênio necessário subtraído do nitrogênio adicionado pela aplicação de MAP. A ureia granular é comercializada com 45% de pureza. O peso molecular do carbono é 12, do hidrogênio é 1, do oxigênio é 16 e do nitrogênio é 14.

$\text{Kg N a adicionar} = 1,56 - 0,85 \times 11\% = 1,45\text{kg}$

$\text{Kg ureia} = 1,45/0,45 \times (12+1 \times 4+16+2 \times 14)/(2 \times 14) = 7 \text{ kg ureia /d.}$

Para tratamento aeróbio, a necessidade em massa de fósforo e nitrogênio é de:

$P = (487,5 / 100) \text{ mg DQO/l} \times 1/100 \times 0,08 = 0,39\text{kg P/d}$

$N = 5 \times P = 1,95 \text{ kg N/d.}$

A quantidade de monofosfato de amônio adicionada, sabendo que o produto é comercializado a 60% P_2O_5 , e que a massa molecular de fósforo é de 31 e a do oxigênio é de 16:

$\text{KgMAP} = 0,39/0,6 \times (5 \times 16 + 2 \times 31)/(2 \times 31) = 1,49 \text{ kg MAP/d}$

A quantidade de ureia granular $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$ é resultante de nitrogênio necessário subtraído do nitrogênio adicionado pela aplicação de MAP. A ureia granular é comercializada com 45% de pureza. O peso molecular do carbono é 12, do hidrogênio é 1, do oxigênio é 16 e do nitrogênio é 14.

$\text{Kg N a adicionar} = 1,56 - 0,85 \times 11\% = 1,78\text{kg}$

$\text{Kg ureia} = 1,78/0,45 \times (12+1 \times 4+16+2 \times 14) / (2 \times 14) = 8,5 \text{ kg ureia /d.}$

4.2.8 Alternativa de Tratamento 1 – UASB + Físico Químico

Essa alternativa consiste de uma remoção de no mínimo 60% de DBO por reator anaeróbio e somente um polimento em processo de precipitação quimicamente assistido. É uma grande oportunidade de processo com baixíssimos custos operacionais, vis a inexistência de equipamentos de aeração. Adicionalmente, um reator UASB já poderia ser suficiente para remoção de 80% da matéria orgânica presente, o que dispensaria custos com coagulantes, no entanto, como não se pode comprovar eficiência em unidade piloto, dimensiona-se o sistema composto por um pós-tratamento adicional em decantador com aplicação de coagulante cloreto férrico para remoção da DBO remanescente. Outra economia de reatores anaeróbios é a necessidade de adição de nutrientes em menores quantidades que um reator aeróbio.

Para flocculador, adotou-se uma única câmara com misturador de rotação variável. O decantador adotado foi o laminar, com o objetivo de economia de espaço.

Para dimensionamento, serão utilizados valores de esgoto doméstico. Essa é uma consideração a princípio conservadora na medida em que se espera um efluente de características de remoção similares a indústria cervejeira, ou seja, mais facilmente biodegradáveis que esgotos domésticos.

Supondo DQO de esgoto doméstico, é razoável definir $\text{DQO} = 2 \times \text{DBO}$, hipótese também a favor da segurança visto que um efluente mais biodegradável deve ter DQO menor, aproximadamente 975 mg DQO/l. Adota-se taxa de aplicação típica de 6 horas de tempo de retenção hidráulica para vazões máximas. Dessa forma, ou se

dimensiona o sistema para 6 horas de retenção à vazão máxima de 10,3 m³/h sem tanque de equalização, ou se dimensiona o sistema para 3,33m³/h com tanque de equalização. Adotou-se pelo tanque de equalização.

Adotou-se 6 horas de retenção hidráulica para a vazão equalizada de 3,33 m³/h.
Volume útil dos reatores = 3,33 x 6,0 = 20 m³

Deve ser utilizado 1 reator UASB quadrado, com 2,30 m de lado (5,29m² de área superficial) e 4m de profundidade útil total (zona de manto +zona de decantação).

Novo Tempo de detenção hidráulico resultante:
 $t_d = 4 \times 2,3 / (3,3) = 6,35 \text{ h (p/ Qmáx.)}$

Velocidade ascensional na zona de manto de lodo:
 $V_{asc.} = (3,3) / (5,29\text{m}^2) = 0,63 \text{ m/h}$

Adotando 1,5 metros de campânula e duas faixas de 0,4m de abertura no reator, calcula-se a velocidade de passagem para a zona de decantação:
 $V_p = (3,3) / (2 \times 0,4 \times 2,3) = 1,8 \text{ m/h}$

Adotando 0,7m de largura para os chapéus, calcula-se a velocidade de escoamento à superfície da zona de decantação:
 $q_A = (3,3) / (2,3 \times (2,3 - 0,7)) = 0,9 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \cdot \text{h}$

Considerando-se uma entrada a cada 3 m² de fundo de reator, o número de tubos alimentadores será: $5,29 / 3 = 2$ tubos por reator.

Considerando-se a produção de lodo igual a 0,2 kg SS / kg DQO aplicada, e considerando carga de DQO = 2x carga DBO / dia, obtém-se a produção de lodo.
Carga DQO = 2 Carga DBO ⇒ Carga DQO = 78 kg DQO/dia
Produção de lodo: $0,2 \times 78 = 15,6 \text{ kg SS / dia}$

Considerando-se a produção de 0,12 Nm³ gás / kg DQO Aplicada, tem-se:
Prod. Gás = $0,12 \times 78 = 9,4 \text{ Nm}^3 / \text{dia}$ (gás com 75% CH₄)

Eficiência do reator:
Considerando 65% de remoção de DBO, tem se Carga de DBO Residual:
DBO_{res} = $0,35 \times 39 = 13,65 \text{ kg DBO / dia}$

A seguir, Figura 15 e Figura 16 contendo planta e corte longitudinal de UASB executado em concreto.

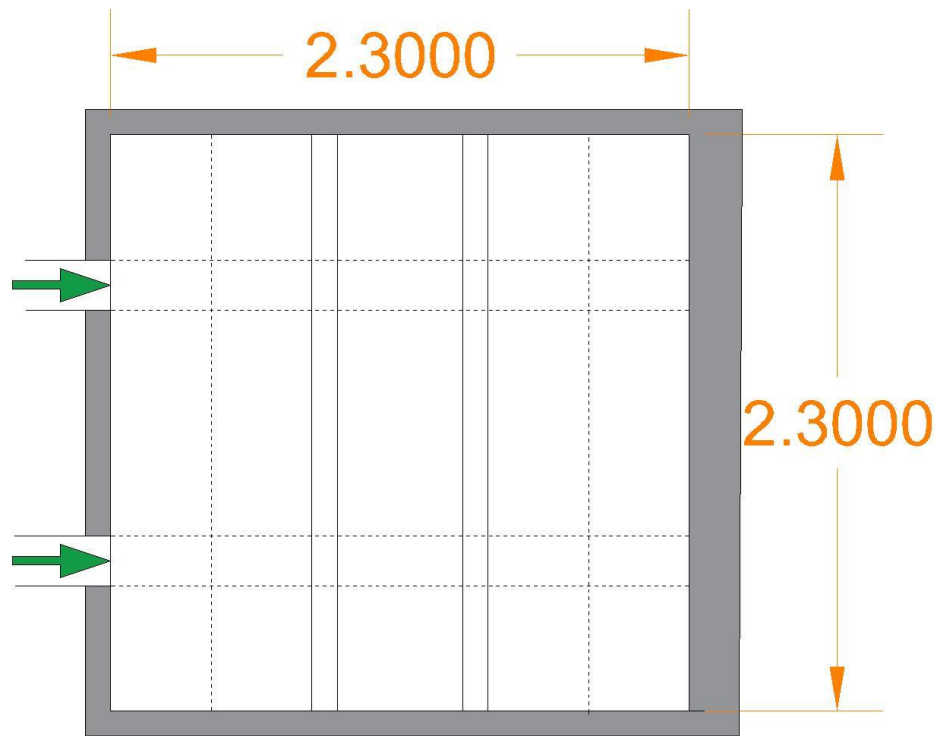


Figura 15 - Planta UASB

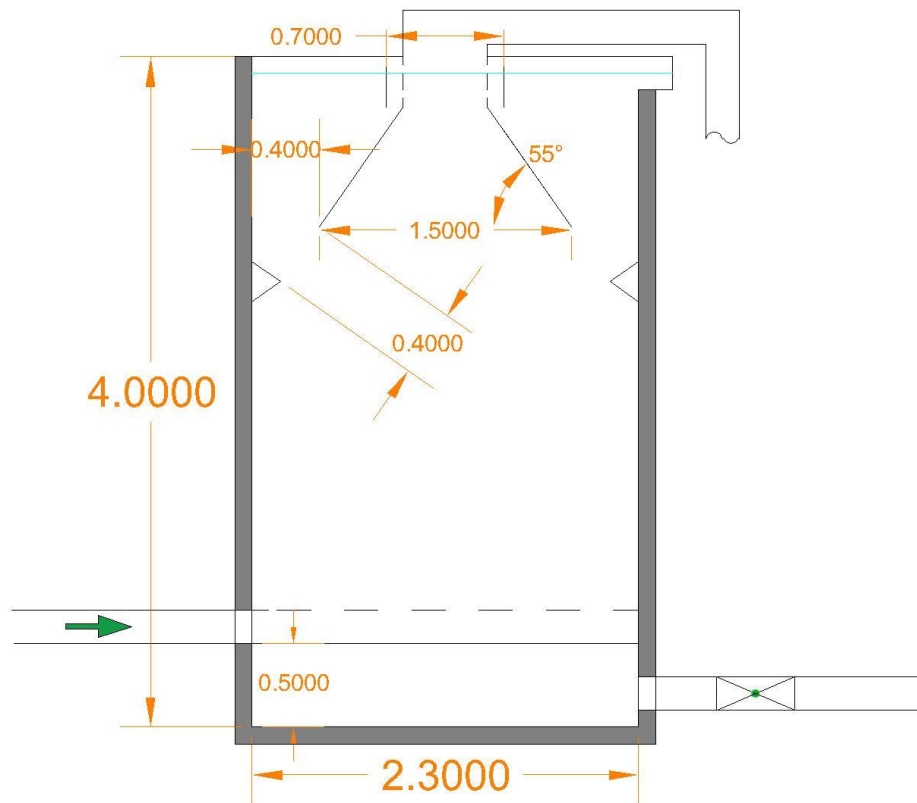


Figura 16 - Corte UASB

Físico Químico composto por Floculador e Decantador Lamelar. Para dimensionamento de floculador adotou-se 30 minutos de tempo de retenção hidráulica e 2 metros de lâmina líquida. Os resultados de planta e corte são ilustrados nas Figura 17 e Figura 18.

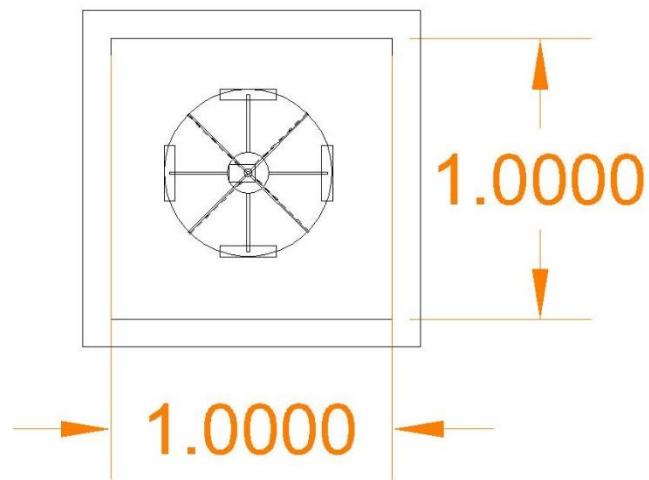


Figura 17 - Planta Floculador

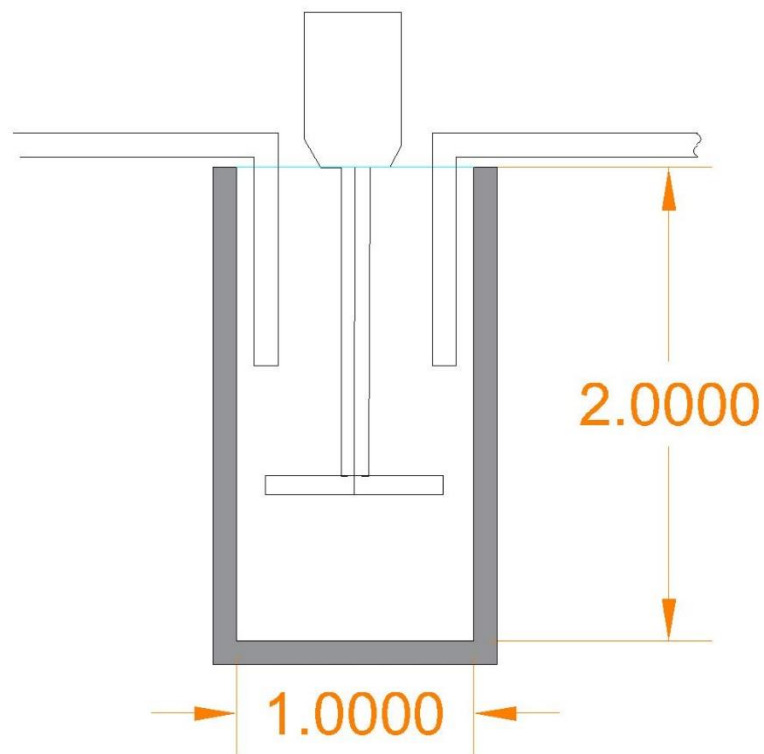


Figura 18 - Corte Floculador

Para dimensionamento de decantador lamelar, considera-se velocidade de sedimentação bastante conservadora de 12 m/d. Considera-se placas lamelares típicas de mercado de 1,2 m, com 0,5 cm de espessura espaçadas de 0,06 m. Cálculo da relação l/w (comprimento da placa sobre espaçamento)

$$L/w = 1,2/0,06 = 20.$$

A seguir, Figura 19 com representação de lamelas

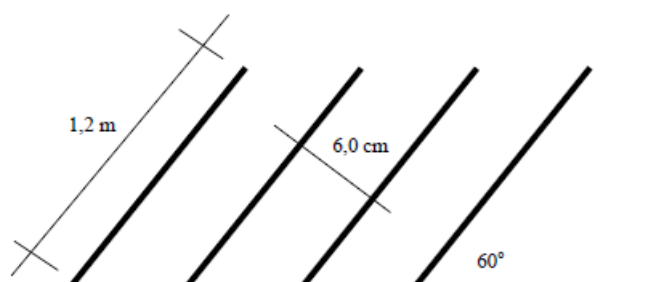


Figura 19 - Lamelas

Cálculo da velocidade de escoamento entre as placas, considerando inclinação de 60° graus.

$$V_0 = V_s \cdot (L \cdot \cos\theta + \text{sen}\theta) = 82,4 \text{ m/ dia}$$

Cálculo da área útil entre as placas

$$Q = V_0 \cdot A_{\text{útil}}$$

$$A_{\text{útil}} = 80 / 82,4 = 0,97 \text{ m}^2$$

Cálculo da área superficial útil entre as placas

$$0,97 / \text{sen } 60 = 1,1 \text{ m}^2$$

Admitindo uma relação entre o comprimento do decantador e sua largura igual a 3/2, tem-se que:

Largura B = 0,87 m. No entanto admite-se 1m de largura.

Comprimento útil $L_{\text{útil}} = 1,12 \text{ m}$

Cálculo do número de espaçamentos entre as placas

$$N_e = L_{\text{útil}} / w = 1,12 / 0,06 = 19 \text{ espaçamentos.}$$

Cálculo do número de placas

$$N_{\text{placas}} = (N_e + 1) = 20$$

Cálculo do comprimento do decantador perpendicular as placas, considerando espessura de 0,5cm.

$$L_p = N_e \cdot w + N_{\text{placas}} \cdot \text{Esp} = 19 \cdot 6 + 20 \cdot 0,5 = 1,24 \text{ m}$$

Cálculo do comprimento do decantador relativo ao plano horizontal

$$L = x + L_p = 1,2 \cdot \cos(60) + 1,24 / \text{sen}(60) = 2,03 \text{ m}$$

A seguir, Figura 20 com as dimensões acima determinadas.

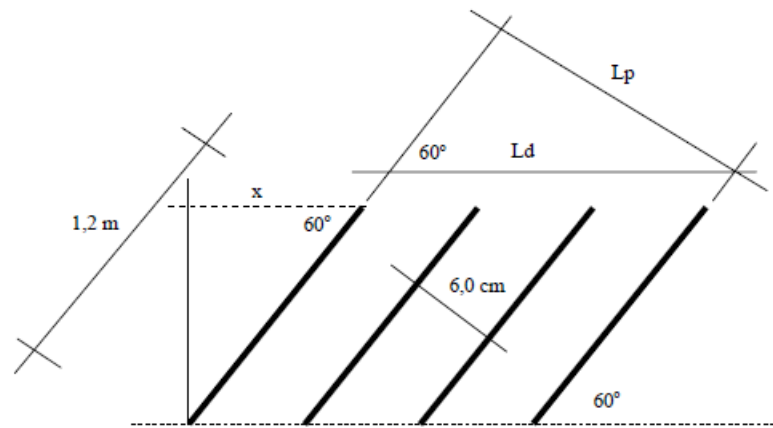


Figura 20 - Dimensões Lamelas

Para arranjo dos poços de lodo e definição das dimensões finais do decantador laminar. Adota-se $B=0,5$

$$L_{\text{fundo}} = X = 2 \cdot B + 0,5$$

$$H = B \cdot \tan(60).$$

$$A = x^2$$

Dessa forma resulta em: $X = 1,5\text{m}$, $H = 0,87\text{m}$ e $\text{Apoço} = 2,25\text{m}^2$.

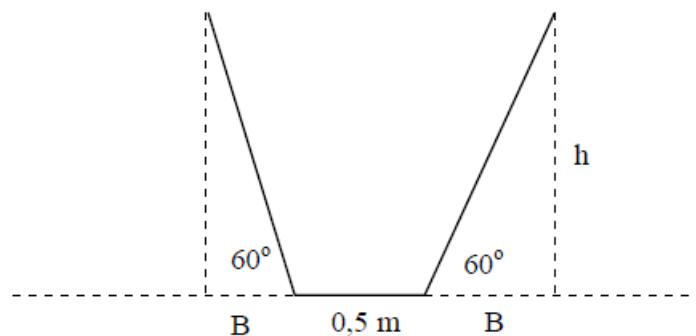


Figura 21 - Poço Decantador

O número de poços pode ser calculado em função da área total do decantador.

$$B \times L / \text{Apoço} = 1 \times 2,03 / 2,25 = 1 \text{ poço.}$$

Verificação do dimensionamento hidráulico

$$L = x + L_d = 1,5 \times N_{\text{poços}} = 1,5\text{m}$$

$$L_d = L - x = 1,5 - 1,2 \cos 60 = 0,9\text{m}$$

$$L_p = L_d \cdot \sin 60 = 0,9 \cdot \sin 60 = 0,8\text{m}$$

Cálculo do número de espaçamentos

$$L_p = N_{\text{esp}} \cdot w + (N_{\text{esp}} - 1) \cdot \text{Esp}$$

$$80 = N_{\text{esp}} \times 6,0 + (N_{\text{esp}} - 1) \cdot 0,5$$

$$N_{\text{esp}} = 13$$

$$\text{Logo, } N_{\text{placas}} = 14$$

Cálculo da Velocidade de Escoamento entre as Placas V_o

$$V_0 = Q / (\text{Nesp} \times X \times w) = 80 / (13 \times 1.5 \times 0,06) = 68 \text{ m/d}$$

Cálculo da Velocidade de Sedimentação

$$V_s = V_0 / (L \times \cos 60 + \text{sen} 60) = 68 / (20 \times \cos 60 + \text{sen} 60) = 6.3 \text{ m/d}$$

Cálculo da Taxa de Escoamento Virtual

$$q = Q/L \times X = 35,6 \text{ m}^3/\text{m}^3/\text{d}$$

Cálculo do Número de Reynolds

Raio Hidráulico	m	0.028846154
Diâmetro Hidráulico	m	0.115384615
Reynolds		91.31419388

Dimensionamento das calhas de coleta de água decantada

Cálculo do comprimento total de vertedor admitindo-se uma vazão linear por metro de calha igual a 1,5 l/s/m, tem-se que:

$$L_{\text{calha}} = 1,5 \text{ m}$$

$$\text{Comprimento Vertedouro } L_v = Q/1,5 = 0,6 \text{ m}$$

$$N_{\text{calha}} = L_v/2 L_{\text{calha}} = 1$$

A seguir, Figura 22,. Ilustra as diferentes alturas em um decantador.

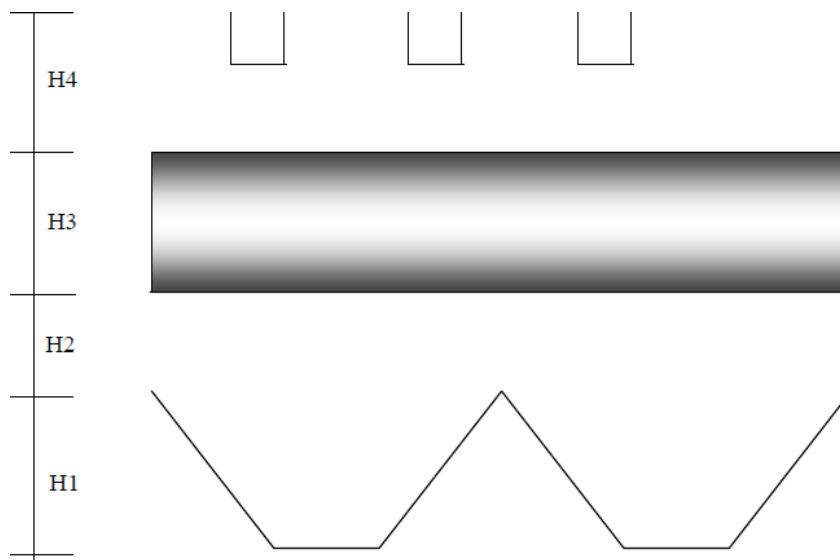


Figura 22 - Esquema de diferentes zonas em decantador

Definição das alturas do decantador laminar

H1 ⇒ Função da geometria do poço de lodo

$$H1 = 0,87$$

H2 ⇒ Entrada de água flokulada (0,4 a 0,8 metros)

$$H2 = 0,4 \text{ m (Adotado)}$$

H3 ⇒ Função da altura das placas

$$H3 = l \times \text{sen } 60 = 1,20 \times \text{sen } 60 = 1,04 \text{ m}$$

H4 ⇒ Função da distância entre as calhas de coleta de água decantada
 $H_{total} = 2,91 \text{ m}$.

A seguir, Figura 23 e Figura 24 contendo corte e planta de Decantador Lamelar.

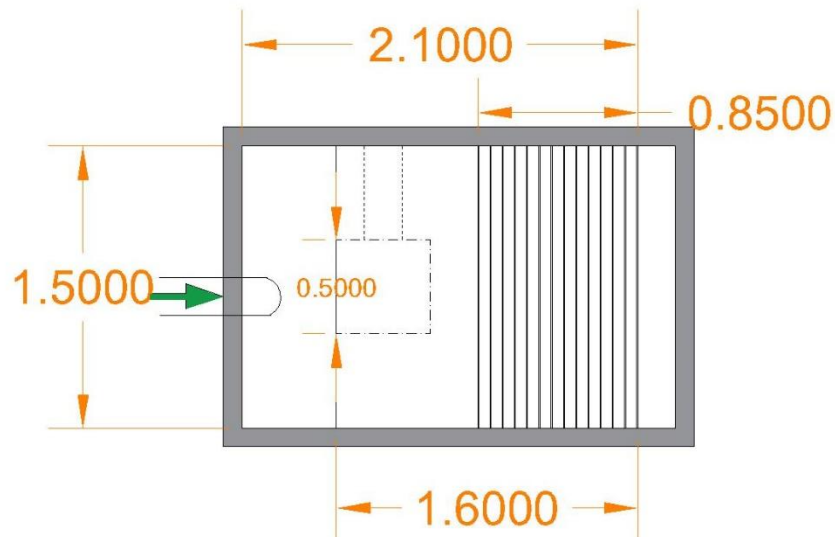


Figura 23 - Planta Decantador Lamelar

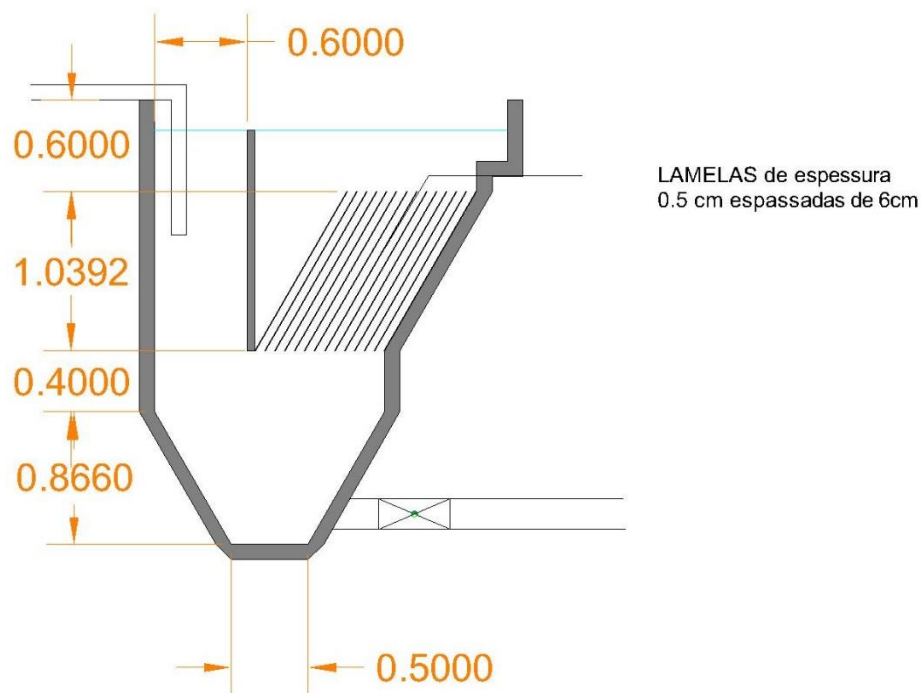


Figura 24 - Corte Decantador Lamelar

Para dimensionamento de leito de secagem, estima-se primeiro, produção de lodo. Dado que a produção de Lodo = Lodo UASB + Lodo Físico Químico, e já calculada produção de lodo de UASB em 15,60kgSS/d, resta calcular o Lodo de processo físico químico. Para estimativa, recorre-se a referências bibliográficas de esgoto sanitário. Para precipitação de lodo em ETE's após tratamento biológico, adota-se taxas de 0,77 a 0,99 mgSS/mg FeCl₃, adota-se aplicação de cloreto férrico a 100 mg/l, e taxa de 0,77 mgSS/mg FeCl₃, devido a maior biodegradabilidade prevista em etapa biológica. Dessa forma, são 6,16 kgSS/d de lodo oriundo de precipitação química, totalizando 21,76kgSS/d de lodo.

Adotando 12 ciclos de secagem por ano, e 12,5 kgSS/m² x ciclo resultam em leito de 3,55m de comprimento e 10,64 de largura. Serão adotados 4m de comprimento e 10m de largura perfazendo 40m² de área. A seguir, tem-se ilustrações de planta e cortes do leito de secagem.

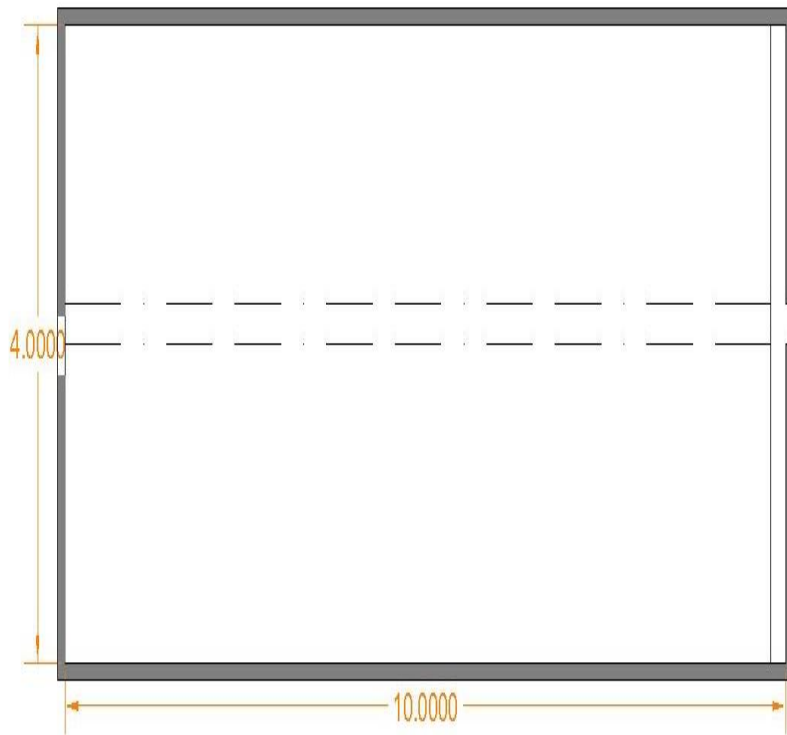


Figura 25 - Planta de Leito de Secagem

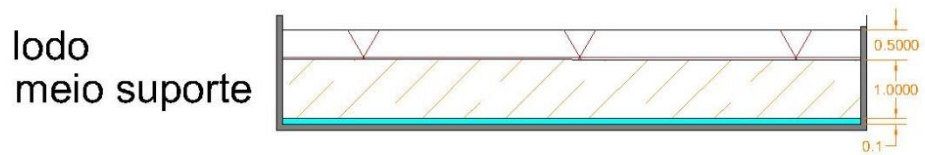


Figura 26 - Corte Longitudinal Leito de Secagem

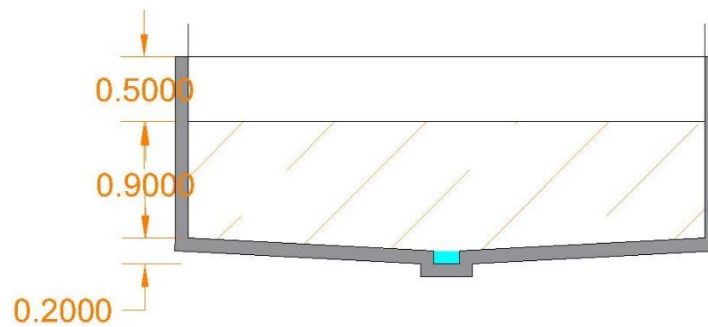


Figura 27 - Corte Transversal Leito de Secagem

Para fins de projeto, foi elaborado layout das instalações e perfil hidráulico de água e de lodo, conforme Figuras a seguir.

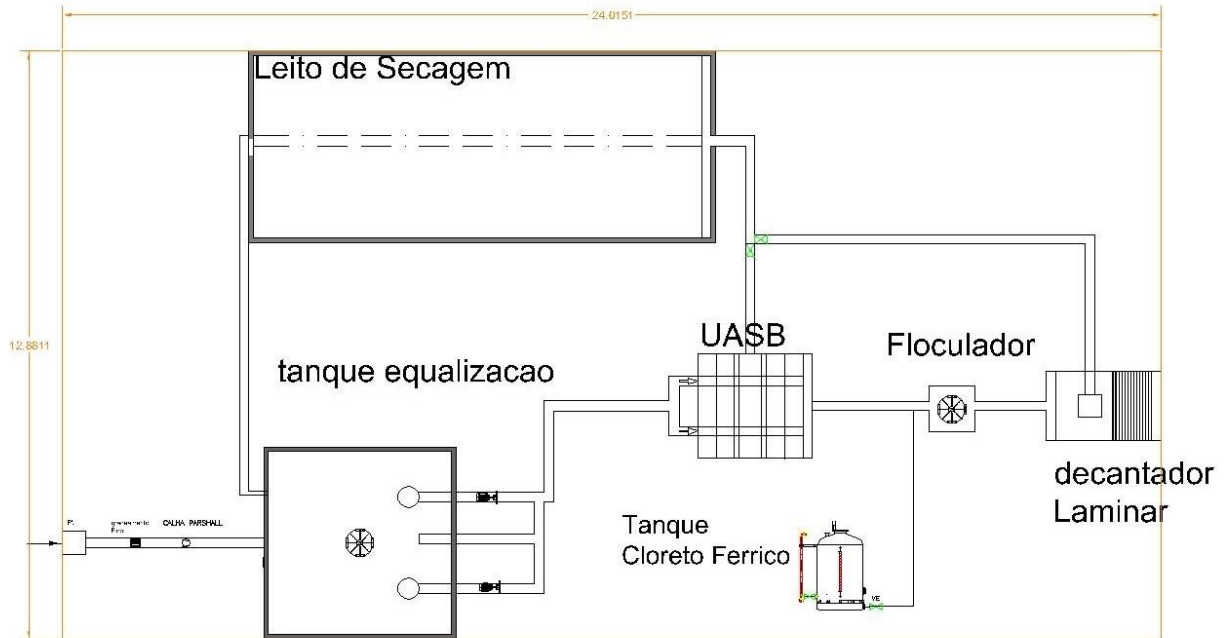


Figura 29 - Arranjo UASB e Físico Químico

Linha Hidraulica efluente

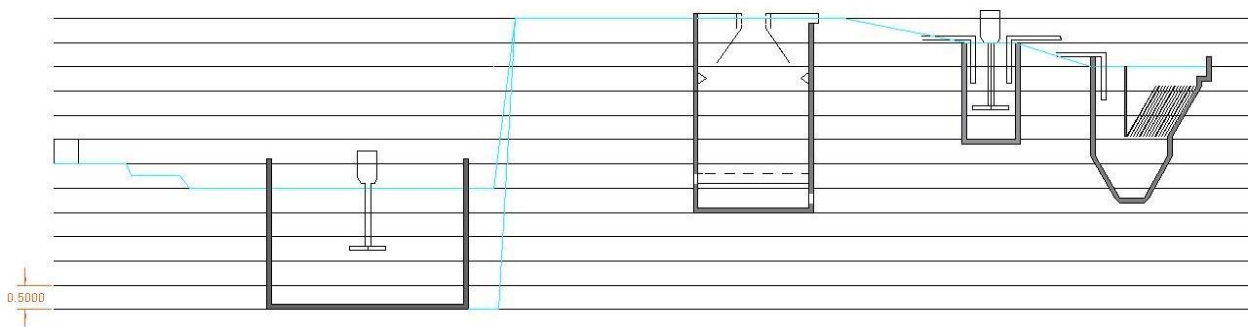


Figura 30 - Perfil Hidráulico UASB + FQ

Linha Hidraulica Lodo

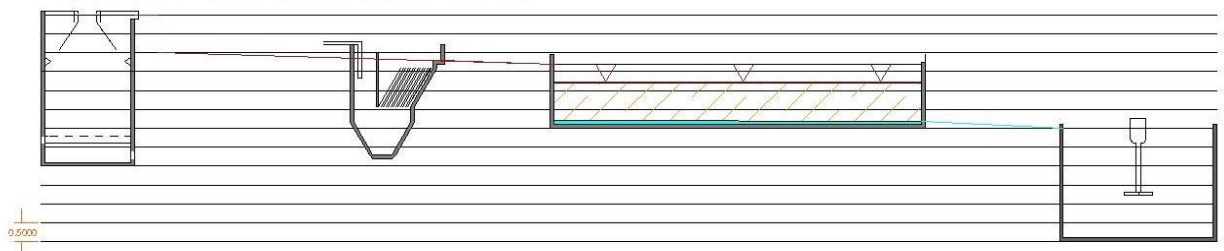


Figura 31 - Perfil Hidráulico Lodo UASB + FQ

4.2.9 Alternativa de Tratamento 2 –Lagoa Aerada e Lagoa de Decantação

Visando dimensionar uma alternativa de baixos custos de investimento, adota-se solução de lagoas escavadas em solo para minimizar construção em concreto. Adotando-se tempo de detenção hidráulico de 4,0 dias, o volume útil necessário de lagoas aeradas é:

$$V_{\text{útil}} = 4,0 \times 80 = 320 \text{ m}^3$$

Será considerada uma lagoa aerada seguidas de lagoas de decantação.

A necessidade de oxigênio é estimada em 1,3 kg O₂ / kg DBO. Considerando-se o funcionamento dos aeradores durante 24 horas por dia, tem-se:

$$NECO_2 = 1,3 \times 39 / 24 = 2.11 \text{ kg O}_2 / \text{hora}$$

Será considerado o emprego de aeradores flutuantes de alta rotação, com capacidade de transferência de oxigênio, em condições de campo, estimada em 0,65 kg O₂ / CV x hora. Dessa forma calcula-se a potência necessária como: PNEC = 2,11 / 0,65 = 3,25 CV (total).

Cada lagoa deverá portar 02 aeradores de 2,5 CV de potência do motor cada, perfazendo uma potência instalada de 5 CV. Considera-se uma fileira com dois aeradores em cada lagoa.

A densidade de potência mínima recomendada de lagoas é de 3W/m³. A densidade de potência é de:

$$D_p = 5 \times 745 / 320 = 11.6 \text{ W/m}^3$$

Adota-se Profundidade útil: $H_u = 3,0 \text{ m}$

Área à meia profundidade de cada lagoa: $A_{1/2Prof} = 320 / 3,0 = 107 \text{ m}^2$.

A relação comprimento/largura das lagoas aeradas será de 1,5 / 1,0. Adotando inclinação do talude de 27graus, obtém-se as seguintes dimensões.

Largura meia prof	m	7.30
Comprimento meia prof	m	14.61
Borda Livre	m	0.50
Largura Fundo	m	1.30
Comprimento Fundo	m	8.61
Largura Espelho d'água	m	13.30
Comprimento Espelho d'água	m	20.61
Largura Terreno	m	15.30
Comprimento Terreno	m	22.61
Área Terreno	m ²	345.94

A seguir Figura 32 e Figura 33 e Figura 34 representando perfil e corte longitudinal e transversal da lagoa aerada. A lagoa é construída com solo escavado revestida de manta geotêxtil.

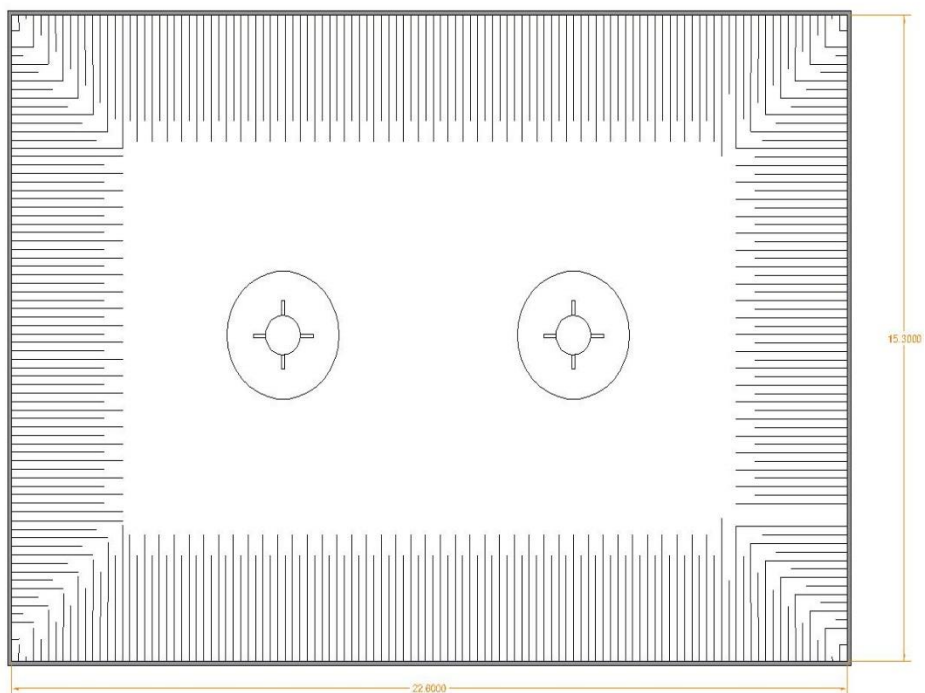


Figura 32 - Planta Lagoa Aerada



Figura 33 - Corte Longitudinal Lagoa Aerada

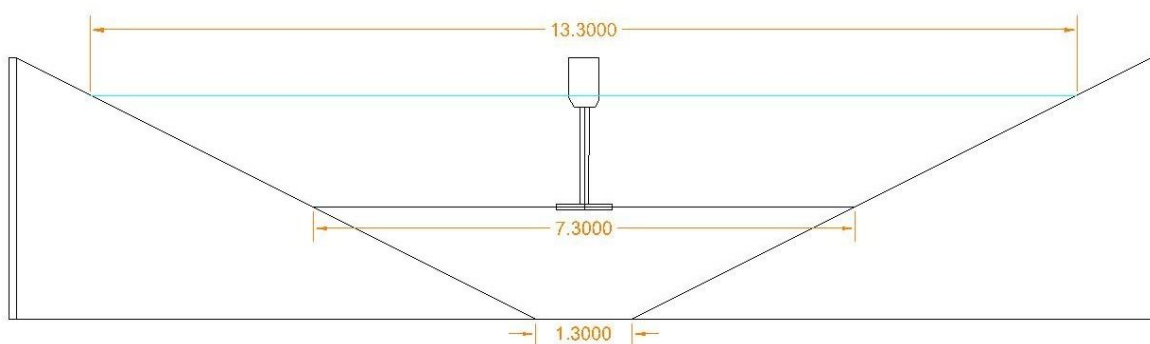


Figura 34 - Corte Transversal Lagoa Aerada

Lagoa de Decantação em solo escavado com remoção hidráulica de lodo por gravidade. O fundo da lagoa é inclinado de forma que o lodo naturalmente escoar para lateral do decantador.

Adotando-se o tempo de detenção hidráulica de dois dias para a lagoa de decantação tem-se: $V_{L.DEC} = 2,0 \times 80 \times 3 = 480 \text{ m}^3$

Profundidade útil adotada: $H_u = 3,0 \text{ m}$

Área de cada lagoa de decantação: $A_{1/2Prof} = 160 / 3,0 = 53,3 \text{ m}^2$. A relação comprimento/largura das lagoas aeradas será de 1,5 / 1,0. Adotando inclinação do talude de 27 graus, obtém-se as seguintes dimensões.

Largura meia prof	m	5.96
Comprimento meia prof	m	8.94
Borda Livre	m	0.50
Largura Fundo	m	0.00
Comprimento Fundo	m	2.94
Largura Espelho d'água	m	11.96
Comprimento Espelho d'água	m	14.94

Largura Terreno	m	13.96
Comprimento Terreno	m	16.94
Área Terreno	m ²	236.59

A seguir Figura 35 Figura 36 e Figura 37 representando a lagoa de decantação. Nota-se que o tanque de decantação tem sistema de remoção de lodo por gravidade, obtida com inclinação de fundo de 2%.

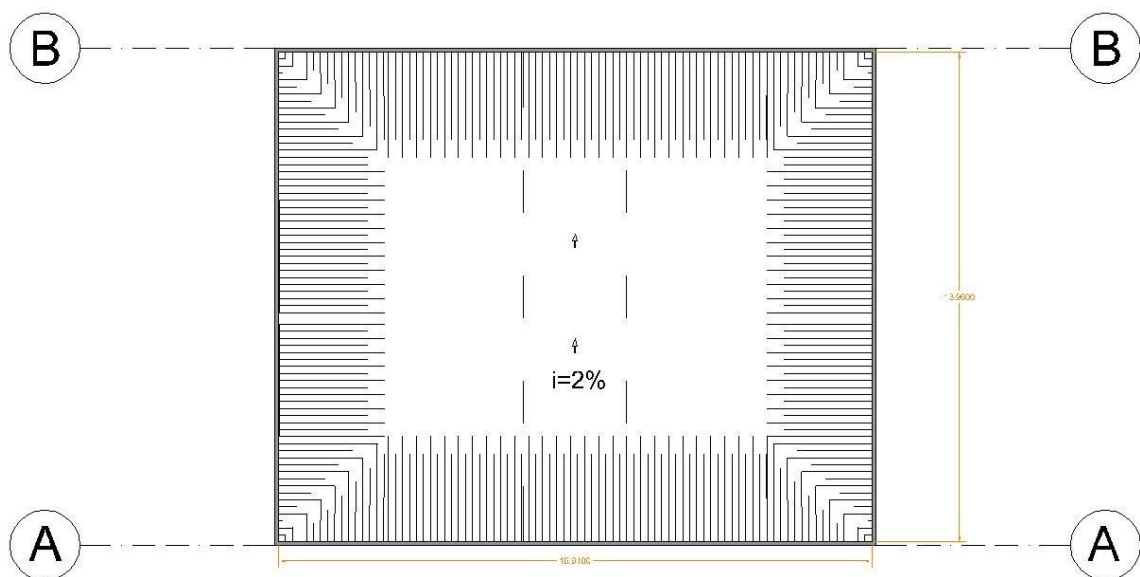


Figura 35 - Decantador em Planta

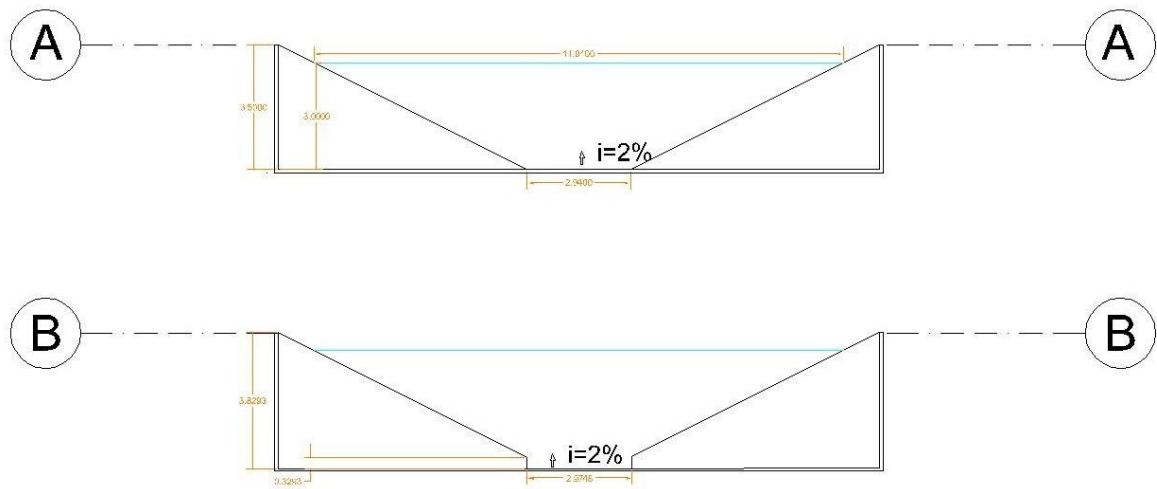


Figura 36 - Cortes Longitudinais Decantador

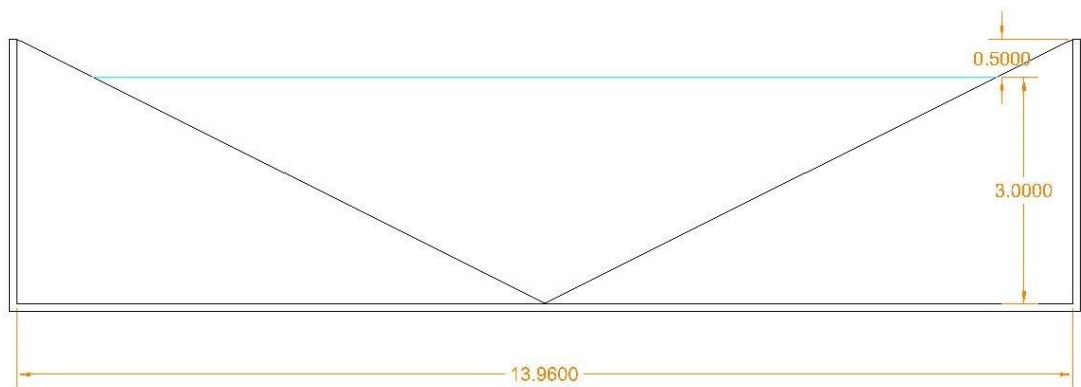


Figura 37 - Decantador Corte Transversal

Para fins desse trabalho foi desenhado arranjo hidráulico e perfil hidráulico do efluente conforme Figuras a seguir.

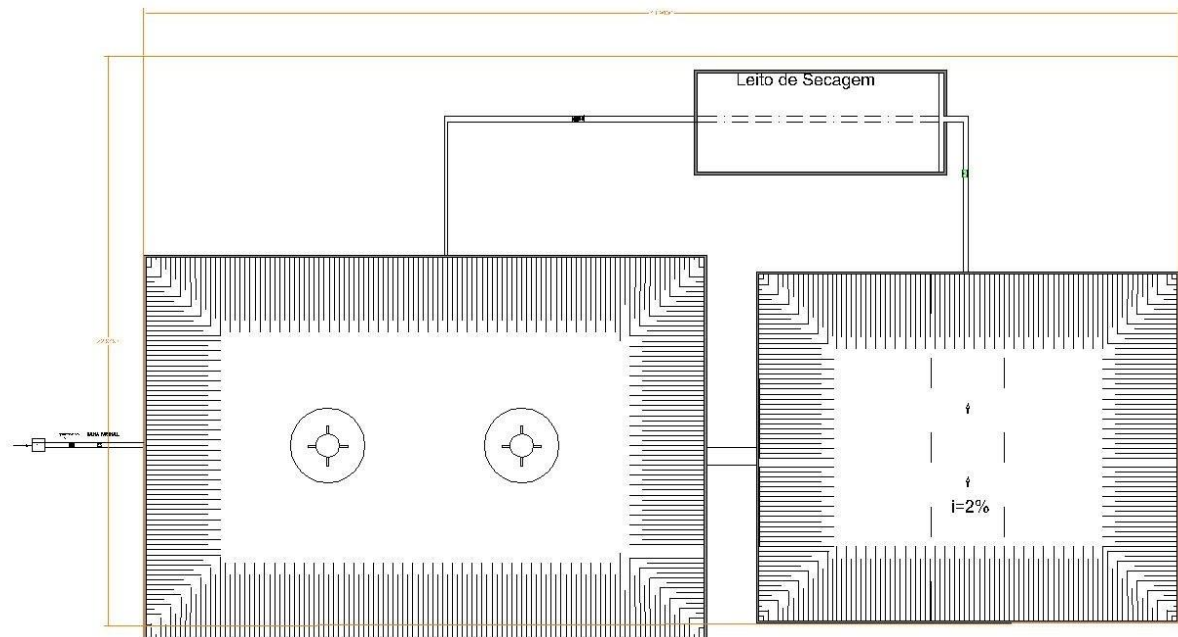


Figura 38 - Arranjo Hidráulico de Lagoas

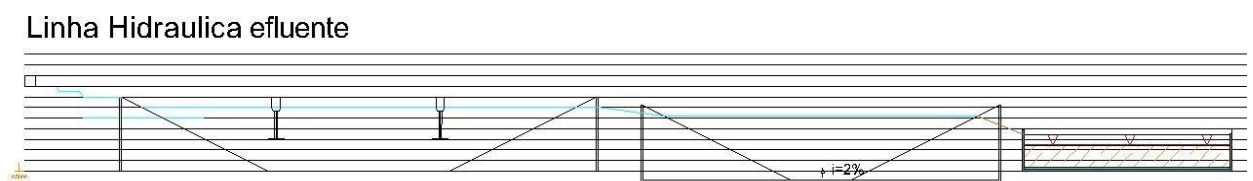


Figura 39 - Perfil Hidráulico Lagoas

4.2.10 Alternativa de Tratamento 3 –Aeração Prolongada

Visando o dimensionamento de uma solução compacta, alternativa ao tratamento anaeróbio, dimensiona-se um sistema de aeração prolongada.

Considerando-se o fator de carga $f = 0,08 \text{ kgDBO} / \text{kgSS.d}$ e a concentração de $4,0 \text{ kg SS} / \text{m}^3$ de tanque, tem-se o seguinte volume necessário de tanques de aeração:
 $VTA = 39 / (4 \times 0,08) = 122 \text{ m}^3$

Considerando-se a necessidade de oxigênio igual a $2,5 \text{ kgO}_2 / \text{kgDBOapl.}$, a necessidade de oxigênio será de:
 $NEC \text{ O}_2 = 2,5 \times 39 / 24 = 4,06 \text{ kg O}_2 / \text{h}$

Considerando-se o emprego de aeradores superficiais de baixa rotação, com capacidade de transferência de oxigênio de $0,9 \text{ kg O}_2 / \text{CV} \times \text{hora}$, já nas condições de campo, tem-se a seguinte potência total a ser instalada nos tanques:

$$\text{PNEC} = 4,06 / 0,9 = 4,5 \text{ CV}$$

Será considerado o emprego de 02 aeradores de 2,5 CV por tanque de aeração, dispostos em série. O tanque será quadrado feito com paredes verticais de concreto e com profundidade útil de 4 metros. Dessa forma tem-se:

$$\text{Área} = 122/4 = 30,5\text{m}^2$$

Adotando relação de lado e comprimento de 1:2, tem-se

$$\text{Largura} = 3,9\text{m}$$

$$\text{Comprimento} = 7,8\text{m}$$

Densidade de potência resultante:

$$dp = (5 \times 745) / 122 = 30,6 \text{ W} / \text{m}^3$$

Tempo de detenção hidráulico resultante:

$$td = 122 / 3,3 = 36,6 \text{ horas}$$

Vazão de retorno de lodo

A vazão de retorno de lodo será estimada considerando-se que o lodo estará sedimentado no fundo do decantador secundário a uma concentração de 8,0 kg/m³ (dado típico). Segundo:

$$(1 + r) \cdot X = r \cdot X_r, \text{ para } X = 4,0 \text{ kg/m}^3 \text{ e } X_r = 8,0 \text{ kg/m}^3, \text{ tem-se } r = 1 \text{ e } Q_r = 3,33 \text{ m}^3/\text{h}$$

Admitindo-se o coeficiente de produção de lodo $\Delta X = 0,6 \text{ kgSS} / \text{Kg DBO}$, tem-se:
 $\Delta X = 0,6 \times 39 = 23,4 \text{ kg SS} / \text{dia}$

Para lodo com 8,0 kgSS/m³ e massa específica 1010 kg/m³, a vazão de excesso de lodo será:

$$Q_{\text{lodo}} = 23,4 / (0,008 \times 1010) = 2,9 \text{ m}^3/\text{d}$$

Idade do lodo resultante:

$$\theta_c = V \cdot X / \Delta X = (122 \times 4,0) / 23,4 = 21 \text{ dias}$$

Para dimensionamento de Tanque de Decantação, adotou-se solução de Decantador Dortmund. Adotando-se a taxa de aplicação de sólidos $GA = 4,0 \text{ kg SS} / \text{m}^2 \cdot \text{h}$, tem-se a seguinte área superficial necessária de decantadores secundários:

$$A_s = (Q + Q_r) \cdot X / GA = 3,33 \times 2 \times 4 / 4 = 6,67 \text{ m}^2$$

Deverá ser usado 01 decantadores com 3 m de diâmetro. A taxa de escoamento superficial resultante será:

$$q_A = 80 / 911,5 = 12 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}. \text{ Esse resultado está dentro do limite de } 36\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}.$$

Adotando-se a profundidade útil, $H_u = 3,5 \text{ m}$ tem-se que volume útil:

$$V_u = 6,67 \times 3,0 + 1,56 \text{ (1/3 Area adensamento de lodo)} = 21,56 \text{ m}^3$$

Tempo de detenção hidráulico resultante: $td = 23,33 / 3,33 = 7,0 \text{ horas}$

Tempo hidráulico resultante para hora pico $td = 23,33/10,3 = 2,09$. O que garante 1,5h exigidos pela legislação para vazão pico.

O vertedouro de coleta é alocado somente em $\frac{1}{4}$ da superfície do decantador. Dessa forma, taxa de escoamento de vertedouro = $33,95 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$, abaixo do limite máximo de $290 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$

As Figuras a seguir ilustram plantas e cortes de Reator e Decantador do processo.

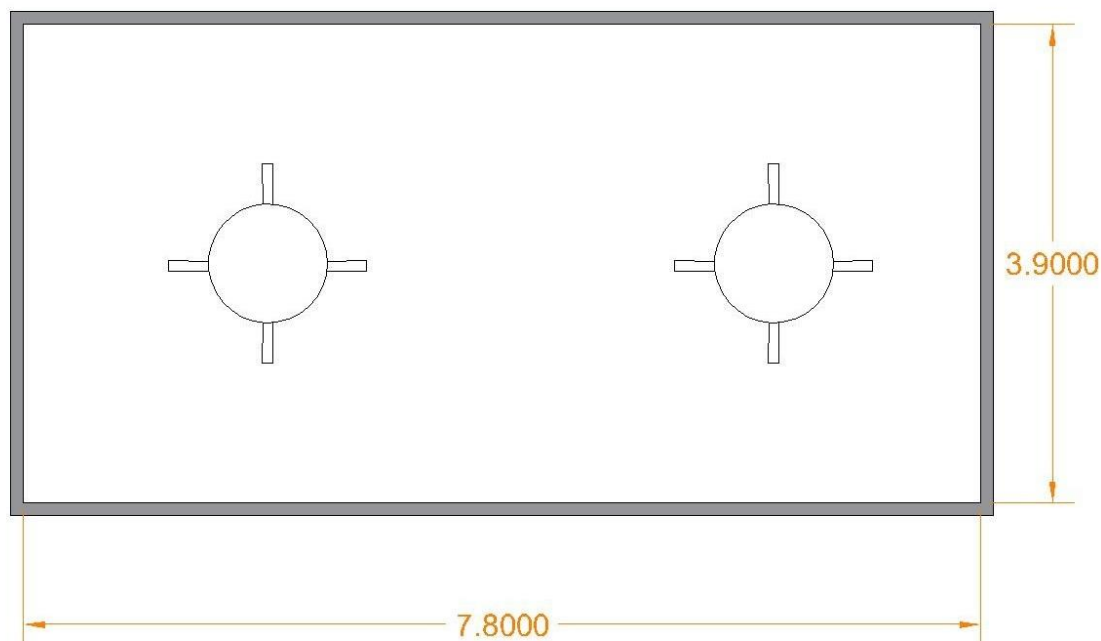


Figura 40 - Planta Reator

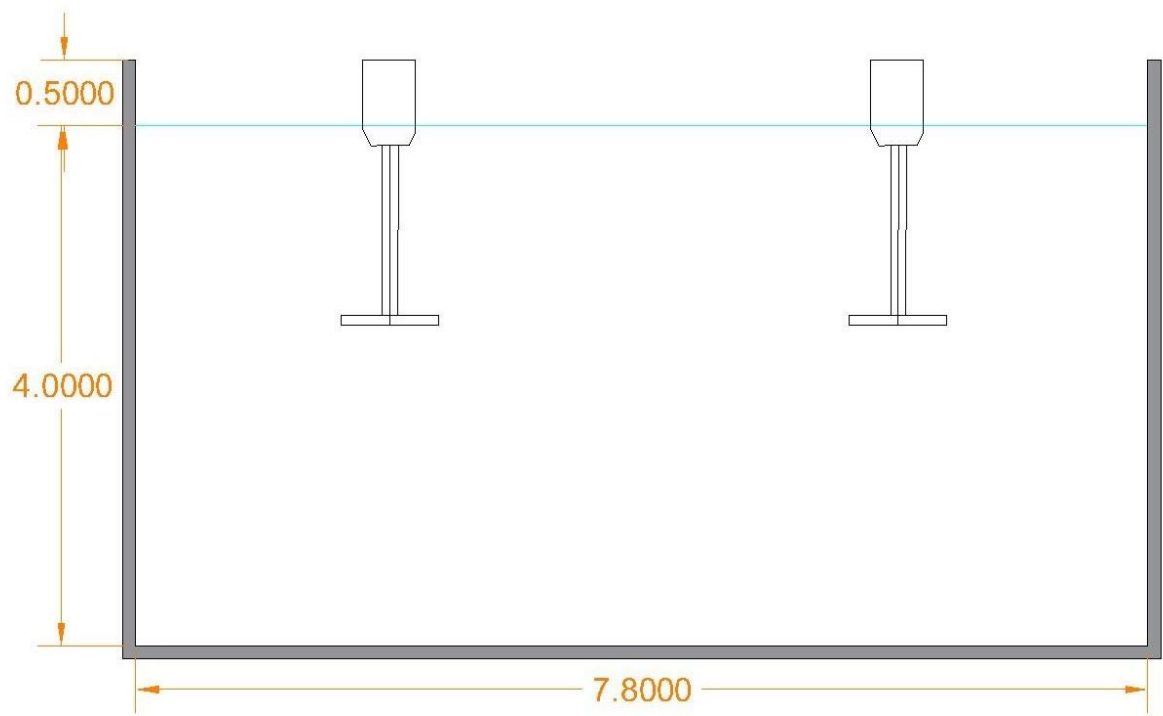


Figura 41 - Corte Longitudinal Reator

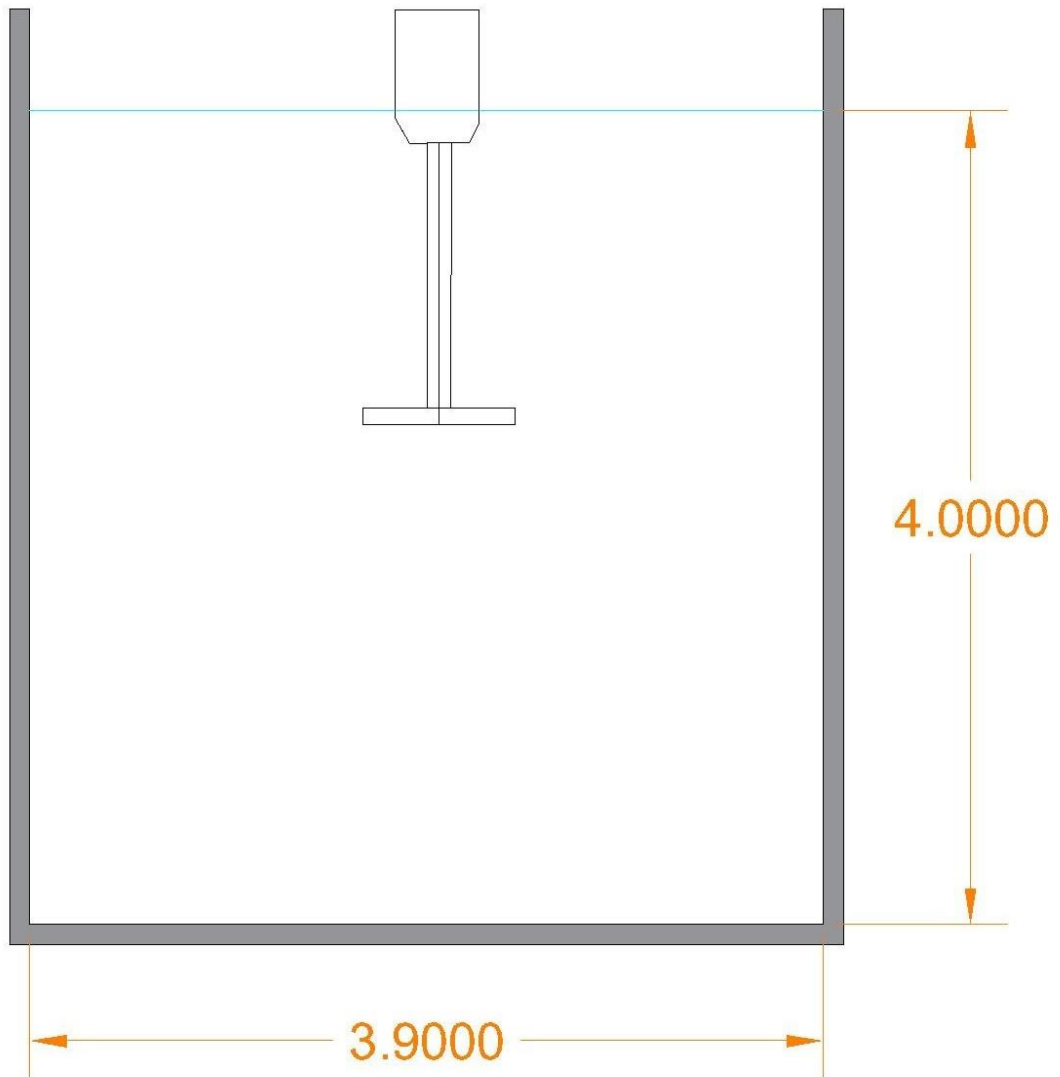


Figura 42 - Corte Transversal Reator

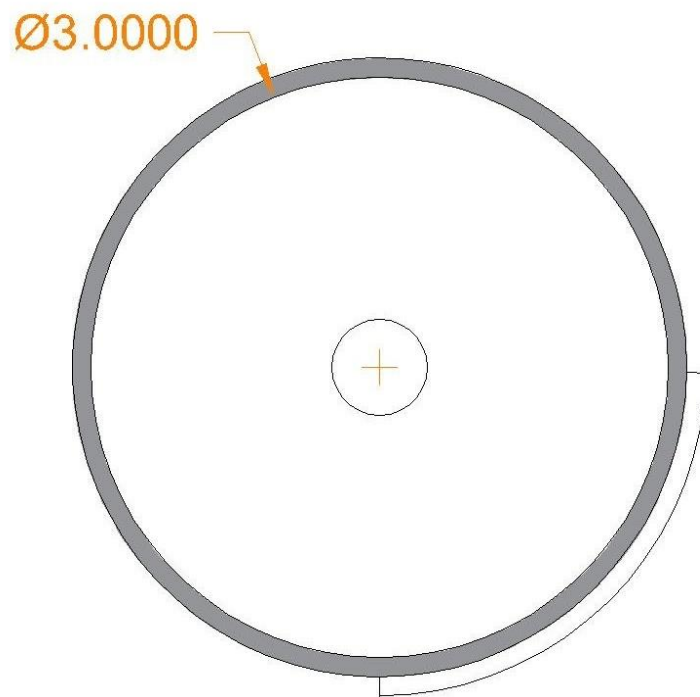


Figura 43 - Planta Decantador Dortmund

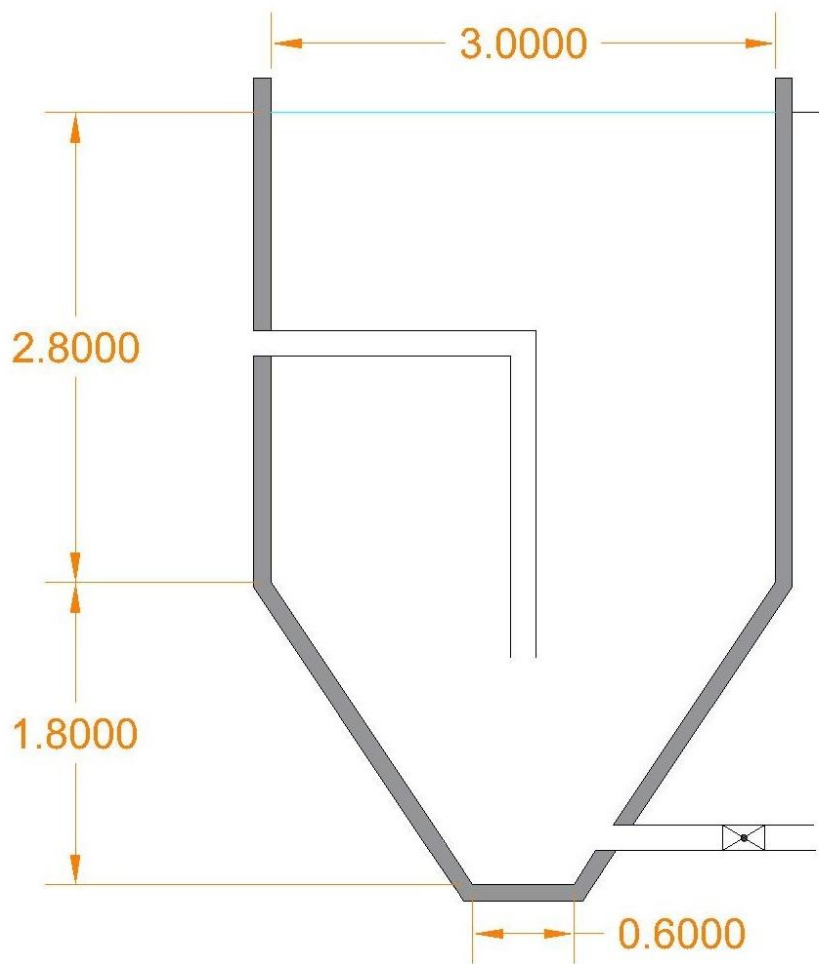


Figura 44 - Corte Transversal Decantador Dortmund

Com a finalidade de apresentar os resultados gráficos desse trabalho, seguem Planta de Arranjo Hidráulico e Perfil Hidráulico da Solução de Aeração Prolongada.

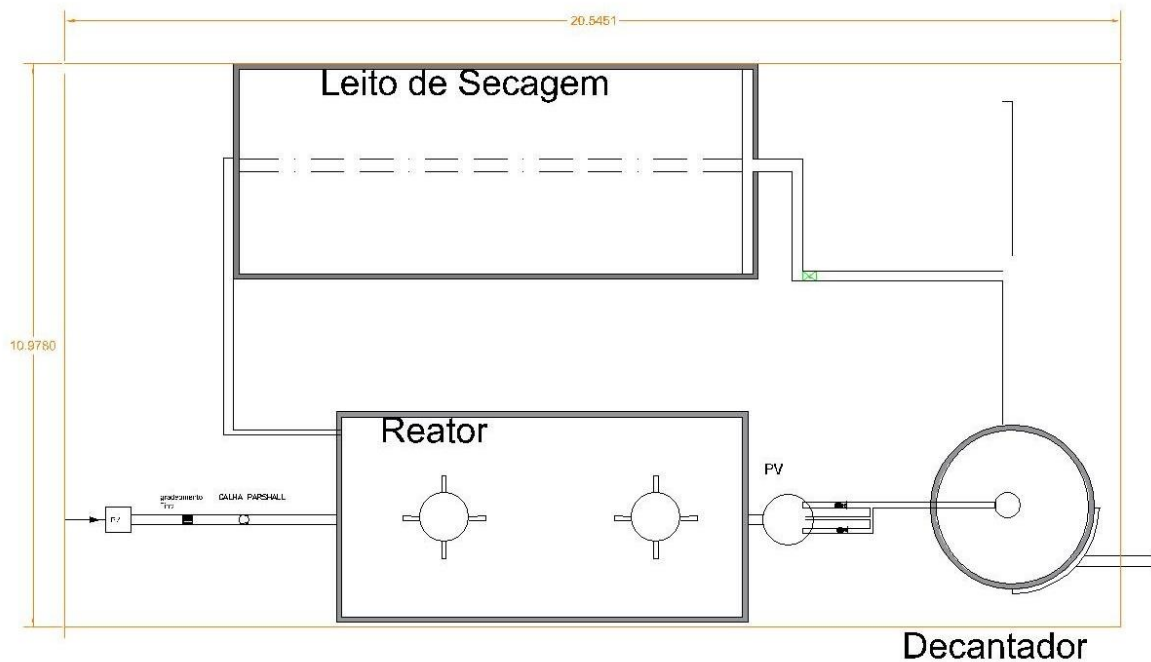


Figura 45 - Arranjo Hidráulico Aeração Prolongada

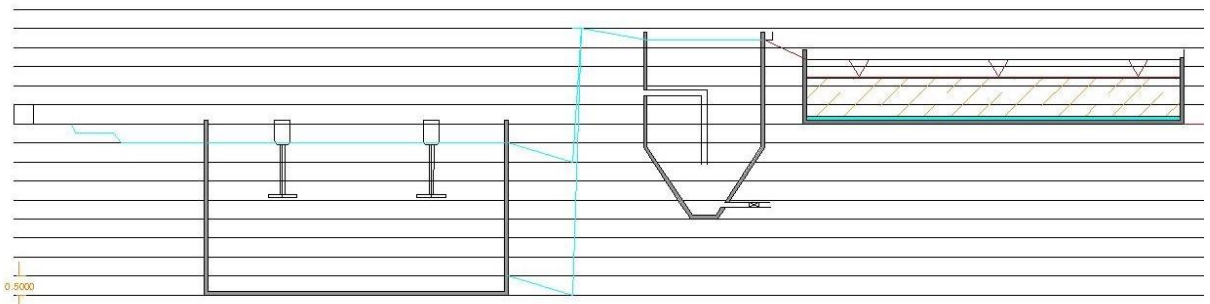


Figura 46 - Perfil Hidráulico Aeração Prolongada

5 ESTIMATIVA DE CUSTOS

A metodologia adotada para estimativa de custos é relação empírica de acordo com Faixa de Variação de Indústrias de Bauman. Primeiramente, define-se os custos envolvidos em empreendimento.

- Serviços de Engenharia. Essa categoria compreende custos relacionados a projetos, gerenciamento de obras, gerenciamento de projeto, suprimentos e planejamento em geral.
- Equipamentos. Essa categoria compreende custos relacionados a aquisição de equipamentos eletromecânicos, como tanques em PRFV, bombas, centrífugas etc.
- Materiais. Essa categoria compreende custos relacionados a tubulações, acessórios de tubulações, estrutura de tubulações, instrumentação de tubulações (como medidores de vazão), e cavos.

- Construção Civil. Essa categoria compreende a construção propriamente dita, ou seja, fundações, matérias para construção, serviços de terra e etc.
 - Montagem. Essa categoria compreende custos relacionados a montagem eletromecânica de equipamentos
 - Pré Operação e Partida. Compreende custos de comissionamento e partida.
- Definidas as categorias, o método parte de uma tabela referência para obras, conforme Tabela 9, a seguir.

Tabela 9 - Referência Custos Genéricos

Serviço	Porcentagem
Serviços Engenharia	12.5%
Equipamentos	35.0%
Materiais	14.0%
Instrumentação	4.0%
Construção Civil	12.0%
Montagem Eletromecânica	20.5%
Pré-operação e Parida	2.0%

Dados os custos de referência, escolhe-se o serviço pelo qual tem-se a melhor caracterização de custos. Para fins desse relatório, adota-se a Construção Civil como serviço que servirá de base para a estimativa. Dessa forma, corrige-se a tabela segundo fator:

Fator correção = $100\% / (1 - \text{Construção Civil}) = 1,136$

Dessa forma, gera-se a seguinte tabela Tabela 10:

Tabela 10 - Tabela com Porcentagem Corrigida

Serviço	Porcentagem	Porcentagem Corrigida
Serviços Engenharia	12.5%	14.2%
Equipamentos	35.0%	39.8%
Materiais	14.0%	15.9%
Instrumentação	4.0%	4.5%
Construção Civil	12.0%	
Montagem Eletromecânica	20.5%	23.3%
Pré-operação e Parida	2.0%	2.3%
Fator	1.136363636	

A seguir, adota-se dado típico de mercado em que construção civil representa entre 45% a 60% do valor total do empreendimento. Se a construção civil representa 45%, o restante representa 55%, de forma que esse custo de 55% deve ser distribuído entre as atividades restantes conforme porcentagens corrigidas. Analogamente, tem-se o mesmo com a construção civil representando 60% do empreendimento, com a diferença que adotando a obra civil como 60% do valor total, tem -se previsão otimista enquanto que à 45% tem-se visão pessimista. A Tabela 11, a seguir, ilustra as frações resultantes para construção de ETE.

Tabela 11 - Projeções de Fração de Custo

Serviço	Porcentagem	Porcentagem Corrigida	Projeção Otimista	Projeção Pessimista
Serviços Engenharia	12.5%	14.2%	5.7%	7.8%
Equipamentos	35.0%	39.8%	15.9%	21.9%
Materiais	14.0%	15.9%	6.4%	8.8%

Instrumentação	4.0%	4.5%	1.8%	2.5%
Construção Civil	12.0%		60.0%	45.0%
Montagem Eletromecânica	20.5%	23.3%	9.3%	12.8%
Pré-operação e Parada	2.0%	2.3%	0.9%	1.3%

Para Estimativa de Custos de Construção Civil, adota-se as seguintes referências, segundo dados fornecidos por especialista em estimativa de custos.

Tabela 12 - Tabela Base de Preços de Construção Civil

DESCRIÇÃO	FORNECEDOR
	Bco Dados
LEVANTAMENTO GEOTÉCNICO - R\$ 5,000.00	5,000.00
LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO - R\$ 2,000.00	2,000.00
TERRAPLENAGEM da área útil 0,2m profund - R\$50,00/m3 ou R\$ 250.00/m²	50.00
ESCAVAÇÕES RESERVATÓRIOS (m3) - R\$50,00/m3	50.00
BOTA-FORA TERRA (m3) + 30% EMPOLAMENTO R\$30,00/m3	30.00
RESERVATÓRIOS DE CONCRETO	
CONCRETO 40 Mpa 30CM ESPESSURA R\$750,00/m3 c/bomba/to+MO - m³	750.00
AÇO (kg) - 150 kg/m3 concreto x R\$15,00/kg	15.00
FORMA - (m²) R\$ 120,00/m²	120.00
BASES DE EQUIPAMENTOS (m²)	
CONCRETO 25 Mpa c/bomba/to+MO - 50cm - m³	750.00
AÇO (kg) - 150 kg/m3 concreto - kg	15.00
FORMA - (m²) R\$ 120,00/m2	120.00
FUNDAÇÕES das bases 1 estaca de '10m profund/10m² de bases de equipamentos - R\$ 150/ m²	150.00
ÁREA DE DESCARGA DE CAMINHÕES - armadura dupla+Tela - m²	
CONCRETO 40 Mpa c/bomba/to+MO - 20cm - R\$ 750.00 m³	750.00
AÇO (kg) - 150 kg/m3 concreto x R\$15,00/kg	15.00
FORMA - (m²) R\$ 120,00/m²	120.00
TELA - m² R\$ 50,00/m²	50.00
ARRUAMENTO - m²	
Pavimentação de concreto Fck 25 Mpa 20cm (Execução, incluindo o fornecimento de todos os materiais + o transporte dos agregados) - m³	400.00
ÁREA DE PRODUÇÃO - PAVIMENTO RÍGIDO (m2)	
CONCRETO 25 Mpa c/bomba/to+MO - 6cm - m3	750.00
AÇO (kg) - 150 kg/m3 concreto x R\$15,00/kg	15.00
FORMA - (m²) R\$ 120,00/m²	120.00

CALÇADAS - PAVIMENTO RÍGIDO (m2)	
CONCRETO 25 Mpa c/bomba/to+MO - 8cm - m3	750.00
FORMA - (m ²) R\$ 120,00/m ²	120.00
PAVIMENTO EM BRITA(m2)	
BRITA 8cm - m3	60.00
FRETE	30.00
EDIFICAÇÕES c/ fundação direta	
PRÉDIO DE APOIO - R\$ 2.200.00 m ²	2,200.00
PORTARIA - R\$ 2.200.00 m ²	2,200.00
SALA DE PAINÉIS - R\$ 2.200 m ²	2,200.00
CABINE ENTRADA ENERGIA ELÉTRICA - m ²	2,200.00
PRÉDIO CENTRIFUGAS - m ²	3,500.00
COBERTURA DE EQUIPAMENTOS - m ² (sopradores área Bags)	1,200.00
CANTEIRO DE OBRAS	Bco Dados
IMOBILIZAÇÃO / DESMOBILIZAÇÃO	10,000.00
CANTEIRO (3 meses de obra = 12semanas) c/ refeitório, escritório, etc)	10,000.00
Água (Caminhão Pipa 1/ Semana) x 10m3/caminhão/semana	4,000.00

5.1 Custos Civil UASB

Adota-se R\$ 5.000,00 de levantamento geotécnico e mais R\$ 2.000,00 de levantamento topográfico. Conforme Figura 29, estima-se que serão necessários 312 m² de área de terraplanagem a uma profundidade útil adotada de 0,2m. Dessa forma tem-se 62 m³ de terraplanagem. Escavações em reservatórios de 40m³ referente ao volume de tanque de equalização. Todos outros equipamentos serão apoiados na superfície. Estima-se Volume de Bota Fora como 30% a mais que volume de escavação.

Para fins de estimativas, considera-se todos equipamentos e reatores em concreto. Para estimar volume de concreto, serão somados volume de concreto de UASB, ao volume de concreto do decantador, somado ao volume de concreto do floculador e somado ao volume do leito de secagem. Todos com espessura de 30 cm.

$$\text{Volume de concreto UASB} = 4 \times (2,3 \times 4 \times 0,3) + 2 \times (2,3 \times 2,3 \times 0,3) = 14\text{m}^3$$

$$\text{Volume de concreto Floculador} = 4 \times (1 \times 2 \times 0,3) + 1 \times (1 \times 1 \times 0,3) = 3\text{m}^3$$

$$\text{Volume de Leito de Secagem} = 2 \times (10 \times 1,6 \times 0,3) + 2 \times (4 \times 0,3 \times 1,6) + 1 \times (10 \times 4 \times 0,3) = 26\text{m}^3$$

$$\text{Volume de concreto Decantador} = V \text{ lado transversal} + V \text{ lado longitudinal} = 4\text{m}^3$$

(volume extraído do desenho em dwg.).

Dessa forma tem-se volume total de reservatório de concreto em 47m³.

Área de Forma equivale ao volume das paredes de reservatório de concreto dividido pela espessura de 30cm. Deve se multiplicar esse resultado por dois (lado interno e

externo do tanque). Segundo dados inferidos do desenho em CAD, tem-se 843m² de forma.

A Fundação de equipamentos, considerado radier e tem área delimitada pela área de base dos equipamentos.

Abase Tanque Equalização = 4 x 4 = 16m²

Abase Uasb = 2,3 x 2,3 = 5,3m²

Abase Floc = 1 x 1 = 1m²

Abase Decandador = 0,5 x 0,5 = 0,25m²

Abase Leito Secagem = 10 x 4 = 40m²

Abase Total = 63m²

Por ser uma ETE pequena, considera-se que não disporá de piso especial para descarga de caminhões. Dessa forma, toda área que não ocupada por equipamento deverá ser ocupada por arruamento. Dessa forma Arruamento = Atotal-Abase Total = 312 – 63 m² = 249 m².

Dado as premissas acima, chega-se em estimativa de custos de investimento de R\$415,831.80, conforme Tabela 13, a seguir:

Tabela 13 - CAPEX UASB

5- SERVIÇOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL UASB			
DESCRIÇÃO	QTD	FORNECEDOR	TOTAIS
		Bco Dados	
LEVANTAMENTO GEOTÉCNICO	1	5,000.00	\$5,000.00
LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO	1	2,000.00	\$2,000.00
TERRAPLENAGEM da área útil 0,2m profund - R\$50,00/m3	62	50.00	\$3,120.00
ESCAVAÇÕES RESERVATÓRIOS (m3) - R\$50,00/m3	40	50.00	\$2,000.00
BOTA-FORA TERRA (m3) + 30% EMPOLAMENTO R\$30,00/m3	52	30.00	\$1,560.00
RESERVATÓRIOS DE CONCRETO			
CONCRETO 40 Mpa 30CM ESPESSURA R\$750,00/m3 c/bombea/to+MO - m3	47	750.00	\$35,029.77
AÇO (kg) - 150 kg/m3 concreto x R\$15,00/kg	7,006	15.00	\$105,089.31
FORMA - (m2) R\$ 120,00/m2	843	120.00	\$101,129.32
BASES DE EQUIPAMENTOS (m2)	63		
CONCRETO 25 Mpa c/bombea/to+MO - 50cm - m3	31	750.00	\$23,452.50
AÇO (kg) - 150 kg/m3 concreto - kg	4,691	15.00	\$70,357.50
FORMA - (m2) R\$ 120,00/m2	31	120.00	\$3,752.40
FUNDAÇÕES das bases 1 estaca de '10m profund/10m ² de bases de equipamentos - m2	63	150.00	\$9,381.00
ARRUAMENTO - m2	249		

Pavimentação de concreto Fck 25 Mpa 20cm (Execução, incluindo o fornecimento de todos os materiais + o transporte dos agregados) - m3	25	400.00	\$9,960.00
SUBTOTAL			\$371,831.80
CANTEIRO DE OBRAS		Bco Dados	
IMOBILIZAÇÃO / DESMOBILIZAÇÃO	1	10,000.00	\$10,000.00
CANTEIRO (3 meses de obra = 12semanas) c/ refeitório, escritório, etc)	1	10,000.00	\$10,000.00
Água (Caminhão Pipa 1/ Semana) x 10m3/caminhão/semana	6	4,000.00	\$24,000.00
SUBTOTAL			\$44,000.00
TOTAL			\$415,831.80

5.2 Custos Civil Lagoa

É solução, em sua maioria, concebida em escavações sem a necessidade de base e tanque de concreto. Adota-se R\$ 5.000,00 de levantamento geotécnico e mais R\$ 2.000,00 de levantamento topográfico. Conforme Figura 38, tem-se 924 m³ de área de ETE para terraplanagem. Escavações em reservatórios de referente ao volume útil mais volume ocupado pela borda livre, totalizando 813 m³ de escavações. Todos outros equipamentos serão apoiados na superfície. Estima-se Volume de Bota Fora como 30% a mais que volume de escavação.

Por ser uma ETE pequena, considera-se que não disporá de piso especial para descarga de caminhões. Dessa forma, toda área que não ocupada por equipamento deverá ser ocupada por arruamento. Dessa forma Arruamento = Atotal - Aequipamentos= 924 – 623 m² = 301 m².

Dado as premissas acima, chega-se em estimativa de custos de investimento de R\$140,988.00, conforme Tabela 14, a seguir:

Tabela 14 - CAPEX Lagoas

5- SERVIÇOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL - Lagoa			
DESCRIÇÃO	QTD	FORNECEDOR	TOTAIS
		Bco Dados	
LEVANTAMENTO GEOTÉCNICO	1	5,000.00	\$5,000.00
LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO	1	2,000.00	\$2,000.00
TERRAPLENAGEM da área útil 0,2m profund - R\$50,00/m3	185	50.00	\$9,240.00
ESCAVAÇÕES RESERVATÓRIOS (m3) - R\$50,00/m3	772	50.00	\$38,600.00
BOTA-FORA TERRA (m3) + 30% EMPOLAMENTO R\$30,00/m3	1,004	30.00	\$30,108.00
RESERVATÓRIOS DE CONCRETO			
CONCRETO 40 Mpa 30CM ESPESSURA R\$750,00/m3 c/bomba/to+MO - m3	0	750.00	\$0.00

AÇO (kg) - 150 kg/m3 concreto x R\$15,00/kg	0	15.00	\$0.00
FORMA - (m2) R\$ 120,00/m2	0	120.00	\$0.00
BASES DE EQUIPAMENTOS (m2)	0		
CONCRETO 25 Mpa c/bombea/to+MO - 50cm - m3	0	750.00	\$0.00
AÇO (kg) - 150 kg/m3 concreto - kg	0	15.00	\$0.00
FORMA - (m2) R\$ 120,00/m2	0	120.00	\$0.00
FUNDAÇÕES das bases 1 estaca de '10m profund/10m² de bases de equipamentos - m2	0	150.00	\$0.00
ARRUAMENTO - m2	301		
Pavimentação de concreto Fck 25 Mpa 20cm (Execução, incluindo o fornecimento de todos os materiais + o transporte dos agregados) - m3	30	400.00	\$12,040.00
SUBTOTAL			\$96,988.00
CANTEIRO DE OBRAS		Bco Dados	
IMOBILIZAÇÃO / DESMOBILIZAÇÃO	1	10,000.00	\$10,000.00
CANTEIRO (3 meses de obra = 12semanas) c/ refeitório, escritório, etc)	1	10,000.00	\$10,000.00
Água (Caminhão Pipa 1/ Semana) x 10m3/caminhão/semana	6	4,000.00	\$24,000.00
SUBTOTAL			\$44,000.00
TOTAL			\$140,988.00

5.3 Custos Civil Aeração Prolongada

Adota-se R\$ 5.000,00 de levantamento geotécnico e mais R\$ 2.000,00 de levantamento topográfico. Conforme Figura 45, estima-se que serão necessários 231 m² de área de terraplanagem a uma profundidade útil adotada de 0,2m. Dessa forma tem-se 46 m³ de terraplanagem. Escavações em reservatórios referente ao volume de tanque de aeração de 138m³. Todos outros equipamentos serão apoiados na superfície. Estima-se Volume de Bota Fora como 30% a mais que volume de escavação.

Para fins de estimativas, considera-se todos equipamentos e reatores em concreto. Para estimar volume de concreto, serão somados volume de concreto de UASB, ao volume de concreto do decantador, somado ao volume de concreto do floculador e somado ao volume do leito de secagem. Todos com espessura de 30 cm.

Volume de concreto reator = $2x (3,9 \times 4,5 \times 0,3) + 2x (7,81 \times 4,5 \times 0,3) + 1x (30,5 \times 0,3) = 25,5 \text{ m}^3$

Volume de concreto decantador = $4 \times (1 \times 2 \times 0,3) + 1 \times (1 \times 1 \times 0,3) = 3\text{m}^3$

Volume de Leito de Secagem = $2x (10 \times 1,6 \times 0,3) + 2 \times (4 \times 0,3 \times 1,6) + 1 \times (10 \times 4 \times 0,3) = 26\text{m}^3$

Volume de concreto Decantador = $3,3282 \times \pi = 10,5\text{m}^3$ (volume extraído do desenho em dwg.).

Dessa forma tem-se volume total de reservatório de concreto em 39,5 m³.

Área de Forma equivale ao volume das paredes de reservatório de concreto dividido pela espessura de 30cm. Deve se multiplicar esse resultado por dois (lado interno e externo do tanque). Segundo dados inferidos do desenho em CAD, tem-se 121m² de forma.

A Fundação de equipamentos, considerado radier e tem área delimitada pela área de base dos equipamentos.

Abase Reator = 30,47 m²

Abase Decantador= $0,6^2 \times \pi / 4 = 0,3\text{m}^2$

Abase Leito Secagem = $10 \times 4 = 40\text{m}^2$

Abase Total = 71m²

Por ser uma ETE pequena, considera-se que não disporá de piso especial para descarga de caminhões. Dessa forma, toda área que não ocupada por equipamento deverá ser ocupada por arruamento. Dessa forma Arruamento = Atotal-Abase Total = $231 - 71 \text{ m}^2 = 160 \text{ m}^2$.

Dado as premissas acima, chega-se em estimativa de custos de investimento de R\$251,872.00, conforme Tabela 13, a seguir:

Tabela 15 - CAPEX Aeração Prolongada

5- SERVIÇOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL AERAÇÃO PROLONGADA			
DESCRIÇÃO	QTD	FORNECEDOR	TOTAIS
		Bco Dados	
LEVANTAMENTO GEOTÉCNICO	1	5,000.00	\$5,000.00
LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO	1	2,000.00	\$2,000.00
TERRAPLENAGEM da área útil 0,2m profund - R\$50,00/m3	46	50.00	\$2,310.00
ESCAVAÇÕES RESERVATÓRIOS (m3) - R\$50,00/m3	138	50.00	\$6,900.00
BOTA-FORA TERRA (m3) + 30% EMPOLAMENTO R\$30,00/m3	179	30.00	\$5,382.00
RESERVATÓRIOS DE CONCRETO			
CONCRETO 40 Mpa 30CM ESPESSURA R\$750,00/m3 c/bomba/to+MO - m3	40	750.00	\$29,625.00
AÇO (kg) - 150 kg/m3 concreto x R\$15,00/kg	5,925	15.00	\$88,875.00
FORMA - (m2) R\$ 120,00/m2	121	120.00	\$14,520.00
BASES DE EQUIPAMENTOS (m2)	71		
CONCRETO 25 Mpa c/bomba/to+MO - 50cm - m3	36	750.00	\$26,625.00
AÇO (kg) - 150 kg/m3 concreto - kg	5,325	15.00	\$5,325.00
FORMA - (m2) R\$ 120,00/m2	36	120.00	\$4,260.00

FUNDAÇÕES das bases1 estaca de '10m profund/10m2 de bases de equipamentos - m2	71	150.00	\$10,650.00
ARRUAMENTO - m2	160		
Pavimentação de concreto Fck 25 Mpa 20cm (Execução, incluindo o fornecimento de todos os materiais + o transporte dos agregados) - m3	16	400.00	\$6,400.00
SUBTOTAL			\$207,872.00
CANTEIRO DE OBRAS		Bco Dados	
IMOBILIZAÇÃO / DESMOBILIZAÇÃO	1	10,000.00	\$10,000.00
CANTEIRO (3 meses de obra = 12semanas) c/ refeitório, escritório, etc)	1	10,000.00	\$10,000.00
Água (Caminhão Pipa 1/ Semana) x 10m3/caminhão/semana	6	4,000.00	\$24,000.00
SUBTOTAL			\$44,000.00
			\$251,872.00

5.4 Custos Finais

A seguir, tem-se Tabela 16, com estimativas otimistas e pessimistas de custos finais do investimento.

Tabela 16 - Estimativas Otimistas e Pessimistas de CAPEX

UASB	Projeção Otimista		Projeção Pessimista	
Serviços Engenharia	5.7%	\$39,378.01	7.8%	\$72,193.02
Equipamentos	15.9%	\$110,258.43	21.9%	\$202,140.46
Materiais	6.4%	\$44,103.37	8.8%	\$80,856.18
Instrumentação	1.8%	\$12,600.96	2.5%	\$23,101.77
Construção Civil	60.0%	\$415,831.80	45.0%	\$415,831.80
Montagem Eletromecânica	9.3%	\$64,579.94	12.8%	\$118,396.55
Pré-operação e Parida	0.9%	\$6,300.48	1.3%	\$11,550.88
Total	100.0%	\$693,053.00	100.0%	\$924,070.67
Lagoa				
Serviços Engenharia	5.7%	\$13,351.14	7.8%	\$24,477.08
Equipamentos	15.9%	\$37,383.18	21.9%	\$68,535.83
Materiais	6.4%	\$14,953.27	8.8%	\$27,414.33
Instrumentação	1.8%	\$4,272.36	2.5%	\$7,832.67
Construção Civil	60.0%	\$140,988.00	45.0%	\$140,988.00
Montagem Eletromecânica	9.3%	\$21,895.86	12.8%	\$40,142.42
Pré-operação e Parida	0.9%	\$2,136.18	1.3%	\$3,916.33
Total	100.0%	\$234,980.00	100.0%	\$313,306.67
Aeração				
Serviços Engenharia	5.7%	\$23,851.52	7.8%	\$43,727.78
Equipamentos	15.9%	\$66,784.24	21.9%	\$122,437.78

Materiais	6.4%	\$26,713.70	8.8%	\$48,975.11
Instrumentação	1.8%	\$7,632.48	2.5%	\$13,992.89
Construção Civil	60.0%	\$251,872.00	45.0%	\$251,872.00
Montagem Eletromecânica	9.3%	\$39,116.48	12.8%	\$71,713.56
Pré-operação e Parida	0.9%	\$3,816.24	1.3%	\$6,996.44
Total	100.0%	\$419,786.67	100.0%	\$559,715.56

6 ESTUDO DAS ALTERNATIVAS

As 3 alternativas foram inicialmente selecionadas por serem tecnologias biológicas de simples execução e operação. A seguir, discorre-se sobre prós e contras de cada uma delas.

6.1 UASB + FQ

A solução UASB + Físico Químico é teoricamente uma solução compacta e de baixos custos operacionais. Em termos de operação, um efluente de alta DBO como o da indústria em questão, assim como o de outras indústrias alimentícias, é de caracterização ideal para um tratamento anaeróbio.

Em sua concepção, somente um reator UASB já pode ser suficiente para tratamento de efluentes em termos de remoção de DBO. Adicionalmente, dada a capacidade de assimilação do rio Atibaia de 4000 vezes a vazão de descarte do efluente, mesmo que não se garanta a remoção de 80% da DBO na operação, o impacto em termos de oxigênio dissolvido é considerado nulo. Dessa forma, um sistema somente composto por um reator UASB com tanque de equalização a montante seria a solução mais inteligente, barata e compacta possível.

No entanto, como não se pode garantir que somente o UASB atenda aos 80% de remoção necessários, foi previsto sistema físico químico para pós tratamento.

O conjunto UASB + Físico Químico deve ter o custo operacional mais barato em relação a alternativas aeradas. No entanto, como não se sabe a concentração de dosagem real desse químico, não é possível garantir a vantagem financeira operacional do reator UASB + Físico Químico. Adicionalmente, em se tratando de indústria alimentícia, o uso de reator anaeróbio pode trazer preocupações futuras quanto a odores e insalubridade ao ambiente fabril. O que implicaria na necessidade de novos investimentos no sistema de tratamento de efluentes para por exemplo, adicionar uma micro-aeração na zona de decantação do UASB.

Ainda, por ser a única delas que demanda um tanque de equalização, tem sua área expressivamente alterada, para uma área em torno de 312m², conforme arranjo hidráulico. Por último, como a estimativa de custo desse sistema é superior a estimativa de custo de investimento das outras soluções, esse trabalho não recomenda a adoção dessa tecnologia de tratamento, se necessário polimento físico químico. Caso o tratamento físico químico seja dispensado, e o controle de odores devidamente endereçado, essa seria a alternativa recomendada.

6.2 Lagoas

Apesar de sua excelente remoção de matéria carbonácea e menores custos de implantação e operação, em relação a outras alternativas, essa solução não é a mais recomendada. Apesar de atualmente viável, essa solução ocupa área de terreno destinada a futuras ampliações da fábrica, visto que ocupa uma área muito grande do terreno (mais de 500m²).

6.3 Aeração Prolongada

É solução segura e compacta que não precisa de tanque de equalização, devido a seu alto tempo de retenção hidráulico. Em contrapartida, é solução que requer energia 24 horas por dia, e deve ter o maior custo operacional entre as alternativas.

Para fins desse relatório, é a solução indicada visto que é a solução que requer somente 200m² de área, e de custos de investimento menores que a solução de UASB, e não existe o risco de maus odores.

7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Dadas as vazões mínimas do rio, não é preciso tratamento para atender legislação de lançamento, somente de emissão. Conclui-se que a Estação de tratamento de esgoto deve, a priori ser de aeração prolongada, mas que a solução UASB não deve ser descartada, principalmente se possível realizar um teste piloto ou mesmo um teste de bancada para eliminar a necessidade de um pós tratamento físico químico.

Em termos de sustentabilidade, o empreendimento deve continuar buscando fontes para reduzir consumo de água e geração de esgoto, com base nas tecnologias disponíveis no mercado.

Por se tratar de indústria pequena, alimentícia, e que não trabalha com metais pesados, a emissão desse efluente em rio de grande porte não deve causar qualquer impacto significativo no corpo hídrico.

8 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 1209**: Projeto de Estações de Tratamento de Esgoto Sanitário. Rio de Janeiro, 1992.

CONFORTO, S. SPRANGER, M. **A Engenharia de Custos Na Viabilidade Economica de Empreendimentos Industriais**, 2011

KRUSCHE, Matthias. **Bebidas à Base de Vegetais são Tendência**. Disponível em: <<http://www.magazine.sig.biz/br/edicao-1-2015/bebidas-a-base-de-vegetais-sao-tendencia.html>>.

MORITA, D, M. **Prevenção e controle da poluição da água e do solo causada por resíduos industriais perigosos.**: Engenharia Ambiental, 2010

Bl, T. **Biological treatment of milk and soybean wastewater with bioproducts**. Disponível em: <https://etd.ohiolink.edu/rws_etd/document/get/csu1292017443/inline>.

SARAIVA, C, B. **Consumo De Água E Geração De Efluentes Em Uma Indústria De Laticínios**
Disponível em: < <https://www.revistadoilct.com.br/rilct/article/viewFile/75/81>>.

MIKI, M, K. **Dilemas do UASB, SABESP- SP 2010**
Disponível em: < http://revistadae.com.br/artigos/artigo_edicao_183_n_1504.pdf>.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I., CONEJO, J. G.; MIERZWA, J. C. de; BARROS M. T. L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N. & EIGER, S. 2005. **Introdução à Engenharia Ambiental: o desafio do desenvolvimento sustentável / 2 ed.** Prentice Hall, São Paulo, 2005.

PESTANA, M. ; GANGES, D. ; **Apostila de Curso Tratamento de Efluentes Industriais** CEFET - BA.

PIVELI, R.; **Apostila de Tratamento de Esgotos** USP - SP.

USDA; **National Nutrient Database for Standard Reference Release**

FATSECRET BRASIL. **Banco de Dados de Alimentos e Contador de Calorias**
Disponível em <<https://www.fatsecret.com.br/calorias-nutri%C3%A7%C3%A3o/isola-bio/leite-de-aveia/1-copo>>

CETESB **Relatório De Aguas Interiores**.
Disponível em <http://aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/32/2013/11/Cetesb_QualidadeAguasInteriores_2017_02-06_VF.pdf>

SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DE SÃO PAULO **Portal Institucional SigRH**

Disponível em < <http://www.sigrh.sp.gov.br/>>

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÃO SOBRE RECURSOS HÍDRICOS **Hidroweb**

Disponível em < www.snirh.gov.br/hidroweb/>

DAEE **Regionalização Hidrológica**

Disponível em < <http://143.107.108.83/cgi-bin/regnet.exe?lig=pdfp/>>

VER HSU; LIN; YANG; **Entrapped Mixed Microorganisms to Treat Organic Wastewater from Food Industry**, Applied Biochemistry and Biotechnology, Vol. 59, Issue: 2, May 1996, pp. 125 – 134

. LIU; **Chemically Reduced Excess Sludge Production in the Activated Sludge Process**, Chemosphere, Vol. 50, Issue: 1, January 2003, pp. 1-7

MEULEMAN; BEEKMAN; VERHOEVEN; **“Nutrient Retention and Nutrient-Use Efficiency in Phragmites Australis Stands After Wastewater**, Wetlands, Vol. 22, Issue: 4, December 2002, pp. 712-721

NZENGY'A; WISHITEML; **The Performance of Constructed Wetlands for Wastewater Treatment: A Case Study of Splash Wetland in Nairobi**, Hydrological Processes, Vol. 15, Issue: 17, 15 December 2001, pp. 3239 – 3247

FILHO, S, S, F. MARGUTI, A, L, PIVELI, R, P. **Produção de lodo e comportamento químico de sais de ferro empregados no pós-tratamento de esgoto sanitário por precipitação química**, 2009

EPA. **State of the Art : Wastewater Management in the Beverage Industry**, 1977

ANEXO I

Regionalização das Vazões

Dados de entrada:

Área da bacia hidrográfica (km ²):	1025
Longitude do Meridiano Central:	45 °

Coordenadas Geográficas:

Latitude:	23 °	06 '	46 "
Longitude:	46 °	28 '	59 "

Calcular

Resultados

Precipitação anual média (mm):	1399,1
Região hidrológica:	K
Região hidrológica (parâmetro C):	Y
Latitude:	23° 06' 46"
Longitude:	46° 28' 59"
Norte (m):	7443215,173
Este (m):	348128,397

Recalcular

Resultado 1: Vazão média de longo termo

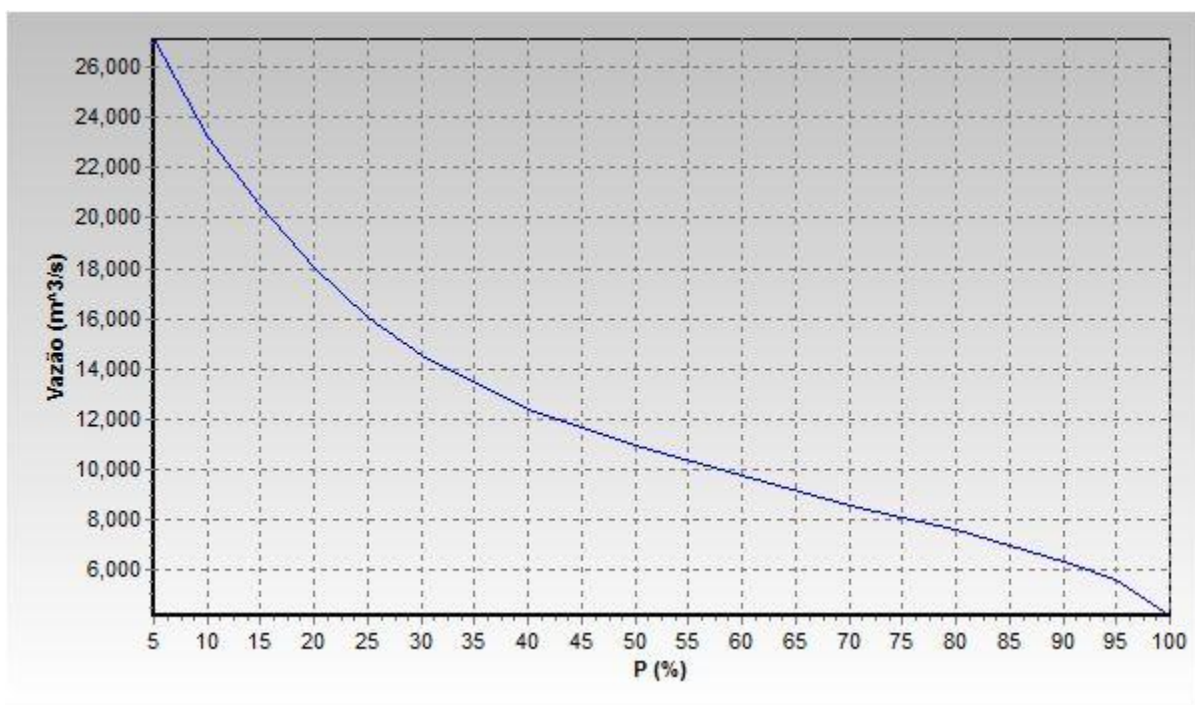
Vazão média plurianual (m ³ /s):	12,980
---	--------

Resultado 2: Curva de Permanência

Vazão para "P (%)" de permanência (m³/s):

P (%)	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	75	80	85	90	95	100
-------	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

Q (m ³ /s)	27, 116	23, 209	20, 496	18, 029	16, 082	14, 512	12, 422	10, 968	9,7 35	8,6 19	8,1 39	7,6 58	6,9 83	6,3 60	5,6 33	4,2 06
-----------------------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------



Resultado 3: Volume de regularização

Volume necessário para se regularizar "Qf" com risco "R (%)" de probabilidade de não atendimento em um ano qualquer (10⁶ m³):

Vazão firme "Qf" (m³/s):

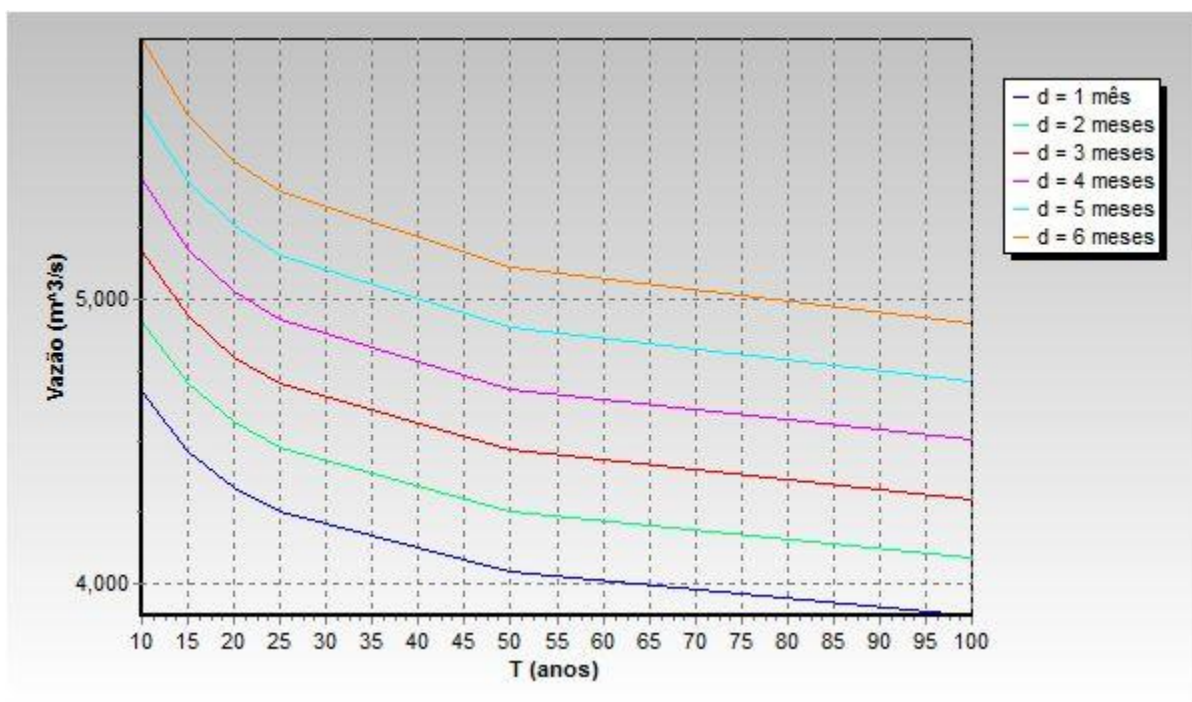
T (anos)	10	15	20	25	50	100
R (%) = 100 / T	10,00	6,67	5,00	4,00	2,00	1,00
Volume (10 ⁶ m ³)	11,198	14,100	16,130	17,639	21,677	25,117
Dur. crítica (meses)	4,132	4,745	5,150	5,441	?????	?????

Resultado 4

Vazão mínima anual de "d" meses consecutivos com "T" anos de período de retorno (m³/s):

T (anos)	d = 1 mês	d = 2 meses	d = 3 meses	d = 4 meses	d = 5 meses	d = 6 meses
10	4,677	4,927	5,176	5,426	5,675	5,925

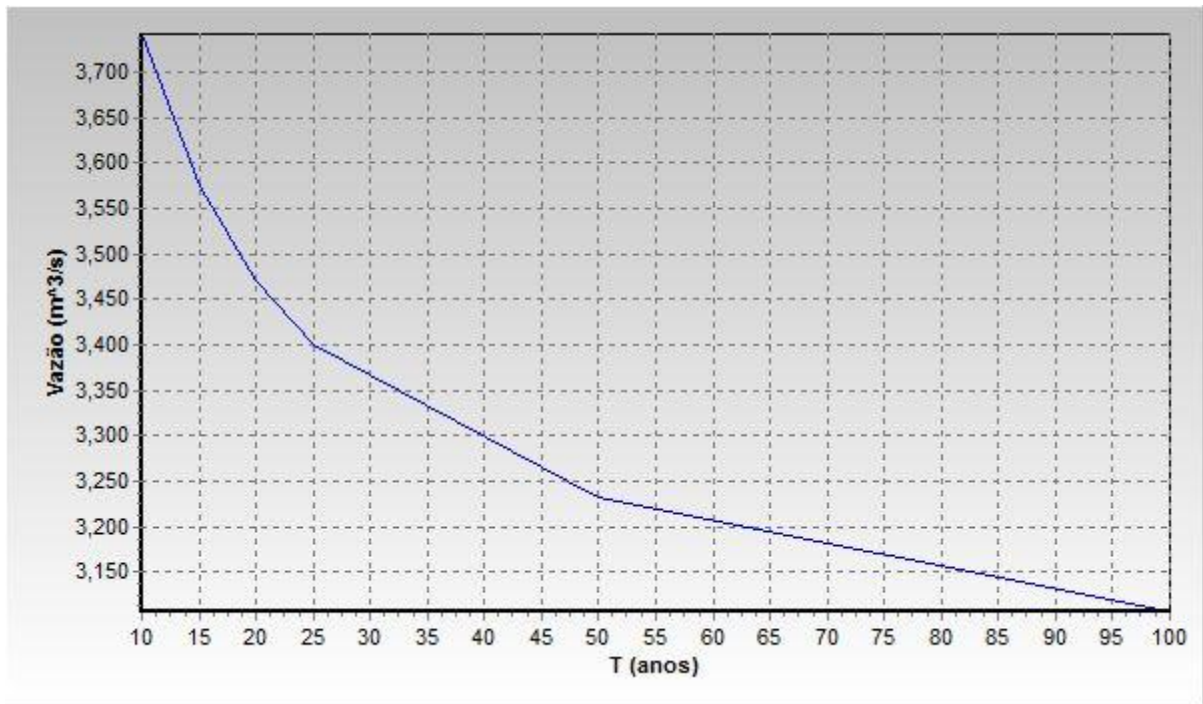
15	4,467	4,705	4,944	5,182	5,420	5,658
20	4,338	4,569	4,801	5,032	5,264	5,495
25	4,250	4,476	4,703	4,930	5,157	5,383
50	4,039	4,255	4,470	4,686	4,901	5,117
100	3,883	4,090	4,297	4,505	4,712	4,919



Resultado 5: Q_{7,T}

Vazão mínima anual de 7 dias consecutivos com "T" anos de período de retorno: $Q_{7,T}$ (m^3/s):

T (anos)	10	15	20	25	50	100
Q (m^3/s)	3,742	3,574	3,470	3,400	3,231	3,106



ANEXO II

Análise Química Completa Rio Atibaia

Resultado dos Parâmetros e Indicadores de qualidade das águas

Código do Ponto: 27 - 0 0 SP 05 190 ATIB 02 010

Classe : 2 impresso em: 02/03/2017

Sistema Hídrico: Rio Atibaia

Localização: Na captação do município de Atibaia, junto a régua do DAEE 3E-063. - ATIBAIA - SP

Tipo de Parametro: Campo								
Descrição do Parâmetro	Und.	Padrão CONAMA	04/01/2016 10:55:00	01/03/2016 12:00:00	02/05/2016 12:07:00	04/07/2016 11:50:00	12/09/2016 12:15:00	07/11/2016 12:27:00
Chuvas nas últimas 24h	-		Sim	Sim	Não	Não	Não	Sim
Coloração	-		Vermelha	Amarela	Amarela	Amarela	Amarela	Marrom
Condutividade	µS/cm		69	76	77	74	90	71
Leitura da Régua (m)	m		2,15	3,4	1,75	1,9		2
Oxigênio Dissolvido	mg/L	> 5	* 3,4	* 3,7	6,6	5,4	* 2,6	* 3,8
pH	U.pH	6 até 9	6,7	6,9	7	6,8	6,7	6,9
Temperatura da Água	°C		23,1	21,6	18	17,9	22,7	23,3
Temperatura do Ar	°C		26	20	22	24	26,4	30,4
Vazão (m3/s)	m3/s		7,803	24,572	4,897	5,973		6,7

Tipo de Parametro: Ecotoxicológicos								
Descrição do Parâmetro	Und.	Padrão CONAMA	04/01/2016 10:55:00	01/03/2016 12:00:00	02/05/2016 12:07:00	04/07/2016 11:50:00	12/09/2016 12:15:00	07/11/2016 12:27:00
Ens. Ecotoxic. C/ Ceriodaphnia dubia	-	Não Tóxico	Não Tóxico		* Crônico	Não Tóxico		Não Tóxico
Tipo de Parametro: Físicos e Químicos								
Descrição do Parâmetro	Und.	Padrão CONAMA	04/01/2016 10:55:00	01/03/2016 12:00:00	02/05/2016 12:07:00	04/07/2016 11:50:00	12/09/2016 12:15:00	07/11/2016 12:27:00
Alcalinidade Total	mg/L		22		24	24		24
Alumínio Dissolvido	mg/L	< 0,1	* 0,8		< 0,1	0,1		* 0,4
Alumínio Total	mg/L		10		0,2	0,3		7
Arsênio Total	mg/L	< 0,01	< 0,01		< 0,01	< 0,01		< 0,01

(*) Não atendimento aos padrões de qualidade da Resolução CONAMA 357/05

(i) Conformidade indefinida quanto ao limite da Classe, devido à análise laboratorial não ter atingido os limites legais

Nitrogênio Amoniacal - Varia em função do valor do pH da amostra

Fósforo Total - Varia em função do regime do corpo hídrico

**Escherichia coli - Padrão de qualidade de acordo com limites estabelecidos na Decisão de Diretoria n 112/2013/E de 09/04/2013, publicada no Diário Oficial do Estado de São Paulo em 13/12/2011.

UFC - Unidade Formadora de Colônia

Pontos enquadrados na Classe especial (0) são comparados com os padrões de qualidade da Classe 1

Tipo de Parametro: Físicos e Químicos								
Descrição do Parâmetro	Und.	Padrão CONAMA	04/01/2016 10:55:00	01/03/2016 12:00:00	02/05/2016 12:07:00	04/07/2016 11:50:00	12/09/2016 12:15:00	07/11/2016 12:27:00
Bário Total	mg/L	< 0,7	0,05		0,04	0,05		0,07
Cádmio Total	mg/L	< 0,001	< 0,001		< 0,001	< 0,001		< 0,001
Cafeina (analisada pelo LQA-UNICAMP)	µg/L		0,1707	0,2042	0,7459	0,92	0,267	
Carbono Orgânico Dissolvido	mg/L		7,5	6,6	2,2	2,5	3,3	3,2
Carbono Orgânico Total	mg/L		7,6	7,5	2,5	3	4,2	7,9
Chumbo Total	mg/L	< 0,01	< 0,01		< 0,01	< 0,01		< 0,01
Cloreto Total	mg/L	< 250	3	6	5	7	6	2
Cobre Dissolvido	mg/L	< 0,009	< 0,005		< 0,005	< 0,005		< 0,005
Cobre Total	mg/L		< 0,005		< 0,005	0,007		< 0,005
Cor Verdadeira	mg Pt/L	< 75	* 173		42	49		* 195
Cromo Total	mg/L	< 0,05	< 0,05		< 0,05	< 0,05		< 0,05
DBO (5, 20)	mg/L	< 5	< 2	2	< 2	< 2	2	3
DQO	mg/L		< 16	18	< 16	16	20	24
Dureza	mg/L		19		18	18		19
Fenóis Totais	mg/L	< 0,003	< 0,003		< 0,003	< 0,003		< 0,003

Ferro Dissolvido	mg/L	< 0,3	* 2		* 0,9	* 1		* 1
Ferro Total	mg/L		2		2	2		7
Fósforo Total	mg/L	< 0,1	0,07	0,1	0,03	0,04	0,06	* 0,2
Manganês Total	mg/L	< 0,1	< 0,1		< 0,1	< 0,1		0,1
 Mercúrio Total	mg/L	< 0,0002	< 0,0001		< 0,0001	0,0001		< 0,0001
Níquel Total	mg/L	< 0,025	< 0,02		< 0,02	< 0,02		< 0,02
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	< 3,7	0,3	0,2	0,5	0,6	< 0,5	0,5
Nitrogênio Kjeldahl	mg/L		1	0,8	0,9	0,6	0,7	1
Nitrogênio-Nitrato	mg/L	< 10	0,5	0,3	0,7	0,6	0,7	0,4
Nitrogênio-Nitrito	mg/L	< 1	0,02	0,02	0,03	0,02	0,05	0,03

(*) Não atendimento aos padrões de qualidade da Resolução CONAMA 357/05

(i) Conformidade indefinida quanto ao limite da Classe, devido à análise laboratorial não ter atingido os limites legais

Nitrogênio Amoniacal - Varia em função do valor do pH da amostra

Fósforo Total - Varia em função do regime do corpo hídrico

**Escherichia coli - Padrão de qualidade de acordo com limites estabelecidos na Decisão de Diretoria n 112/2013/E de 09/04/2013, publicada no Diário Oficial do Estado de São Paulo em 13/12/2011.

UFC - Unidade Formadora de Colônia

Pontos enquadrados na Classe especial (0) são comparados com os padrões de qualidade da Classe 1

Tipo de Parametro: Físicos e Químicos								
Descrição do Parâmetro	Und.	Padrão CONAMA	04/01/2016 10:55:00	01/03/2016 12:00:00	02/05/2016 12:07:00	04/07/2016 11:50:00	12/09/2016 12:15:00	07/11/2016 12:27:00
Potássio	mg/L		3		2	3		3
Potencial de Formação de THM	µg/L		522		175	193		410
Sódio	mg/L		4		6	5		4
Sólido Dissolvido Total	mg/L	< 500	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100
Sólido Total	mg/L		100	< 100	< 100	< 100	< 100	204
Subst. Tensoat. reagem c/ Azul Metileno	mg/L	< 0,5	< 0,1		0,1	< 0,1		0,1
Turbidez	UNT	< 100	62	34	9	9	11	* 216
Zinco Total	mg/L	< 0,18	< 0,1		< 0,1	< 0,1		< 0,1
Tipo de Parametro: Hidrobiológicos								
Descrição do Parâmetro	Und.	Padrão CONAMA	04/01/2016 10:55:00	01/03/2016 12:00:00	02/05/2016 12:07:00	04/07/2016 11:50:00	12/09/2016 12:15:00	07/11/2016 12:27:00
Clorofila-a	µg/L	< 30	< 1		< 1	< 1		< 1
Feofitina-a	µg/L		1,3		< 1	< 1		6,4
Tipo de Parametro: Microbiológicos								
Descrição do Parâmetro	Und.	Padrão CONAMA	04/01/2016 10:55:00	01/03/2016 12:00:00	02/05/2016 12:07:00	04/07/2016 11:50:00	12/09/2016 12:15:00	07/11/2016 12:27:00

Escherichia coli**	UFC/100mL	< 600	* 2700	* 2000	270	* 640	* 2300	* 11000
---------------------------	------------------	-----------------	--------	--------	-----	-------	--------	---------

(*) Não atendimento aos padrões de qualidade da Resolução CONAMA 357/05

(i) Conformidade indefinida quanto ao limite da Classe, devido à análise laboratorial não ter atingido os limites legais

Nitrogênio Amoniacal - Varia em função do valor do pH da amostra

Fósforo Total - Varia em função do regime do corpo hídrico

**Escherichia coli - Padrão de qualidade de acordo com limites estabelecidos na Decisão de Diretoria n 112/2013/E de 09/04/2013, publicada no Diário Oficial do Estado de São Paulo em 13/12/2011.

UFC - Unidade Formadora de Colônia

Pontos enquadrados na Classe especial (0) são comparados com os padrões de qualidade da Classe 1

Emitido pelo EQAI - Setor de Águas Interiores