

UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE - UNESC

CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

FERNANDA FASCIN ROSSO

**SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES POR LODOS ATIVADOS
ATRAVÉS DE REATORES EM BATELADA SEQUENCIAL**

CRÍCIUMA

2018

FERNANDA FASCIN ROSSO

**SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES POR LODOS ATIVADOS
ATRAVÉS DE REATORES EM BATELADA SEQUENCIAL**

Trabalho de Conclusão do Curso, apresentado para obtenção do grau de Engenheira Ambiental e Sanitarista no Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC.

Orientador: Prof. Msc. Cristina Moreira Lalau

**CRICIÚMA
2018**

FERNANDA FASCIN ROSSO

**SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES POR LODOS ATIVADOS
ATRAVÉS DE REATORES EM BATELADA SEQUENCIAL**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado pela Banca Examinadora para obtenção do Grau de Engenharia Ambiental e Sanitária no Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC, com Linha de Pesquisa em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental.

Criciúma, 23 de novembro de 2018.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Cristina Moreira Lalau – Mestre – UNESC – Orientador

Prof. José Alfredo Dallarmi da Costa – Mestre – UNESC

Prof. Marta Valéria Guimarães de Souza Hoffmann – Mestre – UNESC

Aos meus amados pais, Luiz Carlos e Maria
Aparecida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pois sem ele nada seria possível e nada teria sentido.

Aos meus pais, Luiz e Maria, por sempre me amarem, apoiarem e me incentivarem perante toda a minha caminhada.

Ao Luiz Fernando, por todo amor, coragem e ânimo, nunca me deixando desistir dos meus objetivos e me ajudando sempre a chegar até aqui.

A minha orientadora Msc. Cristina Moreira Lalau, por toda sua dedicação, orientação e amizade. Por ser mais do que uma orientadora, e sim um exemplo de hombridade.

A todas as minhas amigas e amigos por me acompanharem e participarem de todos os momentos, bons ou ruins, contribuindo para o meu equilíbrio interno.

A toda minha família por todos os bons conselhos no decorrer da minha graduação.

A todos os professores e todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para a minha formação acadêmica.

“Quanto mais frio o seu inverno for, mais flores
você terá na primavera. Aguarde firme até lá”.

Autor desconhecido.

RESUMO

As águas residuárias quando dispostas no corpo receptor, *in natura*, ou seja, sem o devido tratamento, podem proporcionar riscos a qualidade de vida e do meio ambiente. Com vistas a evitar esta problemática, e atender aos requisitos exigidos pelas legislações, o presente trabalho tem como objetivo apresentar uma proposta de um sistema de tratamento de efluentes, para um hotel que será instalado na serra catarinense. Sendo que para o empreendimento optou-se pelo uso de um sistema de lodos ativados por batelada sequencial por motivo desse sistema se mostrar benéfico em termos de eficiência e demandar pouco requisito de área. Para tanto realizou-se caracterização da área de estudo e levantamento bibliográfico para a elaboração do estudo de concepção. Também foi desenvolvido o projeto que consistiu no dimensionamento, elaboração dos materiais gráficos e orçamento. Os dimensionamentos resultaram num tratamento preliminar composto por gradeamento do tipo fino, um medidor de vazão do tipo calha *Parshall*, e um desarenador de 1,078 metros de comprimento, um tratamento secundário composto por dois reatores de 73m³ cada, um sistema de desinfecção composto por um tanque de contato de 1,3 m³. Sendo essa configuração de tratamento de efluentes mais adequada ao empreendimento foco de estudo com base nos dados previamente analisados.

Palavras-chave: Tratamento de efluentes; Lodos ativados; Reatores em batelada sequencial.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Tratamento preliminar	18
Figura 2 – Sistemas de lagoas de estabilização	25
Figura 3 – Sistemas de disposição no solo	26
Figura 4 – Sistemas alagados construídos	27
Figura 5 – Sistemas anaeróbios	27
Figura 6 – Reatores aeróbios com biofilmes	28
Figura 7 – Unidades da etapa biológica do sistema de lodos ativados	30
Figura 8 – Fluxograma do sistema de lodos ativados convencional	32
Figura 9 – Fluxograma de um sistema de aeração prolongada	33
Figura 10 – Esquema de um sistema de lodos ativados com operação intermitente	34
Figura 11 – Ciclos do processo de operação intermitente	35
Figura 12 – Fluxograma resumo da metodologia.	38
Figura 13 – Exposição da área de estudo.....	39
Figura 14 – Área de influência direta:.....	40
Figura 15 – Área de influência indireta.....	41
Figura 16 – Configuração da Estação de Tratamento	43
Figura 17 – Alturas obtidas no reator	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1– Contaminação gerada por cada tipo de fonte poluidora.	13
Tabela 2 – Classes de reuso de água.	16
Tabela 3 – níveis de tratamento de efluentes	17
Tabela 4 – Operações, processos e sistemas de tratamento frequentemente utilizados para a remoção de poluentes dos efluentes.....	17
Tabela 5 – Descrição sucinta dos principais sistemas de tratamento de nível secundário utilizados no Brasil	20
Tabela 6 - Classificação dos sistemas em função da idade do lodo	31
Tabela 7 – Etapas do ciclo de operação de um reator intermitente.....	35
Tabela 8 – Quantidade de lodo produzido nos sistemas de tratamento de esgoto ...	36
Tabela 9 – Resultados das vazões de projeto	47
Tabela 10 – Valores obtidos no gradeamento	50
Tabela 11 – Valores obtidos no medidor de vazão.....	51
Tabela 12 – Valores obtidos no desarenador	53
Tabela 13 – Levantamento de dados para projeto do reator	54
Tabela 14 – Levantamento dos coeficientes.....	54
Tabela 15 – Definição dos critérios de projeto.....	54
Tabela 16 – Custos de implantação, operação e manutenção	64

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1 ESGOTO SANITÁRIO	13
2.1.1 Parâmetros de efluentes sanitários	14
2.2 LEGISLAÇÃO VIGENTE	15
2.3 TRATAMENTO DE EFLUENTES.....	16
2.3.1 Tratamento preliminar	18
2.3.2 Tratamento primário	19
2.3.3 Tratamento secundário	20
2.3.4 Tratamento terciário	29
2.4 TRATAMENTO POR LODOS ATIVADOS.....	29
2.4.1 Processo de lodos ativados convencional (fluxo contínuo)	31
2.4.2 Processo de lodos ativados aeração prolongada (fluxo contínuo)	32
2.4.3 Processo de lodos ativados batelada sequencial (fluxo intermitente)	33
2.5 TRATAMENTO DO LODO.....	36
3 METODOLOGIA	38
3.1 ÁREA DE ESTUDO	38
3.1.1 Áreas de influência	39
3.2 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO	41
3.3 ASPECTOS LEGAIS.....	41
3.4 ESTUDO DE CONCEPÇÃO.....	42
3.5 PROJETO.....	42
3.5.1 Descrição e dimensionamento da estação de tratamento	42
3.5.2 Materiais gráficos	44
3.5.3 Orçamento	44
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
4.1 CÁLCULO DAS VAZÕES	45
4.2 DIMENSIONAMENTO DO GRADEAMENTO.....	47
4.3 DIMENSIONAMENTO DO MEDIDOR DE VAZÃO	50
4.4 DIMENSIONAMENTO DO DESARENADOR	51
4.5 DIMENSIONAMENTO DO REATOR POR BATELADA.....	53
4.6 DIMENSIONAMENTO DO TANQUE DE CLORAÇÃO	62

4.7 TRATAMENTO DO LODO.....	63
4.8 ORÇAMENTO	64
4.9 MATERIAIS GRÁFICOS.....	65
5 CONCLUSÃO	66
6 RECOMENDAÇÕES	67
REFERÊNCIAS.....	68
APÊNDICES.....	71
APÊNDICE A – PLANTA E CORTE DO TRATAMENTO PRELIMINAR	72
APÊNDICE B – PLANTA E CORTE DO REATOR.....	73
APÊNDICE C – PLANTA E CORTE DO TANQUE DE CONTATO	74
APÊNDICE D – PLANTA DE LOCAÇÃO ETE	75
APÊNDICE E – CONFIGURAÇÃO ETE.....	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.

1 INTRODUÇÃO

Todo ser humano tem como necessidade básica o acesso a uma água para o seu metabolismo vital. Sendo que esse elemento deverá dispor de qualidade e potabilidade adequadas de maneira a não proporcionar riscos à saúde e ao meio ambiente. Em média 80% da água consumida tem a sua qualidade deteriorada se transformando em efluente, onde deverá passar por um processo de tratamento antes do lançamento no corpo receptor. Esse processo resultará na diminuição da geração de resíduos, da poluição ambiental e, conseqüente melhoria da saúde da população e preservação dos ecossistemas.

O saneamento básico é um direito assegurado no Brasil pela Constituição e definido pela Lei 11.445/2007, que define as diretrizes voltadas a prestação e gestão dos serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem e limpeza urbana, manejo de resíduos sólidos e de águas pluviais (BRASIL, 2007)

No que se refere aos processos de tratamento de efluentes, parâmetros como custos, tipo de efluente, qualidade requerida do efluente, segurança operacional, atendimento das legislações e possibilidade de reuso deverão ser levados em consideração na elaboração de projeto (GIORDANO, 1999).

Um dos métodos de tratamento que já vem sendo bastante difundido refere-se aos sistemas de lodos ativados é o processo por bateladas sequencial, que é o objetivo do presente trabalho. O processo demonstra-se viável por motivo de demandar inexpressiva quantidade de área para implantação (quando comparado a outros sistemas de tratamento), caracterizar um processo relativamente simples, necessitar de menores quantidades de unidades de tratamento, possibilitar o reuso do efluente e do lodo, ser de fácil operação e ser indicado em fluxos em que a vazão oscila (VON SPERLING, 2002).

É importante salientar que a água de reuso, proveniente do efluente tratado, poderá ser utilizada para usos externos, lavagens de calçadas, carros, descargas, e para uso agrícola, como irrigações, desde que siga as recomendações contidas na NBR-13969 (ABNT, 1997) que dispõe das diretrizes necessárias para elaboração desse tipo de projeto. Esse procedimento de reuso proporciona economia de água com vistas a prevenção de sua escassez, já que esse recurso é limitado e, nos dias atuais, a crise hídrica já vem sendo um problema expressivo, até mesmo em âmbito nacional.

Com relação ao lodo gerado no tratamento, sua utilização em aterros sanitários poderá contribuir com o seu tempo de vida útil, sendo que a disposição desse lodo no aterro deverá seguir as diretrizes contidas na resolução do CONAMA 375/2006 (BRASIL, 2006).

Com base nas premissas anteriormente descritas o presente trabalho tem como objetivo de apresentar uma proposta de um sistema de tratamento de efluentes, gerados em um hotel, localizado na Serra Catarinense. Para tanto, traçou-se como objetivos específicos a) o dimensionamento do sistema de tratamento de efluentes, b) a elaboração de documentos gráficos que disponibilizem informações construtivas e detalhes do projeto, c) a definição do local de instalação da estação de tratamento de efluentes e d) a investigação das melhores alternativas para o reaproveitamento/reuso do efluente final pós-tratamento.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ESGOTO SANITÁRIO

De acordo com a NBR-9648, esgoto sanitário é o despejo líquido constituído de esgotos doméstico e industrial, água de infiltração e a contribuição pluvial parasitária. Corroborando com a definição de Metcalfy & Eddy (2005), que afirmam que esgoto sanitário é todo o efluente advindo de residências, estabelecimentos institucionais, comerciais e similares.

A característica dos esgotos é definida por Von Sperling (1996), segundo a função dos usos à qual a água foi submetida. Estes usos, variam de acordo com às condições econômicas, o clima, hábitos da população, e situação social. Os esgotos são formados por 99,9% de água, o restante, segundo Von Sperling (1996), inclui sólidos orgânicos e inorgânicos, suspensos e dissolvidos, e microrganismos e devido a esse 0,1% que há necessidade de tratamento.

Esse tipo de efluente provém de lançamentos domésticos, de águas residuárias de empresas, de atividades agrícolas e de infiltração. A Tabela 1 adaptada de Munoz (1992), apresenta as fontes poluidoras e a contaminação gerada por cada uma delas.

Tabela 1– Contaminação gerada por cada tipo de fonte poluidora.

Fontes de poluição e contaminação	Tipos de poluição e contaminação
Lançamento de esgoto doméstico	Microbiológica direta Microbiológica indireta Eutrofização
Lançamento de águas residuárias	Metais pesados Petroquímicos Gorduras Efluentes de produção de papel e papelão Praguicidas Detergentes Substâncias radioativas Temperatura (calor) Materiais sólidos Extração areia, pedras
Atividade agrícola	Açúcares Agrotóxicos

Fonte: Adaptado de Munoz (1992).

Segundo Azevedo Neto (1985) a construção de sistemas de esgotamento sanitário tem como objetivo principal melhorar as condições sanitárias, proteger e

conservar os recursos hídricos, eliminar a emissão de odores e de focos de poluição, reduzir as doenças e reduzir os custos do tratamento de água para abastecimento público.

De acordo com Arruda Leme (2014), um sistema de esgotamento se define pelo conjunto de obras e instalações destinadas a coleta, afastamento, tratamento e disposição final adequada do esgoto, permitindo o condicionamento adequado das águas servidas a comunidade.

2.1.1 Parâmetros de efluentes sanitários

Quando o efluente não encontra uma solução ecológica e economicamente adequada, ocorre o descarte em corpo receptor. Porém existem parâmetros que devem ser atendidos para o lançamento do mesmo.

De acordo com a resolução CONAMA 430/2011 (BRASIL, 2011) os efluentes de qualquer fonte poluidora podem ser lançados no corpo receptor somente se obedecerem às condições e padrões previstos no Artigo 16 desta mesma resolução, que define sobre temperatura, pH, materiais sedimentáveis, óleos e graxas, materiais flutuantes e demanda bioquímica de oxigênio.

Esses parâmetros são definidos de acordo com a CETESB como:

- Potencial hidrogeniônico (pH): O pH é um parâmetro muito importante, pois pode influir em diversos equilíbrios químicos ou processos de tratamento de água. Também pode contribuir para precipitação de elementos químicos e tóxicos.
- Temperatura: É a grandeza que caracteriza o estado térmico, representa o grau de agitação das partículas de água.
- Materiais sedimentáveis: Fração dos sólidos orgânicos e inorgânicos que sedimentam em 1 hora em cone Imhoff.
- Óleos e graxas: São substâncias inorgânicas de origem animal, vegetal ou mineral. São geralmente gorduras ou hidrocarbonetos, e raramente são encontrados em águas naturais, provendo de efluentes doméstico ou industrial.
- Materiais flutuantes: Fração dos sólidos orgânicos e inorgânicos que não são filtráveis.
- Demanda bioquímica de oxigênio: A DBO é a quantidade necessária de oxigênio para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana

aeróbia para uma forma inorgânica estável. A DBO é considerada como a quantidade de oxigênio consumido durante um determinado período de tempo.

Ademais, a legislação ambiental vigente no Brasil estabelece conceitos, padrões, normas e procedimentos para o tratamento e o lançamento de esgotos e águas residuárias no corpo receptor. E esses quesitos devem ser atendidos.

2.2 LEGISLAÇÃO VIGENTE

De maneira manter a qualidade das águas, evitar a poluição dos recursos naturais e garantir a proteção da saúde, são estabelecidos normas e padrões que constam na legislação, essas visam o controle de lançamento de poluentes no meio ambiente.

Os padrões de lançamento exigidos no artigo 16 da resolução CONAMA 430/2011 são:

- pH entre 5 a 9;
- Temperatura: inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C no limite da zona de mistura;
- Materiais sedimentáveis: até 1 mL/L em teste de 1 hora em cone Imhoff. Para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes;
- Regime de lançamento com vazão máxima de até 1,5 vez a vazão média do período de atividade diária do agente poluidor, exceto nos casos permitidos pela autoridade competente;
- Óleos e graxas: Óleos minerais: até 20 mg/L; Óleos vegetais e gorduras animais: até 50 mg/L;
- Ausência de materiais flutuantes;
- Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO 5 dias a 20°C): remoção mínima de 60% de DBO sendo que este limite só poderá ser reduzido no caso de existência de estudo de autodepuração do corpo hídrico que comprove atendimento às metas do enquadramento do corpo receptor;

Segundo a resolução do CONAMA 430/2011, os efluentes de qualquer fonte poluidora poderão ser lançados no corpo receptor após a realização de um tratamento efetivo, que obedeça às condições, padrões e exigências dispostos nesta resolução e em outras também aplicáveis (BRASIL, 2011).

Para o reuso de água, observou-se a NBR-13969 (ABNT, 1997) que classifica o reuso em classes, especificadas na Tabela 2 a seguir.

Tabela 2 – Classes de reuso de água.

CLASSES	USOS	CONDIÇÕES
Classe 1	Lavagem de carros e outros usos que requerem o contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador, incluindo chafariz	Turbidez inferior a cinco; coliforme fecal inferior a 200 NMP/100 mL; sólidos dissolvidos totais inferior a 200 mg/L; pH entre 6,0 e 8,0; cloro residual entre 0,5 mg/L e 1,5 mg/L.
Classe 2	Lavagens de pisos, calçadas e irrigação dos jardins, manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes	Turbidez inferior a cinco, coliforme fecal inferior a 500 NMP/100 mL, cloro residual superior a 0,5 mg/L.
Classe 3	Reuso nas descargas dos vasos sanitários	Turbidez inferior a 10, coliformes fecais inferiores a 500 NMP/100 mL
Classe 4	Reuso nos pomares, cereais, forragens, pastagens para gados e outros cultivos.	Coliforme fecal inferior a 5 000 NMP/100 mL e oxigênio dissolvido acima de 2,0 mg/L

Fonte: BRASIL, 1997.

2.3 TRATAMENTO DE EFLUENTES

O tratamento de efluentes é necessário para adequá-los aos padrões de qualidade exigidos pelas legislações vigentes de maneira a adequá-lo ao posterior lançamento para o corpo receptor ou para o reuso.

Conforme Von Sperling (2014) o tratamento de esgotos é classificado através dos seguintes níveis: preliminar, primário, secundário e eventualmente, o terciário. Ele descreve brevemente os tratamentos como:

O tratamento preliminar visa a remoção dos sólidos grosseiros, enquanto o tratamento primário tem o objetivo de remover os sólidos sedimentáveis e parte da matéria orgânica.

Já no secundário o foco é a remoção de matéria orgânica podendo ocorrer parte da remoção de nutrientes, como nitrogênio e fósforo.

E o tratamento terciário tem como objetivo a remoção de poluentes específicos ou a remoção complementar de poluentes que não foram suficientemente retirados no tratamento secundário. Os níveis de tratamento de efluentes estão descritos na Tabela 3.

Tabela 3 – níveis de tratamento de efluentes

NIVEL	REMOÇÃO
Preliminar	Sólidos em suspensão grosseiros (materiais de maiores dimensões e areia).
Primário	Sólidos em suspensão sedimentáveis; DBO em suspensão (associada a matéria orgânica componente dos sólidos em suspensão sedimentáveis).
Secundário	DBO em suspensão (caso não haja tratamento primário: DBO associada a matéria orgânica em suspensão, presente no esgoto bruto); DBO em suspensão finamente particulada (caso haja tratamento primário: DBO associada a matéria orgânica em suspensão não sedimentável, não removida no tratamento primário); DBO solúvel (associada a matéria orgânica na forma de sólidos dissolvidos, presentes, tanto nos esgotos brutos, quanto no efluente do eventual tratamento primário, uma vez que sólidos dissolvidos não são removidos por sedimentação).
Terciário	Nutrientes; Organismos patogênicos; Compostos não biodegradáveis; Metais pesados; Sólidos inorgânicos dissolvidos; Sólidos em suspensão remanescente.

Fonte: Von Sperling (2014).

Os principais processos, operações e sistemas de tratamento, frequentemente utilizados no tratamento de efluentes, estão descritos na Tabela 4, segundo Von Sperling (2014), que exemplifica os métodos aplicados na fase líquida do efluente.

Tabela 4 – Operações, processos e sistemas de tratamento frequentemente utilizados para a remoção de poluentes dos efluentes

POLUENTE	OPERAÇÃO, PROCESSO OU SISTEMA DE TRATAMENTO
Sólidos suspensos	Gradeamento Remoção de areia Sedimentação Disposição no solo
Matéria orgânica biodegradável	Lagoas de estabilização Lodos ativados Filtro biológico Tratamento anaeróbio Disposição no solo

Patogênicos	Lagoas de maturação Disposição no solo Desinfecção com produtos químicos Desinfecção com radiação ultravioleta
Nitrogênio	Nitrificação e desnitrificação biológica Disposição no solo Processos físico-químicos
Fósforo	Remoção biológica Processos físico-químicos

Fonte: Adaptado de Von Sperling (2014)

Para o reuso de água tem-se, na NBR-13969, tratamentos recomendados para cada classe de reuso.

De acordo com a NBR-13969, para o reuso classe 1 é necessário tratamento aeróbio com filtro aeróbio ou lodos ativados por batelada, seguido por filtração convencional e, finalmente, cloração. Para classe 2 se recomenda tratamento biológico aeróbio com filtro aeróbio ou lodos ativados por batelada, seguido de filtração de areia e desinfecção. Para classe 3, tratamento aeróbio seguido de filtração e desinfecção satisfaz o padrão.

2.3.1 Tratamento preliminar

Esse tratamento é destinado a remoção de sólidos grosseiros e areia, segundo Von Sperling (2014) os mecanismos básicos de remoção são de natureza física. E além das remoções inclui-se uma unidade de medição da vazão, que usualmente utiliza a calha *Parshall*, no qual o valor medido é correlacionado com a vazão. A Figura 1 apresenta o fluxograma típico de tratamento preliminar.

Figura 1 – Tratamento preliminar



Fonte: Adaptado de Casan 2018.

Os materiais em suspensão são retirados através de grelha e de crivos grossos (gradeamento), e a separação da areia e da água residual é feita a partir de canais de areia (desarenação). De acordo com Baird (2002) o objetivo principal deste tratamento é a proteção das bombas e tubulações, e conseqüentemente, a proteção dos tratamentos subseqüentes e dos corpos receptores.

O sistema de desarenadores é um mecanismo de sedimentação, conforme Von Sperling (2014), no qual os grãos de areia vão para o fundo do tanque, devido a suas dimensões e densidade, enquanto a matéria orgânica permanece em suspensão, pois é de sedimentação bem mais lenta.

Neste processo também está presente uma calha de dimensões padronizadas, a calha Parshall, que atua como medidor de vazão.

2.3.2 Tratamento primário

O tratamento primário é destinado a remoção de sólidos em suspensão sedimentáveis e sólidos flutuantes. Von Sperling (2014), descreve o tratamento primário como a etapa que utiliza mecanismos físicos para a remoção desses sólidos, esse tratamento compreende atividades como decantação, flotação, sedimentação e digestão de sólidos. Essas atividades removem conseqüentemente parte da matéria orgânica também.

Os sólidos sedimentáveis são retirados através de decantadores ou tanques sedimentadores. Pelegrin (2004) explica que o esgoto passa com lentidão pelos decantadores, fazendo os sólidos em suspensão com maior densidade sedimentarem no fundo, formando assim o lodo primário bruto. Já os de menor densidade, como os óleos e as graxas, são removidos pela superfície, pois são materiais flutuantes. Conforme Von Sperling (2014) nesta etapa, a eficiência de remoção dos sólidos em suspensão situa-se entre 60 a 70%, e a DBO em torno de 25 a 30%.

Os decantadores podem ser circulares ou retangulares. O efluente flui vagorosamente através dos decantadores, fazendo com que os sólidos em suspensão, por terem uma densidade maior, se sedimentem gradualmente no fundo, essa massa sedimentada é chamada de lodo primário bruto. Em tanques pequenos essa massa é retirada por meio de tubulação, e em tanque de maiores proporções, é

retirada através de bombas e raspadores. As graxas e óleos são materiais com menor densidade e se encontram flutuando sobre o líquido circundante, de onde são coletados e removidos do tanque para tratamento posterior (VON SPERLING, 2014).

2.3.3 Tratamento secundário

O tratamento secundário tem por objetivo remover matéria orgânica em suspensão (DBO suspensa), matéria orgânica dissolvida (DBO solúvel), nitrogênio (N) e fósforo (F). Segundo Bird (2002), esta etapa é formada por mecanismos biológicos e reações bioquímicas dos microrganismos.

De acordo com Von Sperling (2014), muitos microrganismos fazem parte do processo, como bactérias, protozoários, fungos e outros. Esse processo se dá através do contato efetivo entre esses microrganismos e a matéria orgânica, onde eles se alimentam desta matéria e a convertem em gás carbônico, água e material celular. Em condições anaeróbias tem também a produção de metano. A decomposição biológica do material orgânico requer condições ambientais favoráveis, como pH, temperatura, tempo de contato e outros, e em condições aeróbias o oxigênio.

Os sistemas de tratamento de nível secundário mais utilizados no Brasil serão descritos na Tabela 5, conforme Von Sperling (2002), exceto os sistemas por lodos ativados, que por se tratar do sistema que se relaciona este trabalho, será descrito com maior detalhamento separadamente.

Tabela 5 – Descrição sucinta dos principais sistemas de tratamento de nível secundário utilizados no Brasil

(continua)

LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO	
Lagoa facultativa	Os esgotos fluem continuamente em lagoas especialmente construídas para o tratamento de águas residuárias, com profundidades de 1,5 a 2,0 metros. O líquido permanece na lagoa por vários dias, usualmente mais de 20 dias. A DBO solúvel e a DBO finamente particulada são estabilizadas aerobiamente por bactérias dispersas no meio líquido, ao passo que a DBO suspensa tende a sedimentar, sendo convertida aerobiamente por bactérias no fundo da lagoa. O oxigênio requerido pelas bactérias aeróbias e fornecido pelas algas através da fotossíntese. Este é um processo natural e não requer nenhum equipamento, diminuindo gastos com energia e operação.

Tabela 5 – Descrição sucinta dos principais sistemas de tratamento de nível secundário utilizados no Brasil

(continua)	
Lagoa anaeróbia – lagoa facultativa	As lagoas são especialmente construídas com uma área menor, porém com uma maior profundidade, que vai de 4,0 a 5,0 metros. A DBO é em torno de 50 a 65% removida (convertida a líquidos e gases) na lagoa anaeróbia, enquanto a DBO remanescente é removida na lagoa facultativa. O sistema ocupa uma área inferior ao de uma lagoa facultativa única, em contrapartida ocorre uma grande geração de acúmulo de lodo que deve ser retirado ao longo de anos, essa é uma tarefa complexa que deve ser levada em consideração na concepção do sistema.
Lagoa aerada facultativa	Os mecanismos de remoção da DBO são similares aos de uma lagoa facultativa. No entanto, o oxigênio é fornecido por aeradores mecânicos, ao invés de através da fotossíntese. Como a lagoa é também facultativa, uma grande parte dos sólidos do esgoto e da biomassa sedimenta, sendo decomposta anaerobiamente no fundo. Os aeradores fazem com que o oxigênio penetre na massa líquida, permitindo que a decomposição da matéria orgânica se de mais rapidamente, promovendo assim um tempo de detenção menor, de ordem de 5 a 10 dias. Devido a introdução de mecanização, essas lagoas são menos simples e necessitam de mais manutenção e operação, e, portanto, energia elétrica.
Lagoa aerada de mistura completa – lagoa de decantação	A energia introduzida por unidade de volume da lagoa é elevada, o que faz com que os sólidos (principalmente a biomassa) permaneçam dispersos no meio líquido, ou em mistura completa. A decorrente maior concentração de bactérias no meio líquido aumenta a eficiência do sistema na remoção da DBO, o que permite que a lagoa tenha um volume inferior ao de uma lagoa aerada facultativa. No entanto, o efluente contém elevados teores de sólidos (bactérias), que necessitam ser removidos antes do lançamento no corpo receptor. O tempo de detenção típico é de 2 a 4 dias. A lagoa de decantação a jusante proporciona condições para esta remoção. O lodo da lagoa de decantação deve ser removido em períodos de poucos anos, em média de 5 anos, e é um processo difícil e caro.
LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO	
Lagoas de alta taxa	As lagoas de alta taxa são concebidas para maximizar a produção de algas, em um ambiente totalmente aeróbio. Para tanto as lagoas possuem reduzidas profundidades, garantindo a penetração da energia luminosa em toda a massa líquida. Em decorrência, a atividade fotossintética é elevada, proporcionando altas concentrações de oxigênio dissolvido e a elevação do pH. Estes fatores contribuem para o aumento de taxa de mortalidade de microrganismos patogênicos e para a remoção de nutrientes. As lagoas de alta taxa recebem uma elevada carga orgânica. Há usualmente a introdução de uma moderada agitação na lagoa, alcançada por meio de equipamento mecânico.

Tabela 5 – Descrição sucinta dos principais sistemas de tratamento de nível secundário utilizados no Brasil

(continua)	
Lagoas de maturação	O objetivo principal das lagoas de maturação é a remoção de organismos patogênicos. Nas lagoas de maturação predominam condições ambientais adversas para estes microrganismos, como radiação ultravioleta, elevado pH, elevado OD, temperatura mais baixa que a do trato intestinal humano, falta de nutrientes predação por outros organismos. As lagoas de maturação usualmente projetadas como uma série de lagoas, ou como lagoas como divisões por chicanas. A eficiência na remoção de coliformes é elevadíssima.
DISPOSIÇÃO NO SOLO	
Infiltração lenta	Os esgotos são aplicados ao solo, fornecendo água e nutrientes necessários para o crescimento das plantas. Parte do líquido é evaporada, parte percola no solo, e a maior parte é absorvida pelas plantas. As taxas de aplicação no terreno são bem baixas. O líquido pode ser aplicado segundo os métodos da aspersão, do alagamento, e da crista e vala. Este é um processo de fertirrigação.
Infiltração rápida	Os esgotos são dispostos em bacias rasas. O líquido passa pelo fundo poroso percola pelo solo. A perda por evaporação é menor, face às maiores taxas de aplicação. A aplicação é intermitente, proporcionando um período de descanso para o solo. Os tipos mais comuns são: percolação para a água subterrânea, recuperação por drenagem subsuperficial e recuperação por poços freáticos.
Infiltração subsuperficial	O esgoto pré-decantado é aplicado abaixo do nível do solo. Os locais de infiltração são preenchidos com um meio poroso, no qual ocorre o tratamento. Os tipos mais comuns são as valas de infiltração e os sumidouros.
Escoamento superficial	Os esgotos são distribuídos na parte superior de terrenos com uma certa declividade, através do qual escoam, até serem coletados por valas na parte inferior. A aplicação é intermitente. Os tipos de aplicação são: aspersores de alta pressão, aspersores de baixa pressão e tubulações ou canais de distribuição com aberturas intervaladas.
SISTEMAS ALAGADOS CONSTRUÍDOS (WETLANDS)	
Sistemas alagados construídos	Terras úmidas construídas, banhado artificiais, alagados artificiais, <i>wetlands</i> são denominações equivalente. Os sistemas consistem de lagoas ou canais rasos, que abrigam plantas aquáticas flutuantes e/ou enraizadas (emergente e submersas) numa camada de solo no fundo. A água flui livremente entre as folhas e caules das plantas. As lagoas podem ter áreas abertas dominadas pelas plantas, o apresentar ilhas com funções de habitat.

Tabela 5 – Descrição sucinta dos principais sistemas de tratamento de nível secundário utilizados no Brasil

(continua)	
Sistemas alagados construídos de escoamento horizontal subsuperficial	Contém um leito composto de pequenas pedras, cascalho ou areia, dando suporte ao crescimento de plantas aquáticas. O nível d'água permanece abaixo da superfície do leito. E os esgotos fluem em contato com as raízes e rizomas das plantas (onde se desenvolve o biofilme bacteriano), não sendo visíveis ou disponíveis para a biota aquática. Na modalidade de escoamento horizontal subsuperficial o líquido é alimentado de forma contínua, escoamento pelos poros do leito até atingir a saída.
Sistemas alagados construídos de escoamento vertical	Tipicamente um filtro de areia ou cascalho, plantado com vegetação. Na variante mais comum, de escoamento vertical descendente, os esgotos são aplicados no topo do leito. No fundo do meio filtrante há uma série de dutos que recolhem os esgotos tratados. A operação assemelha-se a rotina de um filtro, com ciclos em batelada de dosagem e drenagem, diferindo, portanto, da operação dos sistemas de escoamento horizontal, sendo a dosagem intermitente, o fluxo são normalmente em meio não saturado. Após a passagem do líquido, os poros são ocupados por ar, o que facilita a manutenção de condições aeróbias. A alimentação é alternada entre leitões, com unidade em operação e unidade em descanso.
SISTEMAS ANAERÓBIOS	
Reator anaeróbio de manta de lodo e fluxo ascendente (UASB)	A sigla UASB advém de <i>Upflow Anaerobic Sludge Blanket</i> . A DBO é convertida anaerobiamente por bactérias dispersas no reator. O fluxo do líquido é ascendente. A parte superior do reator é dividida nas zonas de sedimentação e de coleta de dás. A zona de sedimentação permite a saída do efluente clarificado e o retorno dos sólidos (biomassa) ao sistema, aumentando a sua concentração no reator. Entre os gases formados inclui-se o metano. O sistema dispensa decantação primária. A produção de lodo é baixa, e o lodo já sai adensado e estabilizado.
Filtro anaeróbio	A DBO é convertida anaerobiamente por bactérias aderidas a um meio suporte (usualmente pedras) no reator. O tanque trabalha submerso, e o fluxo é ascendente. O sistema requer decantação primária (frequentemente fossas sépticas). A produção de lodo é baixa, e o mesmo já sai estabilizado.
SISTEMAS ANAERÓBIOS	
Reator anaeróbio – pós tratamento	Os reatores UASB usualmente não produzem um efluente que se adeque à maior parte dos padrões de lançamento. Por este motivo, frequentemente é necessária a incorporação de um pós-tratamento, que pode ser biológico (aeróbio ou anaeróbio) ou físico-químico (com adição de coagulantes).

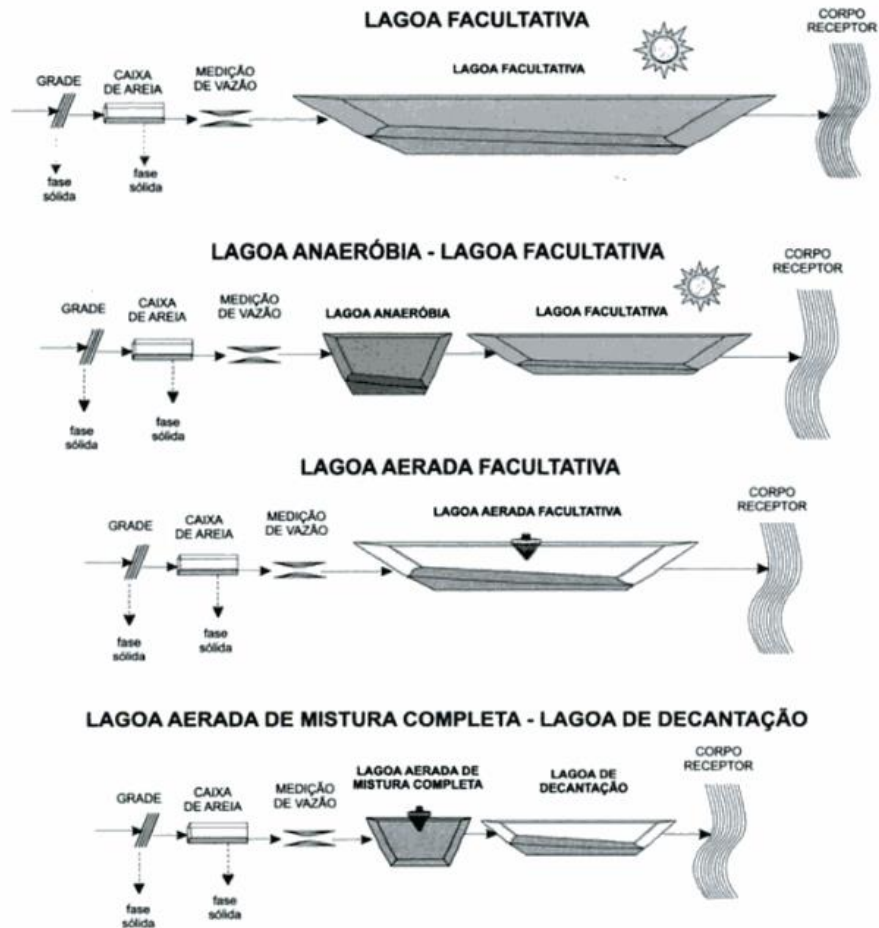
Tabela 5 – Descrição sucinta dos principais sistemas de tratamento de nível secundário utilizados no Brasil

(continua)	
Reator anaeróbio – pós tratamento	Praticamente todos os processos de tratamento de esgotos podem ser usados como pós- tratamento, que pode ser biológico (aeróbio ou anaeróbio) ou físico-químico (com adição de coagulantes). Praticamente todos os processos de tratamento de esgotos podem ser usados com pós-tratamento de efluente de reator UASB. A eficiência global do sistema é usualmente similar à que seria alcançada se o processo pós-tratamento fosse aplicado ao esgoto bruto. No entanto, os requisitos de área. Volume e energia, bem como a produção de lodo, são bem menores.
REATORES AERÓBIOS COM BIOFILMES	
Filtro de baixa carga	A DBO é estabilizada aerobiamente por bactérias que crescem aderidas a um meio suporte (comumente pedras). O esgoto é aplicado na superfície do tanque através de distribuidores rotativos. O líquido percola pelo tanque, saindo pelo fundo, ao passo que a matéria orgânica fica retida pelas bactérias. Os espaços livres são vazios, o que permite a circulação de ar. No sistema de baixa carga, há pouca disponibilidade de DBO para as bactérias, o que faz com que as mesmas sofram uma autodigestão, saindo estabilizadas do sistema. As placas de bactérias que se despregam das pedras são removidas no decantador secundário. O sistema necessita de decantação primária
Filtro de alta carga	Similar ao sistema anterior, com a diferença de que a carga de DBO aplicada é maior. As bactérias (lodo excedente) necessitam de estabilização no tratamento do todo. O efluente do decantador secundário é recirculado para o filtro, de forma a diluir o afluente e garantir uma carga hidráulica homogênea.
Biofiltro aerado submerso	O biofiltro aerado submerso é constituído por um tanque preenchido com material poroso (usualmente submerso), através do qual esgoto e ar fluem permanentemente. O fluxo de ar no biofiltro é sempre ascendente, ao passo que o fluxo do líquido pode ser ascendente ou descendente. Os biofiltros com meios granulares realizam, no mesmo reator, a remoção de compostos orgânicos solúveis e de partículas em suspensão presentes nos esgotos. Além de servir de meio suporte para os microrganismos, o material granular constitui-se em meio filtrante. São necessário lavagens periódicas para se eliminar o excesso de biomassa acumulada, reduzindo as perdas de carga hidráulica através do meio.
REATORES AERÓBIOS COM BIOFILMES	
Biodisco	A biomassa cresce aderida a um meio suporte, o qual é constituído por discos. Os discos, parcialmente imersos no líquido, giram, ora expondo a superfície ao líquido, ora ao ar.

Fonte: Von Sperling (2002)

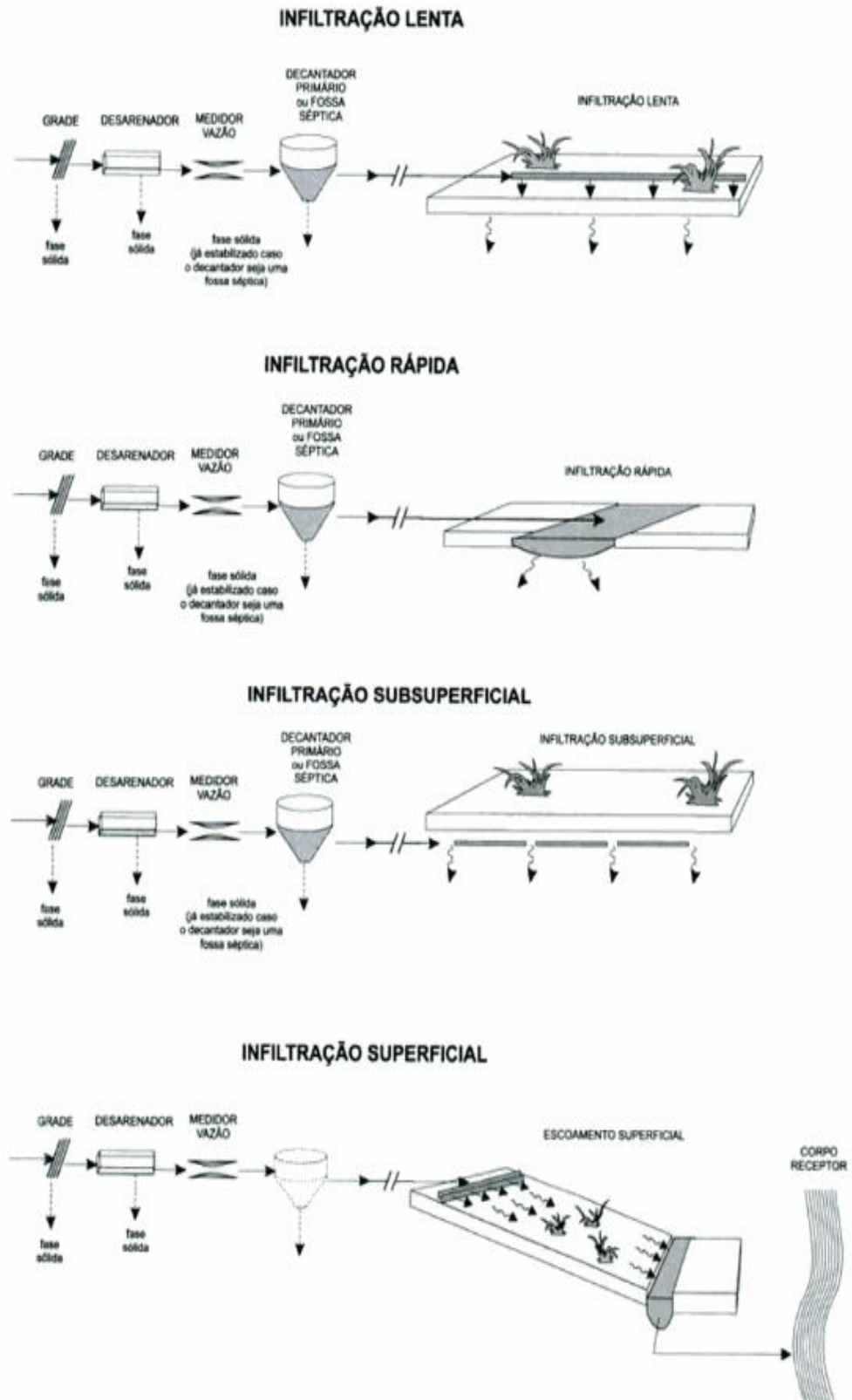
Os sistemas de tratamento descritos na tabela acima, serão demonstrados esquematicamente nas figuras 2, 3, 4, 5 e 6 a seguir.

Figura 2 – Sistemas de lagoas de estabilização



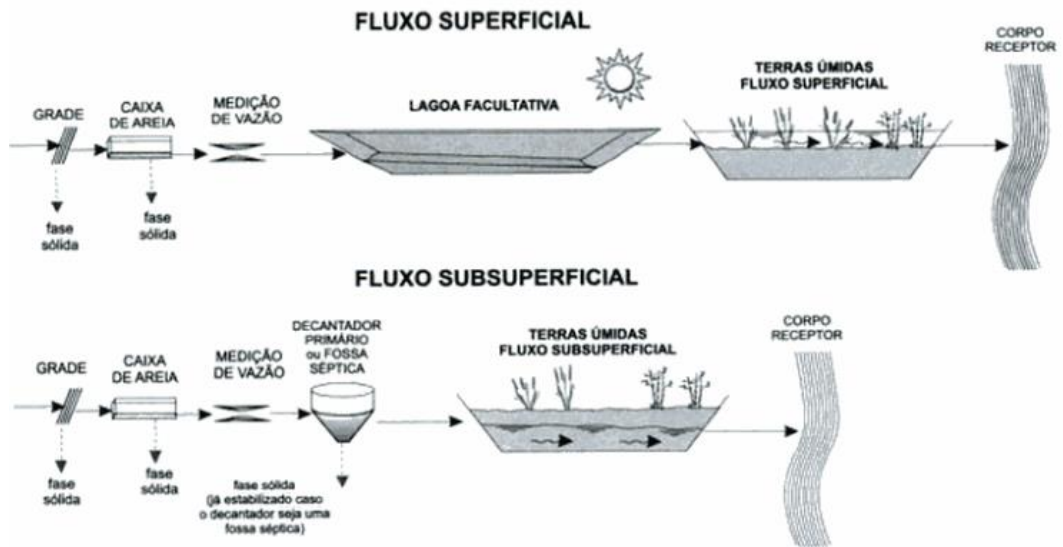
Fonte: Von Sperling (2014).

Figura 3 – Sistemas de disposição no solo



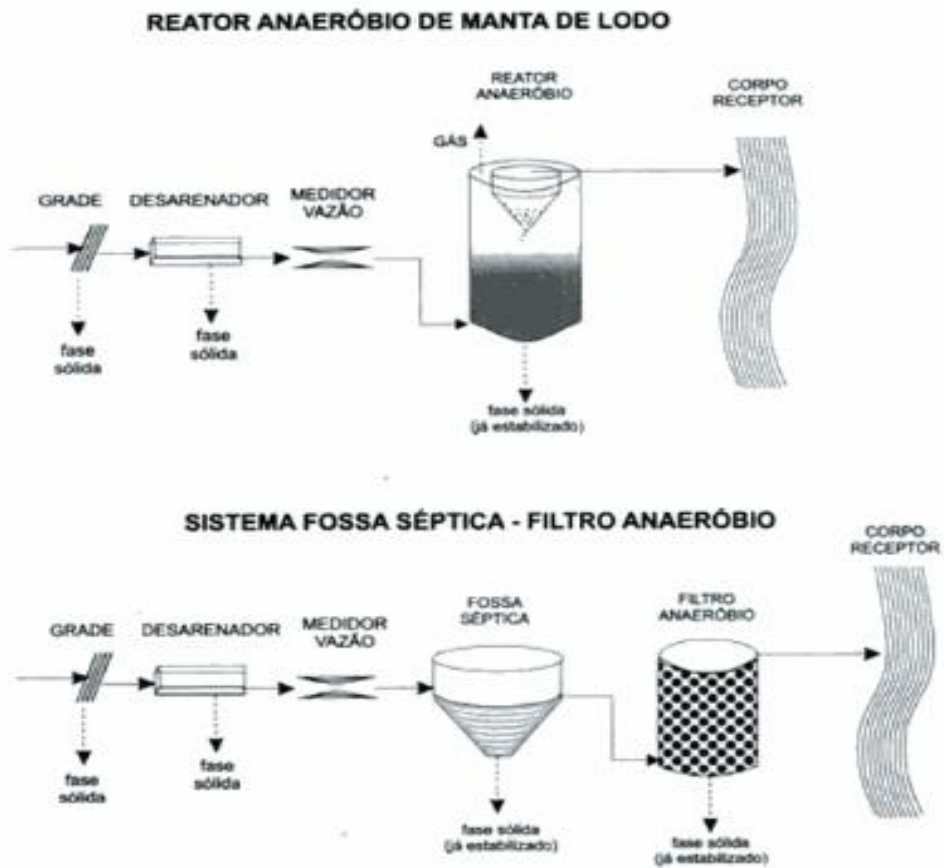
Fonte: Von Sperling (2014).

Figura 4 – Sistemas alagados construídos



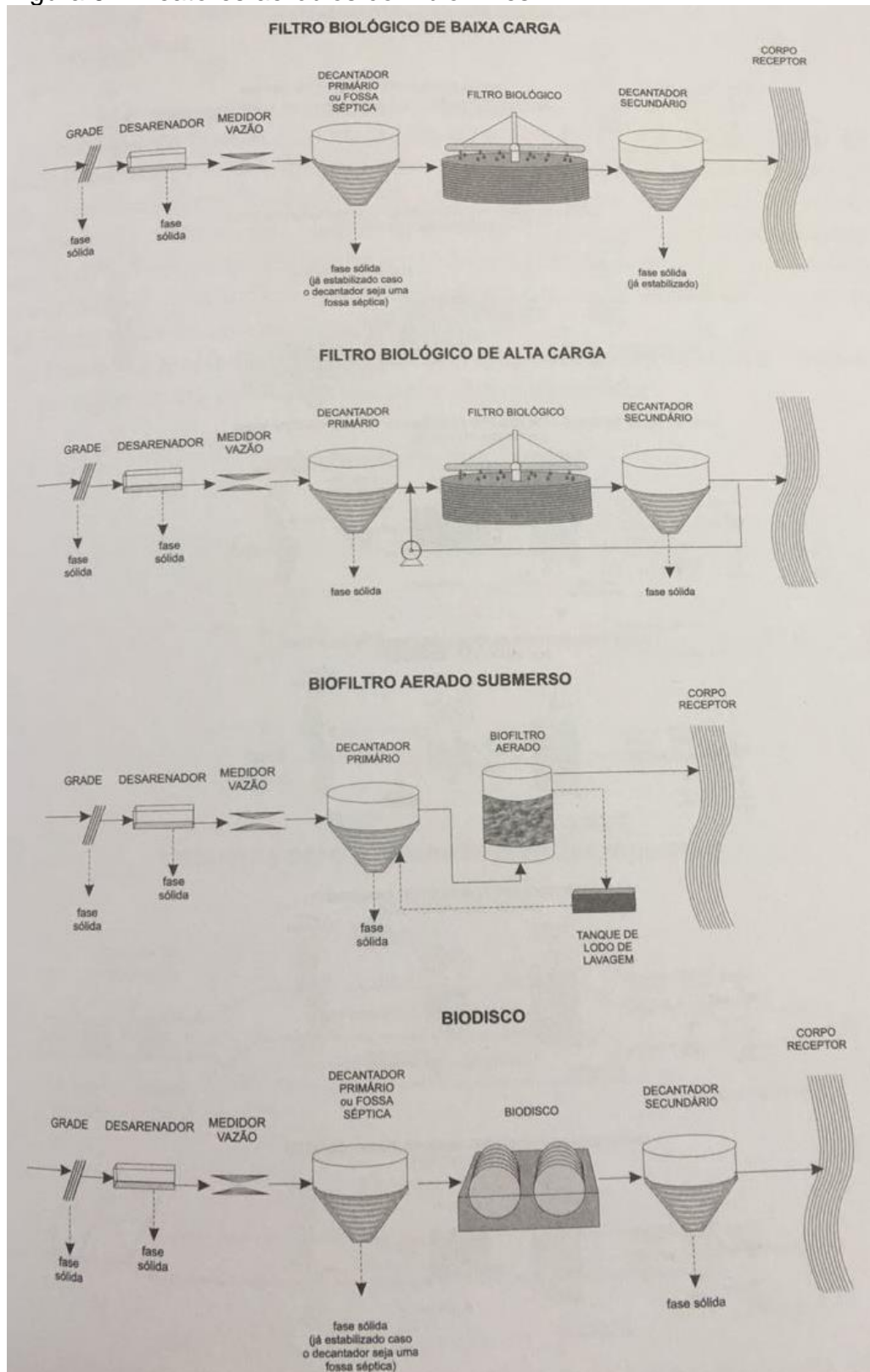
Fonte: Von Sperling (2014).

Figura 5 – Sistemas anaeróbios



Fonte: Von Sperling (2014).

Figura 6 – Reatores aeróbios com biofilmes



Fonte: Von Sperling (2014).

2.3.4 Tratamento terciário

Mesmo removendo uma média de 90 a 99% de microorganismo com o tratamento secundário convencional, Von Sperling (2014) afirma que nem sempre isso é suficiente para atingir as exigências existentes para o descarte de efluente. Nestes casos existe a necessidade de um tratamento terciário. Este tratamento é definido como um tratamento adicional para a remoção de substâncias remanescentes. A escolha do tipo de tratamento terciário depende da natureza do efluente, da viabilidade ambiental e econômica de cada método. O tratamento terciário remove poluentes específicos, como matéria orgânica, compostos não biodegradáveis, nutrientes, metais pesados, entre outros.

2.4 TRATAMENTO POR LODOS ATIVADOS

De acordo com publicação da PROSAB (2001), a utilização do sistema de lodos ativados é extremamente utilizada pelo mundo, tanto para o tratamento de esgoto sanitário, como para efluente industrial, obtendo uma boa qualidade do efluente do processo. Em contrapartida uma ETE que utiliza o processo de lodos ativados requer um grande grau de mecanização, o que implica num grande consumo de energia elétrica, haja vista que a operação é altamente sofisticada.

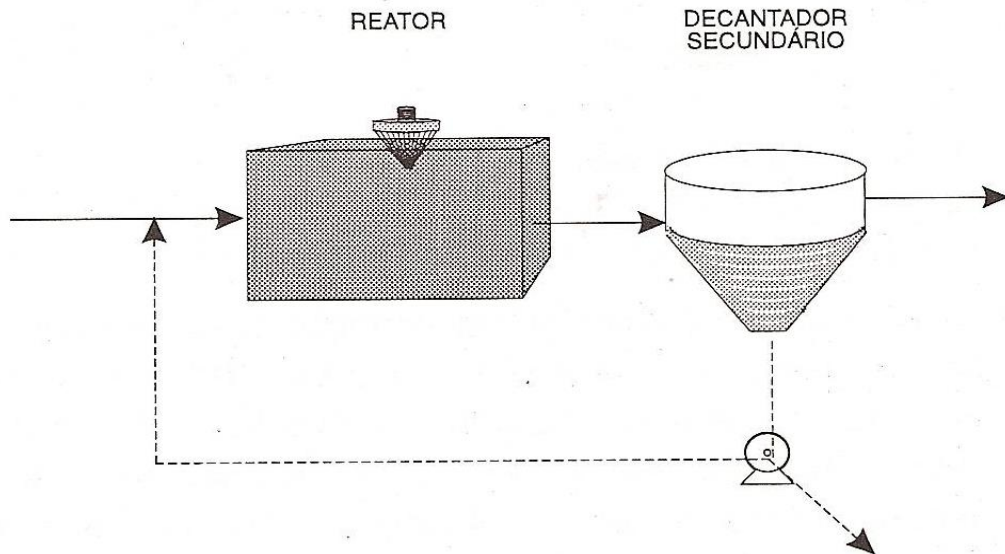
Metcalfy & eddy (2005) descreve esse processo de tratamento como sendo uma destruição de poluentes orgânicos biodegradáveis presentes na água residuária, efluente e esgotos. Isso se baseia na oxidação da matéria orgânica por bactérias aeróbias.

Von Sperling (2002) especifica as unidades da etapa biológica do sistema de lodos ativados (fluxo líquido) como:

- Tanque de aeração;
- Tanque de decantação;
- Recirculação do lodo.

E demonstra as etapas do esquema das unidades na Figura 7 a seguir.

Figura 7 – Unidades da etapa biológica do sistema de lodos ativados



Fonte: Von Sperling (2002).

No reator ocorrem as reações bioquímicas de remoção da matéria orgânica, e em certas condições, da matéria nitrogenada. As biomassas provem do substrato presente no esgoto bruto. No decantador secundário acontece a sedimentação dos sólidos (biomassa), permitindo assim, que o efluente saia clarificado. Os sólidos que sedimentam no fundo são recirculados para o reator, aumentando assim a concentração da biomassa, que é a responsável pela eficiência do sistema. (VON SPERLING 2002)

Conforme Jordão & Pessoa (2005), a biomassa recirculada é formada por fungos, protozoários, bactérias, rotíferos e nematódeos. Os microorganismos mais importantes são as bactérias, devido a sua importância no processo de estabilização da matéria orgânica, e pela formação do floco por conversão da matéria orgânica biodegradável em um novo material celular, CO_2 e água, e outros produtos inertes.

Existem microorganismos indesejáveis ao tratamento, como os fungos, que dificultam a formação do floco, tendo no geral, uma forma filamentosa. E como os protozoários, que não contribuem para a estabilização da matéria orgânica. (JENKINS, 1993)

Von Sperling (2002) classifica os sistemas de lodos ativados em função da idade do lodo, esta classificação se aplica tanto para sistemas de fluxo contínuo (líquido entrando e saindo continuamente do reator), quanto para sistemas de fluxo intermitente ou batelada (entrada de líquido descontínua em cada reator). No

entanto, em sistemas de fluxo intermitente, a aeração prolongada é mais frequentemente utilizada. A tabela 6 a seguir classifica os sistemas em função da idade do lodo.

Tabela 6 - Classificação dos sistemas em função da idade do lodo

Idade do lodo	Carga de DBO aplicada por unidade de volume	Faixa de idade de lodo	Denominação usual
Reduzidíssima	Altíssima	Inferior a 3 dias	Aeração modificada
Reduzida	Alta	4 a 10 dias	Lodos ativados convencional
Intermediária	Intermediária	11 a 17 dias	-
Elevada	Baixa	18 a 30 dias	Aeração prolongada

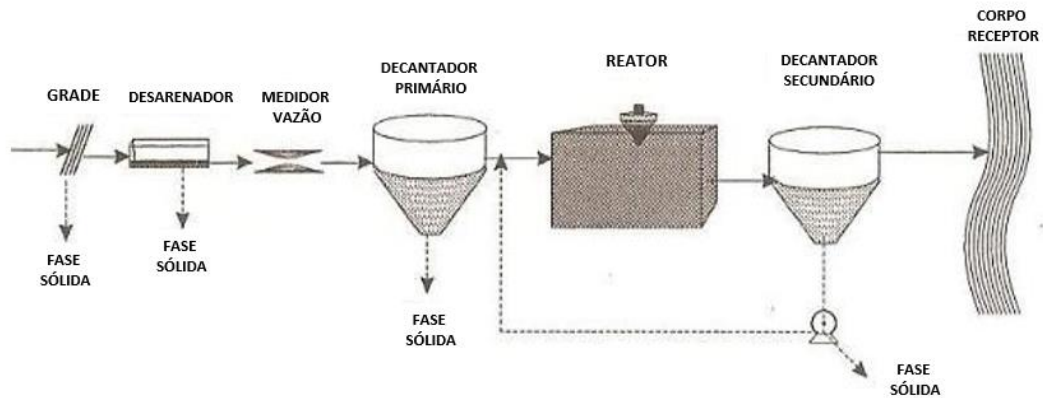
Fonte: Adaptado de Von Sperling (2002).

2.4.1 Processo de lodos ativados convencional (fluxo contínuo)

Em virtude da recirculação dos sólidos sedimentados no fundo do decantador secundário, a concentração de biomassa no reator é maior. A permanência da biomassa no sistema garante uma maior eficiência na remoção de DBO. A quantidade de lodo removida deve ser a mesma quantidade de lodo gerada, e esse lodo removido necessita de uma etapa para estabilização, pois o lodo contém um alto teor de matéria orgânica em suas células, devido sua idade, que é usualmente de 4 a 10 dias e o tempo de detenção hidráulica no reator é da ordem de 6 a 8 horas, essa estabilização ocorre nos digestores. Os aeradores mecânicos ou ar difuso fornecem o oxigênio e os sólidos sedimentáveis devem ser removidos numa etapa anterior, havendo uma unidade de decantação primária para esse fim. (VON SPERLING, 2002)

A Figura 8 descreve um fluxograma esquematizado desde sistema de tratamento. Nela podemos ver que a parte de cima do sistema corresponde ao tratamento na fase líquida (esgoto) e a parte de baixo corresponde as etapas correspondentes da parte sólida (lodo).

Figura 8 – Fluxograma do sistema de lodos ativados convencional

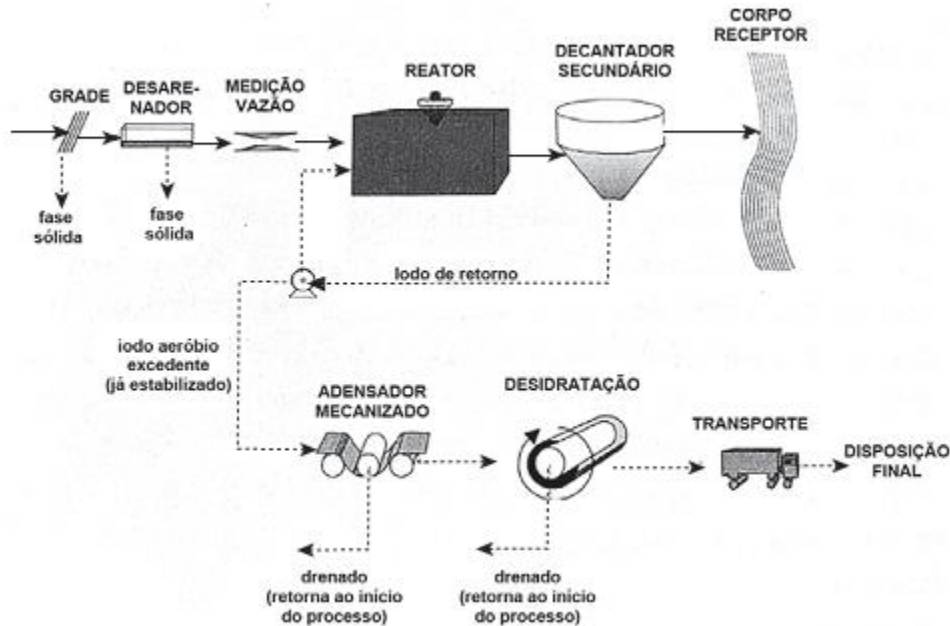


Fonte: Von Sperling (2002).

2.4.2 Processo de lodos ativados aeração prolongada (fluxo contínuo)

Embora seja semelhante a configuração de tratamento por lodos ativados do tipo convencional os tanques de aeração nesse tipo de configuração são maiores, e a biomassa é mantida por mais tempo permanecendo no reator de 18 a 30 dias, pois isso o nome de aeração prolongada. Sendo assim, a DBO disponível para as bactérias diminui, fazendo com que estas utilizem a matéria orgânica do próprio material celular para a manutenção. O tempo de detenção também é maior em torno de 16 a 24 horas. O resultado desse processo é que o lodo excedente já sai estabilizado e não precisa adicionar unidades de decantação primária (VON SPERLING, 2002). O processo está exemplificado na Figura 9. A consequência desta simplificação é o maior gasto com energia.

Figura 9 – Fluxograma de um sistema de aeração prolongada



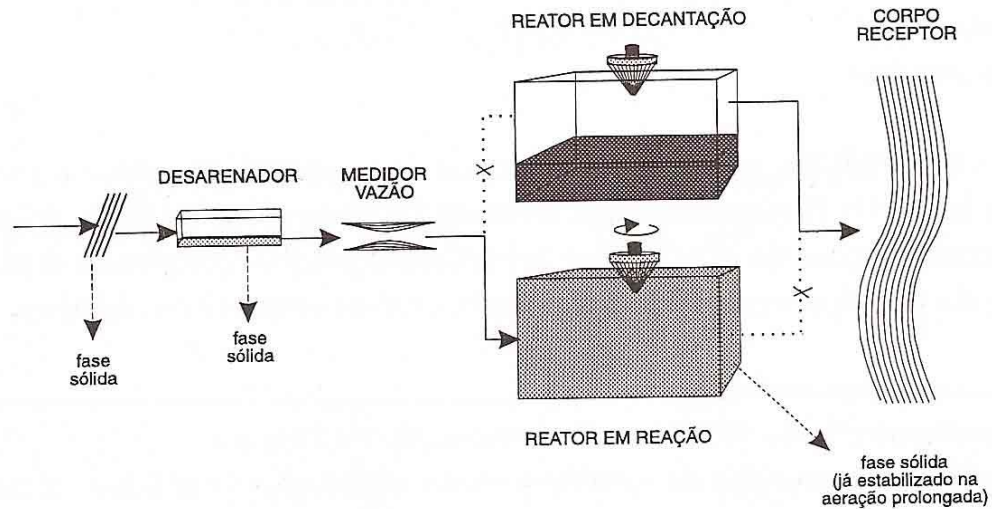
Fonte: Adaptado de Von Sperling (2002).

2.4.3 Processo de lodos ativados batelada sequencial (fluxo intermitente)

Esse sistema é operado de forma intermitente, num único tanque, ocorrem diferentes etapas de reação, em fases diferentes, quando os aeradores estão ligados. E de sedimentação, quando os aeradores estão desligados, momento esse em que se retira o efluente (sobrenadante). O uso de elevatórias de recirculação não é necessário, pois quando os aeradores são religados os sólidos sedimentados voltam para a massa líquida. (VON SPERLING, 2002)

Este sistema de fluxo intermitente pode ser utilizado tanto na modalidade convencional quanto na aeração prolongada. E na modalidade de aeração prolongada o tanque único passa a incorporar também a unidade de digestão aeróbio do lodo. O processo está descrito na Figura 10 e consiste em um ou mais reatores de mistura completa, onde ocorrem todas as etapas do processo.

Figura 10 – Esquema de um sistema de lodos ativados com operação intermitente



Fonte: Adaptado de Von Sperling (2002)

Isso é possível pois os ciclos de operação têm suas durações definidas. A duração usual de cada ciclo pode ser alterada em função das variações da vazão afluyente, das necessidades do tratamento e das características do esgoto e da biomassa no sistema. Segundo Von Sperling (2002), os ciclos típicos normais são:

- Enchimento (entrada de esgoto bruto ou decantador no reator);
- Reação (aeração/mistura) da massa líquida contida no reator);
- Sedimentação (sedimentação e separação dos sólidos em suspensão do esgoto tratado);
- Descarte do efluente tratado (retirada do esgoto tratado do reator);
- Repouso (ajuste de ciclos e remoção do lodo excedente).

Estes ciclos estão exemplificados na Figura 11 a seguir:

Figura 11 – Ciclos do processo de operação intermitente

IMAGEM					
FASE DO CICLO	ENCHIMENTO	AERAÇÃO	SEDIMENTAÇÃO	DESCARGA	REPOUSO
OBJETIVO DA FASE	INTRODUÇÃO DO SUBSTRATO	BIODEGRADAÇÃO DO SUBSTRATO	CLARIFICAÇÃO DO EFLUENTE TRATADO	DESCARTE DO EFLUENTE TRATADO	RESERVA DE TEMPO A TRANSFERIR PARA OUTRA FASE, CASO NECESSÁRIO
ESTADO DA AERAÇÃO	LIGADA OU DESLIGADA	LIGADA	DESLIGADA	DESLIGADA	LIGADA OU DESLIGADA

Fonte: Eckenfelder Jr. (1989).

A Tabela 7 a seguir descreve cada uma das etapas dos ciclos do processo de operação intermitente segundo EPA, 1993.

Tabela 7 – Etapas do ciclo de operação de um reator intermitente

ETAPA	DESCRIÇÃO
Enchimento	<ul style="list-style-type: none"> • A operação de enchimento consiste na adição do esgoto e do substrato para a atividade microbiana. • O ciclo de enchimento pode ser controlado por válvulas de bóia, até um volume pré-estabelecido, ou por temporizadores, para sistemas com mais de um reator. Um método simples e comumente aplicado para controlar o ciclo de enchimento é baseado no volume do reator, resultando em tempos de enchimento inversamente relacionados à vazão afluente. • A fase de enchimento pode incluir várias fases de operação e está sujeita a vários modos de controle, denominados enchimento estático, enchimento com mistura e enchimento com reação. • O enchimento estático envolve a introdução do esgoto sem mistura ou aeração. Este tipo de enchimento é mais comum em estações que objetivam a remoção de nutrientes. Nestas aplicações, o enchimento estático é acompanhado de um enchimento com mistura, de forma a que os microrganismos estejam expostos a uma quantidade suficiente de substrato, ao passo que se mantêm condições anóxicas ou anaeróbias. Tanto a mistura quanto a aeração são efetuadas no estágio de enchimento com reação. • O sistema pode alternar entre enchimento estático, enchimento com mistura e enchimento com reação, ao longo do ciclo operacional.
Aeração/Reação	<ul style="list-style-type: none"> • O objetivo do estágio de reação é completar as reações iniciadas durante o enchimento. • A etapa de reação pode compreender mistura, aeração ou ambos. Como no caso do ciclo de enchimento, os processos desejados podem requerer ciclos alternados de aeração. • A duração da fase de reação pode ser controlada por temporizadores, pelo nível do líquido ou pelo grau de tratamento, através de monitoramento do reator. • Dependendo da quantidade e duração da aeração durante a fase de enchimento, pode ou não haver uma fase de reação específica.

(continua)

Tabela 7 – Etapas do ciclo de operação de um reator intermitente

ETAPA	DESCRIÇÃO
Sedimentação	<ul style="list-style-type: none"> • A separação sólido-líquido ocorre durante a fase de sedimentação, análoga à operação de um decantador secundário em uma ETE convencional. • A sedimentação em um sistema intermitente pode ter uma eficiência superior à de um decantador de fluxo contínuo, devido ao maior repouso do líquido em um tanque de batelada, sem interferência de entrada e saída de líquidos.
Descarga (retirada do sobrenadante)	<ul style="list-style-type: none"> • O efluente clarificado é retirado durante a fase de esvaziamento. • O esvaziamento pode ser efetuado através de vários mecanismos, os mais comuns sendo vertedores flutuantes ou ajustáveis.
Repouso	<ul style="list-style-type: none"> • A fase final é denominada de repouso, sendo utilizada apenas em aplicações com vários tanques. • O tempo alocado à fase de repouso depende do tempo requerido para o tanque precedente completar o seu ciclo completo. • O descarte de lodo ocorre tipicamente nesta fase.

Fontes: EPA (1993).

O lodo é parte importante de todo o sistema e por se tratar de um resíduo gerado ao final do processo, ele também necessita de um tratamento adequado.

2.5 TRATAMENTO DO LODO

Os sistemas de tratamento de efluente e águas residuárias ricos em matéria orgânica e sólidos totais, geram como o principal subproduto o lodo, que fica depositado nos decantadores. Os decantadores primários geram o lodo primário, que é constituído por sólidos em suspensão removidos do efluente bruto. Os decantadores secundários geram o lodo secundário, que é diferente do primário, podendo ser composto por biomassa de microrganismos, formada e reproduzida à custa da matéria orgânica existente. (LEME, 2008)

A Tabela 8 demonstra a quantidade de lodo gerado em cada sistema de tratamento.

Tabela 8 – Quantidade de lodo produzido nos sistemas de tratamento de esgoto

Tipo de sistemas	Volume de Lodo Produzido (L/ hab.d)
Lagoas facultativas	0,05 – 0,15
Reator UASB	0,2 – 0,6
Lodos ativados convencional	3,1 – 8,2

Tabela 8 – Quantidade de lodo produzido nos sistemas de tratamento de esgoto
(continua)

Aeração prolongada	3,3 – 5,6
Lagoa anaeróbia	0,1 – 0,3
Filtro biológico de alta carga	1,4 – 5,2
Lagoa aerada facultativa	0,08 – 0,22

Fonte: Metcalf e Eddy (2005).

Von Sperling (2002) cita como as principais etapas do tratamento:

- Adensamento (remoção de umidade – redução de volume)
- Estabilização (remoção de matéria orgânica – redução de sólidos voláteis)
- Condicionamento (preparação para a desidratação – etapa principalmente mecânica)
- Desidratação (remoção de umidade – redução de volume)
- Disposição final (destinação final dos subprodutos)

Em termos de tratamento do lodo, as principais diferenças entre os sistemas de idade do lodo convencional e aeração prolongada são que os sistemas de aeração prolongada não geram lodo primário, geram menos lodo secundário e neste sistema o lodo gerado não necessita da etapa de estabilização, pois já sai estabilizado. (VON SPERLING, 2002).

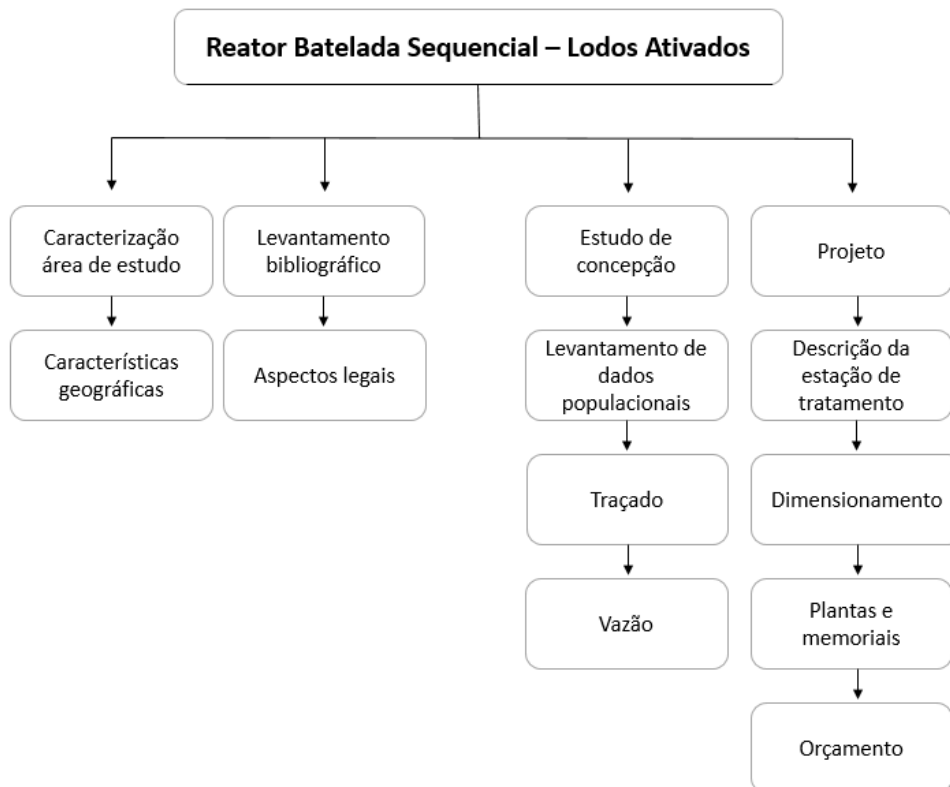
O reuso do lodo segue a resolução do CONAMA 375/2006, que introduz normas a serem seguidas para a permissividade do uso do mesmo em meio agrícola.

O lodo proveniente de ETE, poderá ter utilização agrícola desde que seja submetido a processo de redução de patógenos e atratividade de vetores. Também não deve ser proveniente de indústrias, hospitais, portos e aeroportos, e deve estar estabilizado (CONAMA 375/2006). Deve ser seguido um plano de monitoramento do lodo, e obedecer às restrições locais contidas na resolução pertinente.

3 METODOLOGIA

De maneira a atender os objetivos do presente trabalho foi desenvolvida a metodologia demonstrada através de um esquema resumo apresentado a seguir (Figura 12). Sendo que a estrutura apresentada seguiu a seqüência de desenvolvimento do trabalho.

Figura 12 – Fluxograma resumo da metodologia.



Fonte: Autora, 2018.

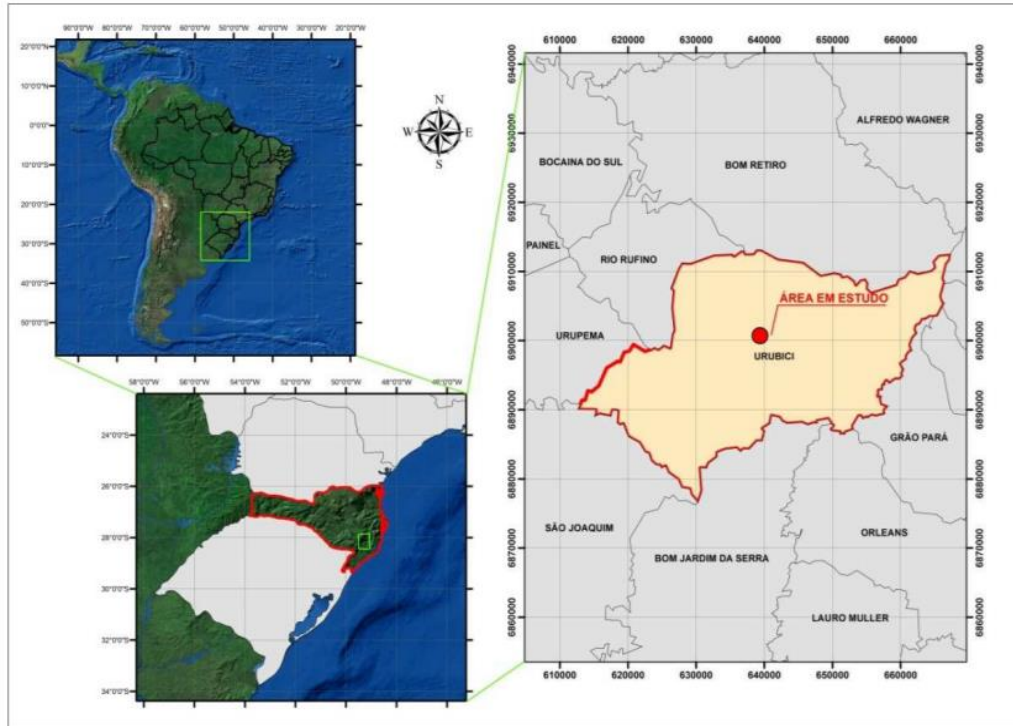
A descrição da metodologia inicia-se com a caracterização da área de estudo.

3.1 ÁREA DE ESTUDO

A estação de tratamento de efluentes (ETE), objeto de estudo deste trabalho, se encontrará localizada na Serra Catarinense, no município de Urubici, segundo o IBGE (2010) a população do município era estimada em 10.702 habitantes.

A ETE atenderá um hotel com 160 dormitórios. A estação estará localizada entre a latitude $28^{\circ}00'54''$ sul e a uma longitude $49^{\circ}35'30''$ oeste, estando a uma altitude de 915 metros, exposto no contexto nacional na Figura 13.

Figura 13 – Exposição da área de estudo.



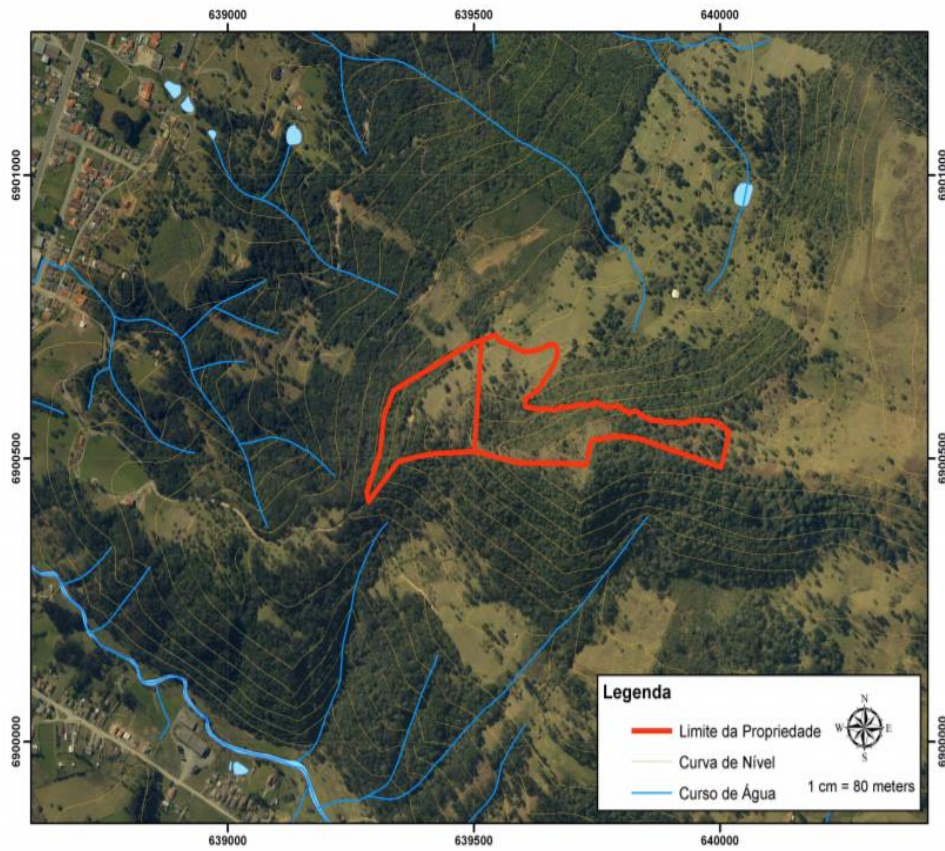
Fonte: Autora, 2018.

O hotel se encontra em fase de instalação e além da população flutuante formada pelos hóspedes, deve se considerar a população fixa, composta pelos colaboradores. O hotel será composto por um auditório, pela recepção, onde inclui a cozinha, restaurante, sala de gerencia, sala de jogos e piscina, com uma área construída total de 1563,40 m², e pelas acomodações com os 160 leitos serão distribuídos em 20 blocos com quatro unidades habitacionais para cada bloco com área de 182,00 m². Cada quarto possuirá 33,15 m², totalizando 3.640,00m² de acomodações.

3.1.1 Áreas de influência

- Área de influência direta: Foi delimitada por ser afetada diretamente pelos impactos do empreendimento, como implantação, operação e desativação.

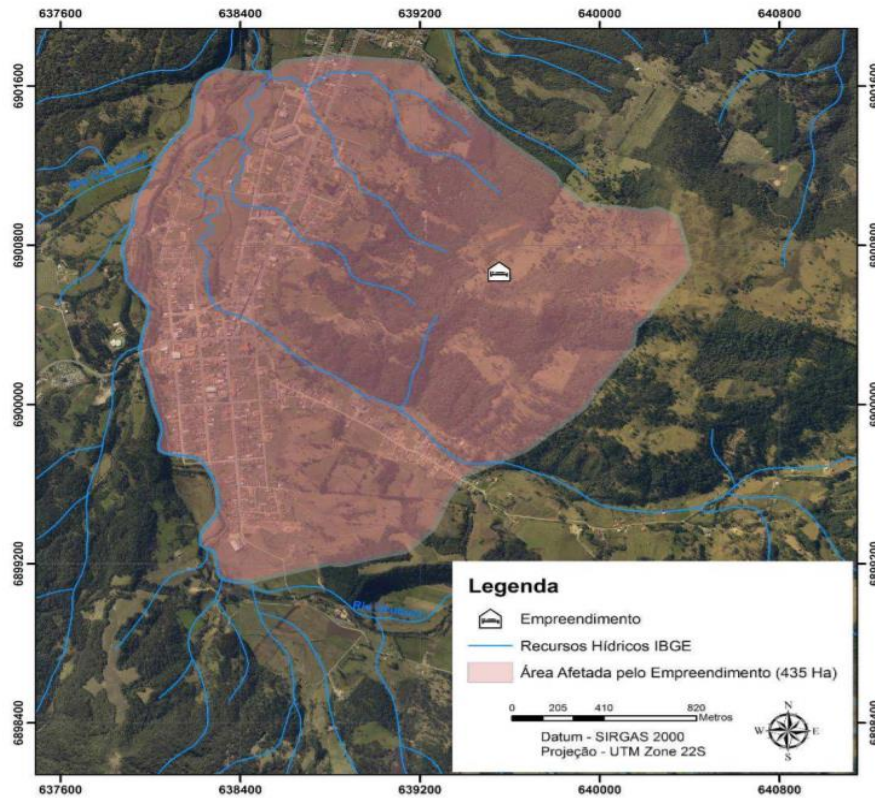
Figura 14 – Área de influência direta:



Fonte: Autora, 2018.

- Área de influência indireta: Área delimitada com o intuito de prevenir os impactos indiretos desenvolvidos pelo empreendimento.

Figura 15 – Área de influência indireta



Fonte: Autora, 2018.

3.2 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

O Levantamento bibliográfico se deu por base em pesquisa de artigos atuais, em base de dados científica, como artigos científicos, livros, teses, dissertações e TCCs.

3.3 ASPECTOS LEGAIS

As metodologias de dimensionamento foram realizadas com base nas normativas nacionais de projeto descritas a seguir:

- NBR-12209/1992 Projeto de estações de tratamento de esgoto sanitário;
- NBR-12208/1992 Projeto de estações elevatórias de esgoto sanitário;
- NBR-9649/1986 Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário;
- NBR-9648/1986 Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário.

3.4 ESTUDO DE CONCEPÇÃO

O presente estudo apresenta os parâmetros teóricos e técnicos visando atender as solicitações do empreendimento em questão (hotel).

- Projeto: Estação de Tratamento de Esgoto;
- Objetivo: Realizar o tratamento dos efluentes gerados no hotel;
- População Beneficiada: 270 hóspedes e colaboradores;
- Definições Primárias: A ETE deverá ter alta eficiência no tratamento, atender as normas vigentes e tamanho compacto;

Para o projeto do sistema de esgotamento sanitário, a rede coletora atenderá 270 pessoas simultaneamente. A população final a ser atendida será a população inicial, sem estimativa de crescimento populacional a pedido do empreendedor, que garantiu que o hotel não será ampliado. Sendo assim, foi adotado apenas uma porcentagem de segurança.

Neste projeto, o coletor tronco e os interceptores, foram dimensionados conforme as normas técnicas da NBR-12209 (ABNT, 2002), que levam em consideração que a ETE deve se posicionar afastada dos hóspedes ademais, as tubulações de transporte do efluente devem se utilizar dos declives do terreno para uma maior economia, de maneira a se evitar gastos extras com estações elevatórias e energia. Os seguintes parâmetros foram levados em consideração: vazões afluentes, concentrações de DBO e DQO, concentração de sólidos em suspensão totais.

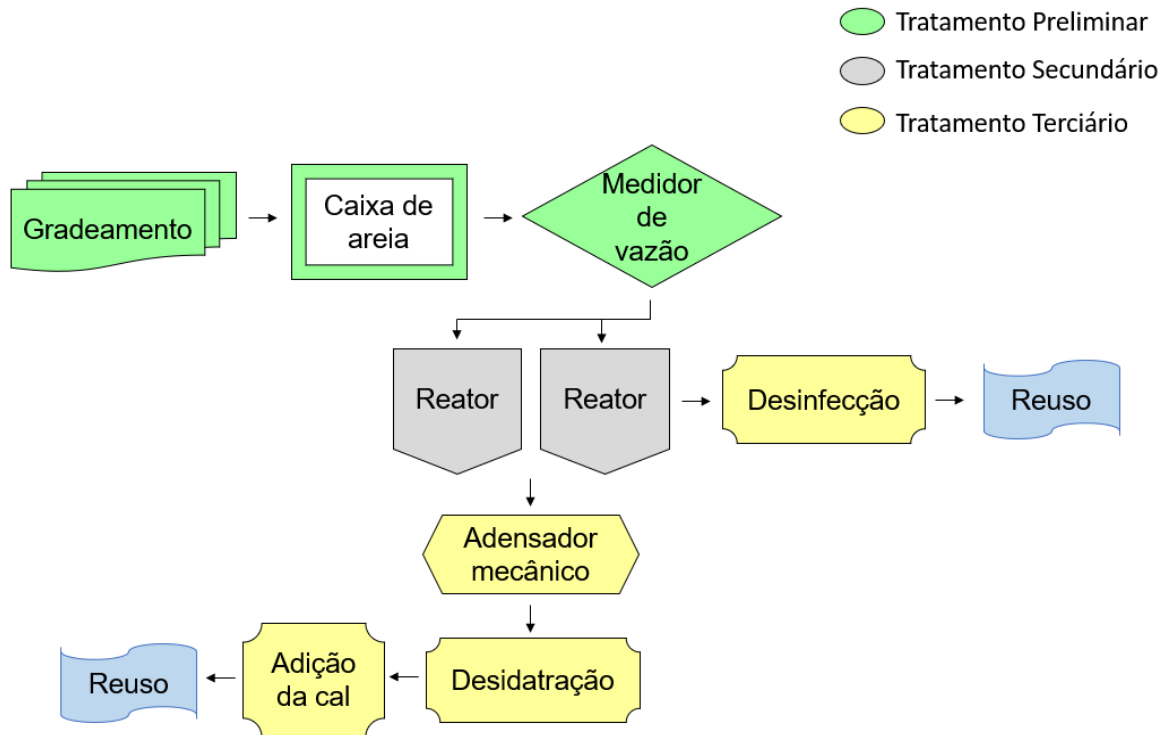
O traçado baseou-se na norma NBR-9649 (ABNT 1986) anteriormente descrita, que disponibiliza as diretrizes necessárias para a elaboração dessa representação. Além da referida normativa, ainda foram utilizadas ferramentas extras para o dimensionamento e a organização com o uso dos softwares AutoCad, Revit e SketchUp. A vazão média foi calculada conforme as equações descritas pela bibliografia de Von Sperling (2014) e diretrizes contidas nas NBR 12209/1992 e NBR 9649/1986.

3.5 PROJETO

3.5.1 Descrição e dimensionamento da estação de tratamento

A configuração da estação de tratamento é demonstrada no fluxograma a seguir (Figura 16).

Figura 16 – Configuração da Estação de Tratamento



Fonte: Autora, 2018.

A primeira etapa caracteriza o tratamento preliminar, que consistirá em gradeamento com espaçamento previsto na NBR-12209 e NBR-12208 (ABNT 2008), para atingir a remoção necessária de materiais. E mais uma caixa de areia (desarenador), que foi dimensionada de acordo com a NBR-12209, que exige uma remoção de 95% das partículas maiores ou iguais a 0,2 mm. Também foi adotado um medidor de vazão (calha Parshall), com tamanho padronizado, não sendo necessário um cálculo específico (JORDÃO E PESSOA, 1995).

Essa configuração de ETE não dispôs de tratamento primário haja vista que necessita de uma maior carga de matéria orgânica, devido ao tratamento utilizado ser lodos ativados por batelada sequencial. O tratamento secundário consistirá em dois reatores, que irão realizar cada etapa do tratamento levando em consideração os ciclos de tempo (VON SPERLING, 2002). O dimensionamento do

mesmo e também do tanque de cloração seguiram como referência a bibliografia de Von Sperling, Manual Casan (2014) e as NBR-12209; NBR-9649; NBR-9648.

O sistema de lodos ativados é altamente utilizado a nível mundial, em situações que se deseja uma alta qualidade no efluente tratado e reduzidas áreas. Quando utilizado o sistema de batelada sequencial na modalidade de aeração prolongada, tem-se uma maior simplicidade operacional (VON SPERLING, 2002).

O sistema de reatores por batelada sequencial funciona em estado não estacionário (quando existe variação no fluxo), que significa que ele pode tratar um grande volume de efluente. Como hotéis tem horários de pico, e horários de baixa, este é um sistema altamente indicado, pois detecta estes altos e baixos do volume de efluente, funcionando constantemente (CLARKE, 2017).

O reuso do efluente será realizado com base em observações desse na saída da estação de tratamento, com a posterior verificação do enquadramento aos padrões para reuso de água, contidos na resolução do CONAMA 357/2005 e NBR 13969.

Neste tipo de configuração de ETE o lodo já sai estabilizado, proporcionando maiores vantagens com relação aos requisitos de área de instalação e menos dispositivos para compor o sistema de tratamento do lodo. O adensador e a desidratação serão dimensionados conforme Von Sperling (2014), e seguirão a resolução CONAMA nº 375/2006 e NBR-12209. Para realização do reuso do lodo, também seguiu-se a resolução CONAMA nº 375/2006.

3.5.2 Materiais gráficos

Os materiais gráficos elaborados para dar suporte ao presente trabalho consistiram em: planta de locação, planta baixa, planta corte, planta detalhe. Os materiais foram elaborados com o uso dos softwares AutoCad, Revit e SketchUp. O desenvolvimento desses materiais baseou-se em dados obtidos no dimensionamento e disponibilizados pelos responsáveis do empreendimento.

3.5.3 Orçamento

Após o dimensionamento e o traçado serem concluídos, foi realizado um levantamento de todas as peças e materiais a serem utilizados no projeto, sendo assim um orçamento poderá ser realizado, a fim de estabelecer um custo do projeto.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No resultado apresentado no presente trabalho constam os dimensionamentos das unidades da estação de tratamento de efluente a serem utilizadas sendo essas: gradeamento, desarenador, medidor de vazão, reatores, tanque de cloração e o adensador voltado para o pré-tratamento do lodo gerado no processo.

4.1 CÁLCULO DAS VAZÕES

Para o dimensionamento das unidades que compõem o tratamento preliminar (gradeamento, desarenador e medidor de vazão), há a necessidade de conhecer as vazões máximas e mínima e de infiltração de escoamento do efluente nessa etapa do tratamento.

Para a obtenção da vazão total considerou-se a população a ser atendida, o coeficiente de retorno, e o consumo de água per capita (VON SPERLING, 2002).

A população atendida será de 297 pessoas, incluindo hóspedes, funcionários e mais 10% de segurança de projeto (Manual Casan, 2014).

$$\begin{aligned} 260 \text{ hóspedes} + 10\% \text{ segurança} &= 286 \text{ hóspedes} \\ 10 \text{ funcionários} + 10\% \text{ segurança} &= 11 \text{ funcionários} \\ \text{Total de habitantes} &= 297 \end{aligned}$$

De acordo com o Manual Casan (2014), para a cidade de Urubici SC, hóspedes de um hotel consomem 200 litros diários de água, e funcionários consomem 50 litros de água diariamente. Deste total, apenas parte irá compor o esgoto. Consentindo, Von Sperling (2002), utiliza de 60% a 90% como taxa de retorno do total de consumo. Para este cálculo foi utilizado 80% como coeficiente de retorno (Equação 1).

$$Q = \frac{\text{população} \times \text{consumo} \times \text{taxa retorno}}{86400}$$

Equação 1

Onde:

Q é a vazão em L/s;

População (P) é a quantidade total de habitantes no empreendimento (hab);

Consumo (q) é o consumo per capita em L/hab.d;

Taxa de retorno (C) adimensional.

Para hóspedes:

$$Q = \frac{(286 \text{ hab} \times 200 \frac{\text{l}}{\text{hab}} \cdot \text{dia} \times 0,8)}{86400} = 0,53 \text{ l/s}$$

Para funcionários:

$$Q = \frac{(11 \text{ hab} \times 50 \frac{\text{l}}{\text{hab}} \cdot \text{dia} \times 0,8)}{86400} = 0,005 \text{ l/s}$$

Vazão total (Equação 2):

$$\begin{aligned} Q &= Q_{\text{hóspedes}} + Q_{\text{funcionários}} \\ Q &= 0,53 + 0,005 = 0,535 \text{ l/s} \end{aligned} \quad \text{Equação 2}$$

A vazão média de projeto é obtida a partir da soma da vazão total com a vazão de infiltração. A vazão de infiltração depende da extensão da rede coletora e de uma taxa base. Seguindo a NBR 9649 o valor adotado para a taxa de infiltração deve ser entre 0,05 a 1,0 L/s por km de rede. Comparini & Sobrinho (1992), concluem que em pequenas extensões coletoras, sem previsão de grandes ampliações, e que se situem acima do lençol freático, recomenda-se utilizar o menor valor sugerido pela norma, de 0,05 L/s.Km.

A rede coletora contará com um valor fictício de 1000m, para fins de dimensionamento, haja vista que essa rede ainda se encontra em fase de projeto. Sendo que esse valor poderá ser alterado no sentido de melhor se adequar as demandas de instalação do sistema. Aplicando esses dados (Equação 3), obteve-se o seguinte valor de vazão de infiltração:

$$\begin{aligned} Q_{\text{inf}} &= \text{rede}(\text{km}) \times (\text{taxa}) \\ Q_{\text{inf}} &= 1 \times 0,05 = 0,05 \text{ l/s} \end{aligned} \quad \text{Equação 3}$$

Já a vazão média obtida (Equação 4):

$$\begin{aligned} Q_{\text{média}} &= Q_{\text{total}} + Q_{\text{infiltração}} \\ Q_{\text{média}} &= 0,535 + 0,05 = 0,59 \text{ l/s} \end{aligned} \quad \text{Equação 4}$$

Conforme Von Sperling (2002), pode-se adotar os seguintes valores de variação para a vazão média de água:

- K1 = 1,2 (Coeficiente do dia de maior consumo);
- K2 = 1,5 (Coeficiente da hora de maior consumo);
- K3 = 0,5 (Coeficiente da hora de menor consumo).

Para definir a vazão mínima (Q_{min}), adotou-se a relação entre a vazão média e a vazão mínima, e o coeficiente da hora de menor consumo, o K3. (VON SPERLING, 2002). Assim, multiplicou-se a vazão média pelo K3 (Equação 5).

$$Q_{min} = Q_{média} \times K3 \quad \text{Equação 5}$$

$$Q_{min} = 0,59 \times 0,5 = 0,3 \text{ l/s}$$

Segundo Von Sperling (2002), para o cálculo da vazão máxima, é recomendado utilizar os coeficientes do dia de maior consumo e da hora de maior consumo, respectivamente K1 e K2. Sendo assim, multiplicou-se a vazão média por K1 e por K2 (Equação 6).

$$Q_{max} = Q_{méd} \times K1 \times K2 \quad \text{Equação 6}$$

$$Q_{max} = 0,59 \times 1,2 \times 1,5 = 1,06 \text{ l/s}$$

Os resultados de valores de vazões obtidos estão descritos na Tabela 9.

Tabela 9 – Resultados das vazões de projeto

VAZÃO	L/s	m³/h	m³/s
Mínima	0,30	1,08	0,0003
Média	0,59	2,12	0,0006
Máxima	1,06	3,82	0,0011

Fonte: Autora, 2018.

4.2 DIMENSIONAMENTO DO GRADEAMENTO

As grades são utilizadas para a remoção de sólidos grosseiros, que podem interferir prejudicialmente no funcionamento das operações que a sucedem. Para dimensionar esses dispositivos existe uma classificação na NBR-12208, que enfoca os valores usuais de projeto para o espaçamento entre barras:

- Grade grossa: 40mm a 100mm;

- Grade média: 20mm a 40mm;
- Grade fina: 10mm a 20mm.

A NBR 12208/1992 padroniza também informações sobre a vazão máxima, que não deve exceder 1,20 m/s para vazão afluente final e a inclinação para limpeza manual que deve estar entre 45° a 60°.

Conforme Von Sperling (2002), as grades de limpeza manual devem ter inclinação de 45°, não devem exceder a altura de 3 metros e a espessura mínima deve ser de 10mm. Adotando um espaçamento entre as barras de 30mm, cada uma com espessura de 10mm e deliberando uma velocidade de passagem de 0,3m/s, pode-se calcular a área da secção transversal (Equação 7):

$$Eficiencia = \frac{a}{a + t} \quad \text{Equação 7}$$

Sendo:

a= espaçamento entre barras (mm)

t= espessura da grade (mm)

$$Eficiencia = \frac{30}{30 + 10}$$

$$Eficiencia = 75\%$$

Com o valor de eficiência, foi possível encontrar a área útil da secção em m² (Equação 8):

$$Au = \frac{Q_{max}}{V} \quad \text{Equação 8}$$

Onde:

Q_{max}= vazão máxima (m³/s)

V= velocidade de passagem adotada (m/s)

$$Au = \frac{0,0011}{0,3}$$

$$Au = 0,003 \text{ m}^2$$

Como a eficiência não é de 100%, calculou-se a área da secção transversal do canal, sendo essa maior que a área útil (Equação 9):

$$S = \frac{Au}{E}$$

Equação 9

Sendo:

Au = área útil da seção (m²);

E = eficiência;

S = área total (m²).

$$S = \frac{0,003}{0,75}$$

$$S = 0,004m^2$$

A velocidade no canal foi determinada pela vazão máxima e pela seção do canal (Equação 10), e segundo recomendações da NBR-12209 a velocidade do canal deve atender ao requisito de estar entre 0,3 e 1,0 m/s.

$$\text{Velocidade no canal} = \frac{Q_{max}}{S}$$

Equação 10

$$V_c = \frac{0,0011}{0,004} = 0,3 \text{ m/s}$$

A velocidade na grade foi determinada pela vazão máxima e pela área útil, e não deve ser maior que 1,2 m/s (Equação 11).

$$\text{Velocidade na grade} = \frac{Q_{max}}{Au}$$

Equação 11

$$V_g = \frac{0,0011}{0,003} = 0,367 \text{ m/s}$$

Devido a diferença de velocidades, foi possível encontrar a perda de carga gerada no sistema de gradeamento, no entanto os resultados obtidos demonstraram uma perda de carga menor que a recomendada na NBR-12209. Assim a perda de carga adotada foi a recomendada pela norma no valor de 0,15m. Os valores obtidos no dimensionamento do gradeamento estão descritos na tabela 10 a seguir.

Tabela 10 – Valores obtidos no gradeamento

Eficiência (%)	75
Área útil (m²)	0,003
Seção do canal (m²)	0,004
Velocidade na grade (m/s)	0,367
Perda de carga no gradeamento (m)	0,15

Fonte: Autora, 2018.

4.3 DIMENSIONAMENTO DO MEDIDOR DE VAZÃO

De maneira a controlar o escoamento e mantê-lo constante, será utilizado um medidor de vazão. Para este projeto foi escolhida a calha *Parshall*. Selecionou-se a calha *Parshall* de garganta (W) de 1 polegada, conforme a vazão encontrada no projeto. De acordo com a ASTM 1941 os coeficientes padronizados para cálculo são:

- $n = 1,550$
- $K = 217,29$

O cálculo da altura (H) depende da vazão respectiva e dos coeficientes n e K. Assim foram utilizadas as vazões máxima (3,82 m³/h) e mínima (1,08 m³/h).

Para H máximo utilizou-se a vazão máxima (Equação 12):

$$\begin{aligned}
 Q_{max} &= K \cdot H^{1,550} && \text{Equação 12} \\
 3,82 &= 217,29 \times H_{max}^{1,550} \\
 H_{max} &= 0,07 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Para o H mínimo utilizou-se a vazão mínima:

$$\begin{aligned}
 Q_{min} &= K \cdot H^{1,550} \\
 1,08 &= 217,29 \times H_{min}^{1,550} \\
 H_{min} &= 0,03 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Para o cálculo de rebaixo (Z) (Equação 13) foram necessários os valores das vazões máxima e mínima e das alturas máxima e mínima, conforme a NBR 12209.

$$\begin{aligned}
 Z &= \frac{(Q_{max} \times H_{min}) - (Q_{min} \times H_{max})}{Q_{max} - Q_{min}} && \text{Equação 13} \\
 Z &= \frac{(3,82 \times 0,03) - (1,08 \times 0,07)}{3,82 - 1,08} = 0,01 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Tabela 11 – Valores obtidos no medidor de vazão

Hmax = carga na seção convergente (m)	0,07
Hmin = carga na seção convergente (m)	0,03
Z = rebaixo (m)	0,01
hmax (Hmax – Z) = altura máxima (m)	0,06
hmin (Hmin – Z) = altura mínima (m)	0,02

Fonte: Autora, 2018.

4.4 DIMENSIONAMENTO DO DESARENADOR

O desarenador é utilizado para remoção de areias e outros materiais sólidos com velocidade de sedimentação maior que a da matéria orgânica (VON SPERLING, 2002). São dimensionados para remoção mínima de 95% em massa das partículas com diâmetro igual ou superior a 0,20mm.

Neste projeto foi dimensionada apenas uma caixa de areia. Também se sugere a instalação de um *by-pass*¹ de vazão, que será utilizado no momento da limpeza. Neste caso será uma tubulação na lateral da caixa.

De acordo com a NBR-570, os parâmetros utilizados serão:

- Limpeza manual;
- Velocidade de sedimentação (V_s) de 1,0m/min;
- Velocidade de escoamento horizontal (V_h) de 0,3 m/s;
- Taxa de escoamento superficial 600 m³/m². dia;
- Estimativa de material retido de 15 l de sólido/1000m³ de esgoto.

Para o cálculo de largura da caixa utilizou-se a Equação 14:

$$b = \frac{Q_{max}}{V_h \cdot (h_{max})} \quad \text{Equação 14}$$

$$b = \frac{0,0011}{0,3 \times 0,06} = 0,061 \text{ m}$$

Para o cálculo de comprimento da caixa utilizou-se a equação 15:

$$L_t = \frac{V_h}{V_s} \cdot x h_{max} \quad \text{Equação 15}$$

¹ *By-pass* é um caminho alternativo para a fluência, desviando-a do canal principal.

$$Lt = \frac{0,3}{0,0167} \times 0,06 = 1,078 \text{ m}$$

Devido as turbulências na entrada e na saída da caixa, é recomendado adicionar 30% de segurança para projeto (MANUAL CASAN, 2014). Então o comprimento da caixa adotado foi de 1,4 metros.

Para encontrar a velocidade de escoamento utilizou-se a equação 16:

$$V = \frac{Q_{max}}{b \times h}$$

$$V = \frac{0,0011}{0,061 \times 0,06} = 0,31 \text{ m/s}$$

Equação 16

Para encontrar a taxa de escoamento superficial (Equação 17) foi utilizada a vazão máxima em m³/dia, sendo assim:

$$T = \frac{Q_{max}}{b \times Lt}$$

$$T = \frac{91,58}{0,061 \times 1,4} = 1072,4 \text{ m}^3 \cdot \text{dia/m}^2$$

Equação 17

Para calcular o tempo de detenção foi necessário aumentar 0,15m de borda livre na caixa de areia (MANUAL CASAN, 2014). Sendo assim adotou-se um valor de Altura útil (hu) de 0,21m (Equação 18):

$$V = L \times b \times h \times u$$

$$V = 1,4 \times 0,061 \times 0,21 = 0,02 \text{ m}^3$$

Equação 18

A partir dos valores de velocidade e vazão máxima foi possível obter o valor do tempo de detenção:

$$Td = \frac{V}{Q_{max}}$$

$$Td = \frac{0,02}{0,0011} = 18,2 \text{ segundos}$$

Equação 19

Para o cálculo do volume de material retido (Mr) foi utilizada a estimativa de material retido (Vret) e a vazão média em m³/dia (Equação 20):

$$Mr = V_{ret} \times Q_{med}$$

$$Mr = 0,015 \times 50,98 = 0,76 \text{ m}^3/\text{dia}$$

Equação 20

Prosseguiu-se com o cálculo da altura de depósito (Harea) inferior da caixa de areia para um período (T) de 7 dias (Equação 21):

$$\begin{aligned}
 V &= T \times Mr && \text{Equação 21} \\
 V &= 7 \times 0,76 = 5,32 \text{ l} \\
 A &= 0,061 \times 1,4 = 0,09 \text{ m}^2 \\
 Harea &= \frac{0,00532}{0,09} = 0,059 \text{ m ou } 6 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Os resultados obtidos do dimensionamento do desarenador estão apresentados de maneira resumida na Tabela 12.

Tabela 12 – Valores obtidos no desarenador

b = Largura da caixa (m)	0,061
Lt = Comprimento da caixa (m)	1,078
V = Velocidade de escoamento (m/s)	0,31
T = Taxa de escoamento superficial (m³/m².dia)	1072,4
Td = Tempo de detenção (segundos)	18,2
Mr = Material retido (m³/dia)	0,76 m³/dia
Harea = Altura de depósito (cm)	6 cm

Fonte: Autora, 2018.

4.5 DIMENSIONAMENTO DO REATOR POR BATELADA

A escolha do ciclo operacional pode ser fixada na faixa de seis em seis horas, oito em oito horas ou até de doze em doze horas. A partir desta escolha foi possível calcular a quantidade de reatores. Como a vazão de efluente doméstico é contínua, há a necessidade de dois ou mais reatores. (NUVOLARI, 2003). Neste projeto foram adotados dois reatores.

A elaboração do projeto contou com o levantamento de dados, coeficientes e critérios de projeto, e o uso de equações, retirados da NBR-12209 e da bibliografia de VON SPERLING (2002), conforme descrito nas tabelas Tabela 13, Tabela 14 e Tabela 15.

Tabela 13 – Levantamento de dados para projeto do reator

DADOS	
Vazão (Q)	91,58 m ³ /dia
Concentração de DBO solúvel (Se)	10 mg/l
Concentração de DBO total (So)	250 mg/l

Fonte: Autora, 2018.

Tabela 14 – Levantamento dos coeficientes

COEFICIENTES	
Produção celular (Y)	0,6
Respiração endógena (b)	0,08 d ⁻¹
Fração biodegradável do SSV (fb)	0,57 mg X _b /mg X _y
Relação SSV/SS	0,69
Taxa de remoção de carga orgânica (k)	0,027 L/mg.dia

Fonte: Autora, 2018.

Tabela 15 – Definição dos critérios de projeto

CRITÉRIOS DE PROJETO	
Idade do lodo (θ_c)	28 dias
Concentração de SSV (X _v)	2500 mg/l
Números de ciclos por dia (m)	3 ciclos
Tempo de geração de afluente por dia	24 horas

Fonte: Autora, 2018.

Como a tecnologia do reator por bateladas sequencial se desenvolve no interior de apenas um tanque, foi necessário determinar o número de ciclos, a duração de cada um, e os tempos iniciais. O adotado para o presente trabalho foram ciclos de 8 horas, com um total de três ciclos por dia. Os tempos e altura são:

- Tempo de sedimentação (T_{sed}) – 2 horas;
- Tempo de retirada do sobrenadante (T_{ret}) – 1 hora;
- Tempo de repouso (T_{rep}) – 0 hora;
- Altura total do reator (H_{tot}) – 4 metros;

- Tempo total (T_{tot}) – 8 horas;
- Tempo ativo (T_{ati}) = tempo do ciclo – (T_{sed} + T_{ret} + T_{rep})
Tempo ativo (T_{ati}) = 8 – (2 + 1 + 0) = 5 horas.

Para iniciar o dimensionamento calculou-se o volume de reação (V_{rea}), dado pela equação 22:

$$V(rea) = \frac{(Y \times \theta_c \times Q \times (S_o - S_e))}{X_v \times (1 + (f_b \times k_d \times \theta_c))} \quad \text{Equação 22}$$

Sendo:

Y = coeficiente de produção celular (g/g);

θ_c = idade do lodo (dias);

Q = Vazão Máxima (m³/dia);

S_o = Concentração de DBO total (mg/l);

S_e = Concentração de DBO solúvel (mg/l);

X_v = Concentração de SSV (mg/l);

F_b = Fração biodegradável do SSV (mg X_b/mg X_y).

Sendo que k_d corresponde a temperatura média do mês mais frio, em Urubici, é o mês de julho, com a temperatura de 7,1°C (CLIMATEMPO, 2017). O valor foi inserido na equação 23.

$$k_{d11} = k_{d20} \times \theta^{20-7,1} \quad \text{Equação 23}$$

Onde:

k_{d20} = coeficiente de respiração endógena a 20 °C;

θ = coeficiente de temperatura.

$$k_d = 0,08 \times 1,02^{20-7,1} = 0,06$$

Assim:

$$V(rea) = \frac{(0,6 \times 28 \times 91,58 \times (250 - 10))}{2500 \times (1 + (0,57 \times 0,06 \times 28))}$$

$$V(rea) = 75,45 \text{ m}^3$$

Prosseguiu-se com o cálculo do volume total, possibilitando a determinação do volume de cada reator, e as dimensões dos mesmos (Equação 24).

$$V(\text{total}) = V(\text{rea}) \times \left(\frac{T(\text{tot})}{T(\text{ati})} \right)$$

Equação 24

Onde:

$V(\text{rea})$ = volume de reação (m^3);

$T(\text{tot})$ = tempo total (horas);

$T(\text{ati})$ = tempo ativo (horas).

$$V(\text{total}) = 75,45 \times \left(\frac{8}{5} \right) = 120,72 \text{ m}^3$$

O valor encontrado foi de $120,72 \text{ m}^3$, no entanto, por questões de segurança, foi acrescido 20% no valor obtido como volume total (MANUAL CASAN, 2014). O que resultou em um volume total no reator de $145,0 \text{ m}^3$, como serão dois tanques, cada um terá $73,0 \text{ m}^3$. A partir do volume encontrado adotaram-se as seguintes dimensões:

- Altura = 4 metros;
- Largura = 3,7 metros;
- Comprimento = 5 metros.

Posteriormente foi determinada a concentração de sólidos suspensos totais (SS) encontrando conforme (Equação 25):

$$X = \frac{Xv}{\frac{SSv}{SS}}$$

Equação 25

Onde:

Xv = Concentração de sólidos suspensos voláteis (SSV) (mg/l);

SSv/SS = Relação SSV/SS.

$$X = \frac{2500}{0,69} = 3623,1 \text{ mg/l}$$

Com o valor de sólidos suspensos totais (SS) encontrado, foi identificado a quantidade de Massa de Sólidos Suspensos no Tanque de Aeração. (Mx) de acordo com a equação 26.

$$Mx = \frac{X \times V_{total}}{1000}$$

Equação 26

Onde:

X = concentração SS totais (mg/l);

Vtotal = Volume total (m³).

$$Mx = \frac{3623,1 \times 145}{1000} = 525,3 \text{ Kg SST}$$

Com o resultado obtido sobre a quantia de Massa de Sólidos Suspensos no Tanque de Aeração (Mx), foi possível definir o volume de enchimento necessário no reator, de acordo com a equação 27.

$$V_{ench} = \frac{Q}{m}$$

Equação 27

Onde:

Q = vazão máxima (m³/dia)

m = número de ciclos por dia

$$V_{ench} = \frac{91,58}{6} = 15,26 \text{ m}^3$$

Com o volume de enchimento definido (Vench), foi possível determinar a altura de enchimento no reator (Hench), definida pela equação 28.

$$H_{ench} = H_{total} \times \left(\frac{V_{ench}}{V_{total}} \right)$$

Equação 28

Sendo:

Htotal = altura total (m);

V_{ench} = volume de enchimento (m^3);

V_{total} = volume total (m^3).

$$H_{ench} = 4 \times \left(\frac{15,26}{145} \right) = 0,7 \text{ m}$$

Para o cálculo do tempo de sedimentação (t), se necessita encontrar a altura de transição (H_{trans}) em metros, que foi adotada como o f_{ench} adimensional como sendo 10% da altura de enchimento (H_{ench}) (VON SPERLING, 2014). Assim temos:

$$\begin{aligned} H_{trans} &= f_{ench} \times H_{ench} \\ H_{trans} &= 0,1 \times 0,7 = 0,07 \text{ m} \end{aligned} \quad \text{Equação 29}$$

Adotou-se uma velocidade de sedimentação (v) igual a 1,26 m/h (NBR-12209), para cálculo do tempo de sedimentação (Equação 30):

$$t = \frac{H_{trans} + H_{ench}}{v} \quad \text{Equação 30}$$

Onde:

H_{trans} = altura de transição (metros);

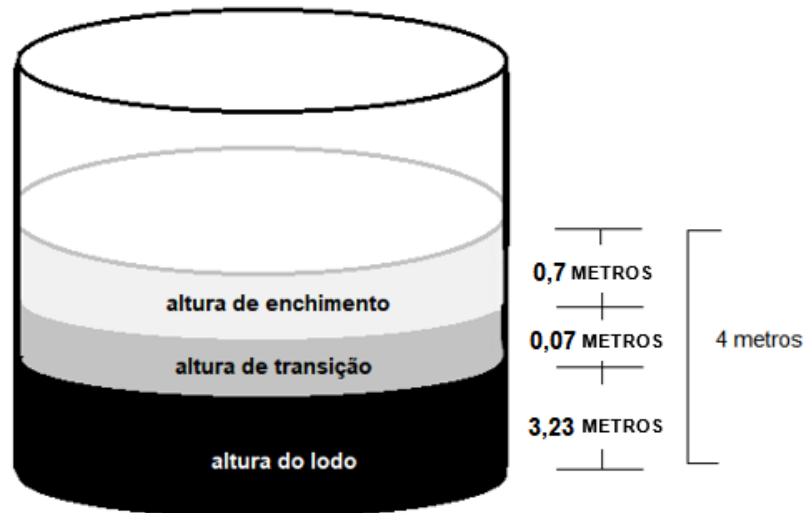
H_{ench} = altura enchimento (metros).

$$t = \frac{0,07 + 0,7}{1,26} = 0,61 \text{ horas}$$

Obtém-se desta maneira as alturas das camadas e os volumes abaixo que estão descritas na figura 17:

- Altura de enchimento (H_{ench}) = 0,7 metros;
- Altura de transição (H_{trans}) = 0,07 metros;
- Altura do lodo (H_{lodo}) = 3,23 metros;
- Altura manométrica = 4 metros;
- Volume de enchimento (V_{ench}) = 30,45 m^3 ;
- Volume do lodo (V_{lodo}) = 111,505 m^3 .

Figura 17 – Alturas obtidas no reator



Fonte: Autora, 2018.

Assim calculou-se a concentração de SS no lodo sedimentado (X_r) (Equação 31):

$$X_r = \frac{M_x \times 1000}{V_{\text{lodo}}}$$

Equação 31

Onde:

M_x = Massa de SSTA (kg);

V_{lodo} = Volume de lodo (m^3).

$$X_r = \frac{525,3 \times 1000}{111,505} = 4710,9 \text{ mg/l}$$

De acordo com Metcalf & Eddy (2005), os tempos de cada etapa do ciclo no reator são muito importantes para uma boa eficiência, e, os mesmos recomendam que o tempo de cada período seja uma razão entre o tempo total, e sugere aproximadamente os valores como enchimento = 25%, reação = 35%, sedimentação = 20%, retirada = 15%, e repouso = 5%.

Com um tempo ativo (T_{ativ}) já definido em cálculos anteriores, sendo de 5 horas, e com base nos valores definidos por Metcalf & Eddy (2005) os tempos foram distribuídos para cada período foram definidos da seguinte maneira:

- Tempo de enchimento (T_{ench}) = 2 horas;
- Tempo de reação (T_{reacao}) = 3 horas;

- Tempo de sedimentação (Tsed) = 2 horas;
- Tempo de retirada (Tret) = 1 horas;
- Tempo de repouso (Trep) = 0 horas.

Com os dados já obtidos, pode-se encontrar a vazão de retirada de efluente em cada reator e a potência necessária para a retirada, seguindo as equações 32, 33 e 34.

- Relacionando o número de ciclos (Nciclos), com o número de reatores (Nreatores) encontrou-se o número de retiradas (Nretiradas) por dia.

$$3 (Nciclos) \times 2 (Nreatores) = 6retiradas.dia \quad \text{Equação 32}$$

- Para encontrar o Volume/Retirada, relacionou-se a vazão (Q), e o número de retiradas (Nretiradas) e o número de reatores (Nreatores).

$$\frac{Volume}{Retirada} = \frac{Q}{Nreatore \times Nciclos} \quad \text{Equação 33}$$

$$\frac{Volume}{Retirada} = \frac{91,58m^3}{2 \times 3} = 15,28 m^3/h$$

- Para encontrar a potência, utilizou-se o Volume/Retirada, a altura manométrica, e o rendimento usual da bomba, que foi considerado de 50%.

$$Potencia = \frac{\left(\frac{Vol}{Ret} \times Altura\ manometrica\right)}{75 \times Rendimento} \quad \text{Equação 34}$$

$$Potencia = \frac{15,28 \times 4}{75 \times 0,5} = 1,63 cv$$

A necessidade de oxigênio (NO) do sistema a potência requerida (P), e a produção de lodo (PI) se dá de acordo as equações 35, 36 e 37 seguintes. No = Necessidade de oxigênio (Kg Oxigenio/dia);

Tr = Taxa de transferência de oxigênio (adotada 0,85 Kg oxigênio/Cv.hora) (MANUAL CASAN, 2014)

y = Coeficiente de produção celular (adimensional);

Q = Vazão máxima (m³/dia);

S_o = Concentração de DBO total (kg/m³);

S_e = Concentração de DBO solúvel (kg/m³).

- Necessidade de Oxigênio (Equação 35):

$$NO = 2,25 \times (Q \times (S_o - S_e)) \quad \text{Equação 35}$$

$$NO = 2,25 \times (91,58 \times (0,25 - 0,01)) = 49,5 \text{ KgO}_2/\text{dia}$$

- Potencia requerida:

$$P = \frac{NO}{((Tenchi + Treacao) \times 3) \times Tr} \quad \text{Equação 36}$$

$$P = \frac{49,5}{((4 + 1) \times 3) \times 0,85} = 3,9 \text{ cv}$$

- A produção de lodo:

$$Pl = y \times (Q \times (S_o - S_e)) \quad \text{Equação 37}$$

$$Pl = 0,6 \times 91,58 \times (0,25 - 0,01) = 13,2 \text{ Kg SST}/\text{dia}$$

A vazão de descarte do lodo é igual o volume de reação (Vreacao)/idade do lodo, ou seja 75,5/28 que resulta em 2,7 m³/dia nos dois reatores, ou 1,35 m³/dia em cada reator. E a potência requerida nos aeradores é de 3,9 cv,, que é dividida em dois reatores, resultando em dois aeradores de 1,95 cv, porém utiliza-se um aerador de 2 cv em cada reator.

A eficiência do projeto baseou-se na concentração de DBO no efluente na entrada do tratamento e da concentração de DBO no efluente ao fim do processo de tratamento. Para meio de encontrar a concentração de DBO final, foi realizado o cálculo de concentração de substrato (S) (DBO solúvel) no efluente tratado e após realizou a eficiência. Onde:

b = taxa de respiração endógena (d⁻¹);

k = taxa de remoção de carga orgânica (L/mg.dia);

y = coeficiente de produção celular (adimensional);

θ_c = idade do lodo (dias).

- Concentração de substrato (S):

$$S = \frac{1 + b \times \theta_c}{k \times y \times \theta_c}$$

Equação 38

$$S = \frac{1 + 0,08 \times 28}{0,027 \times 0,6 \times 28} = 7,1 \text{ mg/L}$$

- Eficiência (Ef):

$$Ef = \left(\frac{S_0 - S}{S_0} \right) \times 100$$

Equação 39

$$Ef = \left(\frac{250 - 7,1}{250} \right) \times 100 = 97,1 \%$$

E eficiência encontrada foi de 97,1% considerada alta. E a consolidação do método proposto também pode ser dada com a comparação dos volumes calculados de diferentes formas, pois se trata do mesmo reator, e o volume útil deve ser próximo pelos dois meios, de acordo com Santos (2006).

Método 01 faz uso das variáveis de concentração SS totais (X) e da Massa de SSTA (Mx), da seguinte maneira (Equação 40):

$$V_t = \left(\frac{M_x}{x} \right) \times 10^3$$

Equação 40

$$V_t = \left(\frac{525,3}{3623,1} \right) \times 10^3 = 144,9$$

Método 02 faz uso dos volumes de lodo (Vl) e volume de enchimento (Vench) encontrados no dimensionamento, da seguinte maneira (Equação 41):

$$V_t = V_l + V_{ench}$$

Equação 41

$$V_t = 111,505 + 30,45 = 142$$

De acordo com Oliveira Santos (2006), essa aproximação dos valores (144,9m³ ≈ 142m³) indica o correto dimensionamento efetuado.

4.6 DIMENSIONAMENTO DO TANQUE DE CLORAÇÃO

Como o efluente tratado será utilizado para reuso, é necessário a desinfecção. A desinfecção ocorrerá no tanque de contato, no qual o efluente irá

passar já clarificado, no local adequado para a eliminação de microorganismos patogênicos. Será utilizado cloro gás e, o valor da concentração de cloro residual deve ser maior que 0,5 mg/l. Para tanto adotou-se um tempo de detenção (Td) de 0,33 horas, concentração de dosagem de 13mg/l (MANUAL CASAN, 2014).

O volume do tanque de contato (Vtc):

$$V_{tc} = \text{vazão máxima} \left(\frac{m^3}{\text{dia}} \right) \times Td \quad \text{Equação 42}$$

$$V_{tc} = 3,82 \times 0,33 = 1,3 \text{ m}^3$$

A quantidade usual de cloro (CC) por dia:

$$CC = \text{vazão máxima} \left(\frac{l}{s} \right) \times 3600s \times \frac{\text{concentração}}{1000} \times 24h \quad \text{Equação 43}$$

$$CC = 1,06 \times 3600 \times \left(\frac{13}{1000} \right) \times 24 = 11,9 \frac{kg}{\text{cloro}} \cdot \text{dia}$$

Sendo assim adotaram-se as dimensões:

- Volume total = 1,3 m³;
- Altura útil = 1 m;
- Comprimento = 1,3 m;
- Largura = 1 m.

4.7 TRATAMENTO DO LODO

O lodo tratado já sai estabilizado da ETE, sendo assim o processo para reuso é facilitado. Para se tornar propício para uso agrícola, como adubo, é necessário seguir a resolução CONAMA 375/05, que estabelece os procedimentos a serem seguidos para essa finalidade. Para o presente projeto, é indicado um processo de adensamento para reduzir a quantidade de água e de volume do lodo. Posteriormente será necessário a realização do processo de higienização para garantir um nível de patogenicidade que não venha a causar possíveis riscos à saúde da população e do meio ambiente, o processo indicado é a caleação, que consiste em misturar cal (CaO), a níveis adequados.

Porém a Resolução CONAMA 375/05 exige que análises sejam realizadas para avaliação do lodo, e estes critérios devem ser seguidos para

prosseguir com o processo. Por motivo de o processo de tratamento ainda estar em fase de projeto, não há dados de amostras de lodo que possibilitem a realização de análises para assegurar sua reutilização. Assim sendo, nesse primeiro momento o dimensionamento desse sistema não foi realizado.

4.8 ORÇAMENTO

O orçamento foi baseado em estudos de Von Sperling, que descreve os valores da implantação, manutenção e operação por habitante para a ETE.

Segundo Von Sperling (2014), a implantação da estação de tratamento de efluentes por lodos ativados em batelada sequencial custa de 200 a 270 Reais/habitante atendido. E sua manutenção e operação é de 20 a 40 Reais/habitante/ano. Além de que, quando se tem tratamento de desinfecção deve se adicionar 10 a 20 Reais/habitante para a implantação e 1,5 a 4 Reais/habitante/ano para operação e manutenção.

Sendo assim, foi utilizado os valores médios, e encontrado o valor total, descrito na tabela 16 a seguir.

Tabela 16 – Custos de implantação, operação e manutenção

ESTAÇÃO POR LODOS ATIVADOS EM BATELADA SEQUENCIAL	
IMPLANTAÇÃO	235 reais/hab x 297 habitantes = 69.795,00
OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO	30 reais/ano x 297 habitantes = 8.910,00 reais/ano
DESINFECÇÃO	
IMPLANTAÇÃO	15 reais x 297 habitantes = 4.455,00
OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO	2,75 reais/ano x 297 habitantes = 816,75 reais/ano
CUSTO TOTAL DE IMPLANTAÇÃO	74.250,00
CUSTO TOTAL DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO POR ANO	9.726,75

Fonte: Autora, 2018.

4.9 MATERIAIS GRÁFICOS

Os materiais gráficos elaborados incluem planta e corte das etapas dimensionadas, com detalhes e informações construtivas (apêndices A, B e C). Incluem também planta de locação da ETE (apêndice D), baseada nas curvas de nível. Estão localizados no apêndice do presente trabalho.

5 CONCLUSÃO

O desenvolvimento do presente estudo possibilitou tirar as seguintes conclusões referentes ao sistema de tratamento de efluentes, foco de estudo.

- O dimensionamento realizado demonstrou que o sistema de lodos ativados por batelada sequencial caracteriza uma alternativa de tratamento viável para pequenas vazões de efluentes domésticos, podendo ser proposto para o hotel em questão e também por apresentar considerável eficiência.
- Os documentos gráficos elaborados disponibilizam as informações básicas construtivas do tratamento preliminar, do reator e do tanque de contato, demonstrando os detalhes de cada etapa. Também demonstram uma opção locacional para a implantação da ETE.
- Embora o sistema de dimensionamento não tenha sido completo com relação ao tratamento do lodo, se mostrou uma alternativa corroborando com os dados obtidos e o referencial de estudo. O reúso da água é uma alternativa sustentável de grande valia em ambientes como o hotel em questão, no qual o consumo de água para lavagens e irrigações é alto, trazendo economia de água potável. Outra grande vantagem avaliada foi a pequena área utilizada para implantação da ETE.

6 RECOMENDAÇÕES

Para um bom funcionamento do sistema proposto, é indicado seguir as normas construtivas e após, é necessário um monitoramento, incluindo análises laboratoriais, monitoramento da operação, de forma a verificar a possibilidade do reuso do lodo, e realizar ajustes de operação no sistema que podem ser necessários.

Caso seja observado sobrecargas hidráulicas, é recomendado também a instalação de um tanque de equalização para regular a vazão, antes do tratamento secundário.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9648: Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1986.

_____. NBR 9649: Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1986.

_____. NBR 12208: Projeto de estações elevatórias de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 2002.

_____. NBR 12209: Projeto de estações de tratamento de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 2002.

_____. NBR 13969: Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos. Rio de Janeiro, 1997.

ASTM 1941, Standard Specification for Electrodeposited Coatings on Mechanical Fasteners, Inch and Metric, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2016.

AZEVEDO NETTO, J.M. – Planejamento de sistemas de abastecimento de água. UFPR, Curitiba, 1985.

BAIRD, C. Química Ambiental. 2ª Ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

Resolução CONAMA nº430 de 13 de maio de 2011, dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução 357/2005. Conselho Nacional do Meio Ambiente.

Resolução CONAMA nº375 de 29 de agosto de 2006, define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências. Conselho Nacional do Meio Ambiente.

Resolução CONAMA nº357 de 17 de março de 2005, dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Conselho Nacional do Meio Ambiente.

MANUAL CASAN, Disponível em: <https://www.casan.com.br/menu-conteudo/index/url/documentos-para-download#800/> Acesso em: 08/10/2018.

CLARKE, James. Hotel wastewater treatment. 2017. Disponível em: <https://biocellwater.com/2017/10/17/hotel-wastewater-treatment/>. Acesso em: 20 set. 2018.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo. Microbiologia de lodos ativados. São Paulo, 1997.

COMPARINI, J.B.; SOBRINHO, P.A. (1992). Contribuição ao estudo de vazões de

esgoto sanitário em comunidades de pequeno porte. In: SIMPÓSIO ÍTALO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 1., Rio de Janeiro, 1992. Anais. Rio de Janeiro. p.18- 30, v.2, tomo3.

ECKENFELDER W. Industrial water pollution control. 2ed., 1989.

EPA - ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Urban Waste Water Treatment. Disponível em: <<http://www.epa.ie/pubs/reports/water/wastewater/uwwreport2017.html>>. Acesso em: 13 set. 2018.

GIORDANO, Gandhi. Avaliação ambiental de um balneário e estudo de alternativa para controle da poluição utilizando o processo eletrolítico para o tratamento de esgoto. 1999. 137 p. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Ciências Ambientais – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 1999.

JENKINS, D. et al. Manual on the causes and control of activated sludge bulking and foaming. 2. Ed. Lewis Publishers, 1993. 193 p.

JORDÃO, Eduardo P. e PESSÔA, Constantino A. Tratamento de Esgotos Domésticos. 4ª Edição. Rio de Janeiro: ABES, 932p. 1995.

LEME, Edson José de Arruda. Manual prático de tratamento de águas residuárias. São Carlos: EdUFSCAR, 2008.

METCALF & EDDY. Wastewater Engineering: Treatment and Reuse. 4. ed. Boston: Mc Graw Hill, 2005.

NUVOLARI, A. et al. Esgoto Sanitário: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola. São Paulo: Edgar Blucher, 2003.

PELEGRIN, D. C. Microfiltração tangencial de efluente sanitário após tratamento biológico. 2004. 131f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

PROSAB - Programa de Pesquisas em Saneamento Básico Pós tratamento de Efluentes de Reatores Anaeróbios Cap. 5, 2001.

SANTOS, Rafael Carvalho de Oliveira. Proposta de um método racional para o dimensionamento de reatores de tratamento de esgotos por lodos ativados em bateladas. Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, v. 11, n. 2, p.153-161, jun. 2006.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 4. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 2014. v. 1.

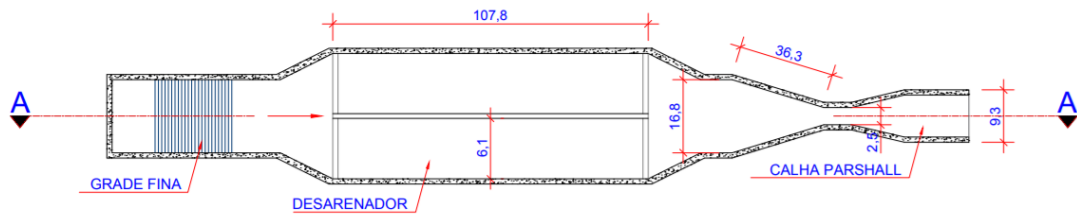
_____. Princípios básicos do tratamento de esgotos. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental: Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.

_____. Lodos ativados. 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia

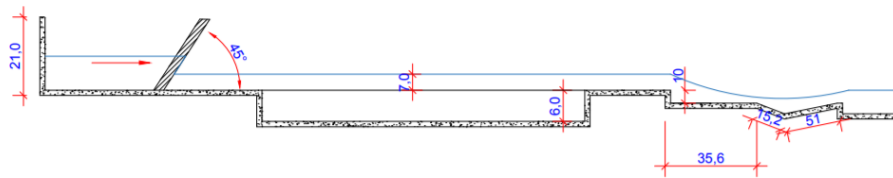
Sanitária e Ambiental: Universidade Federal de Minas Gerais, 2002

APÊNDICES

APÊNDICE A – Planta e corte do tratamento preliminar

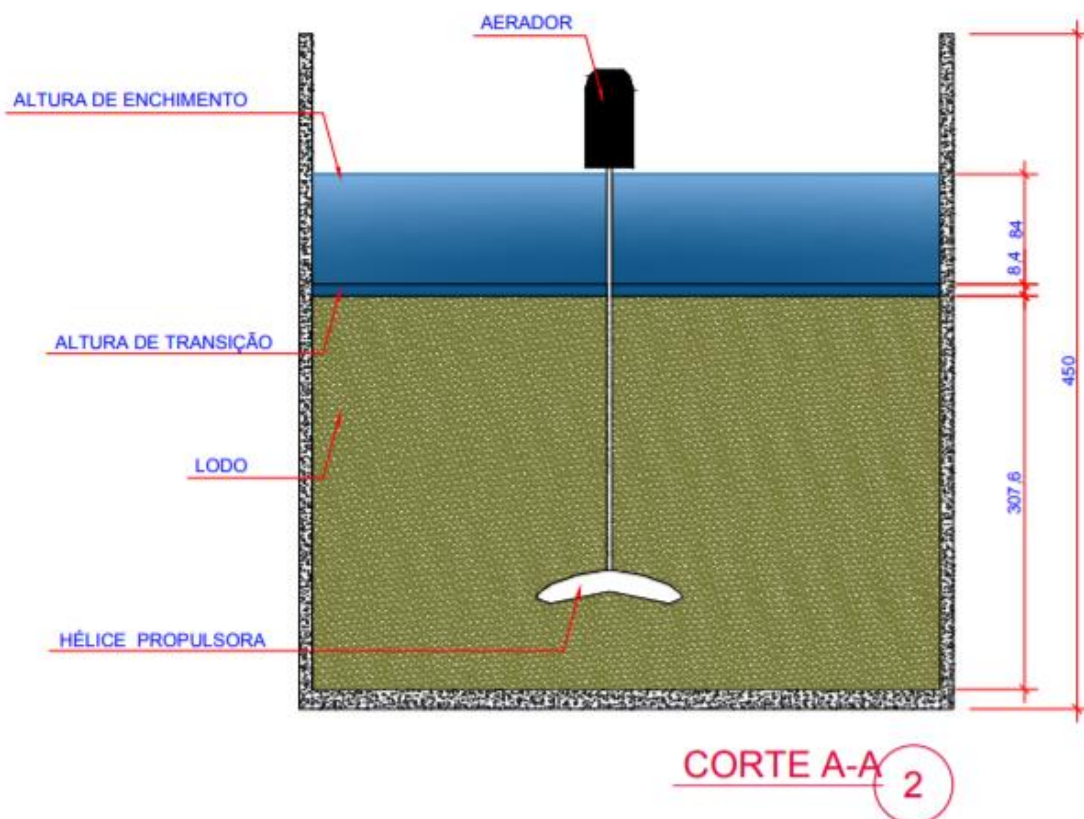
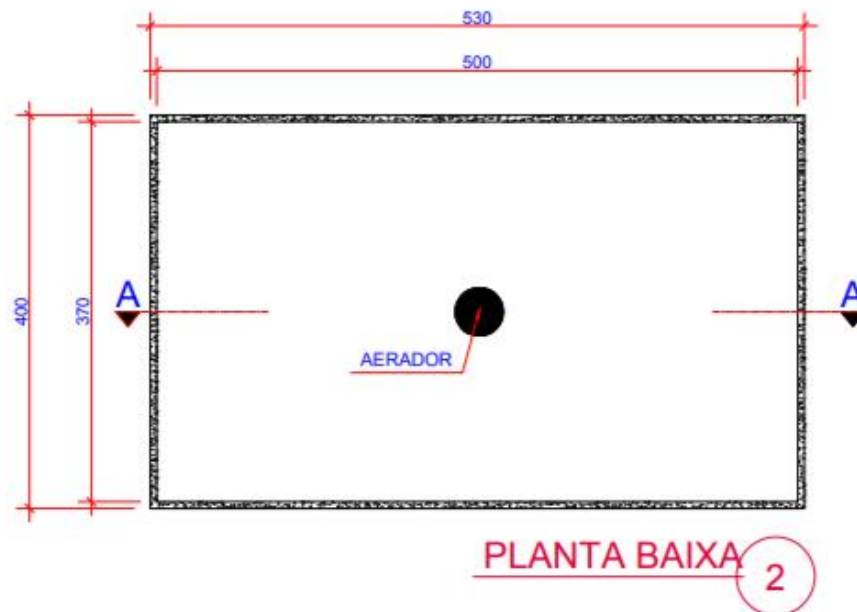


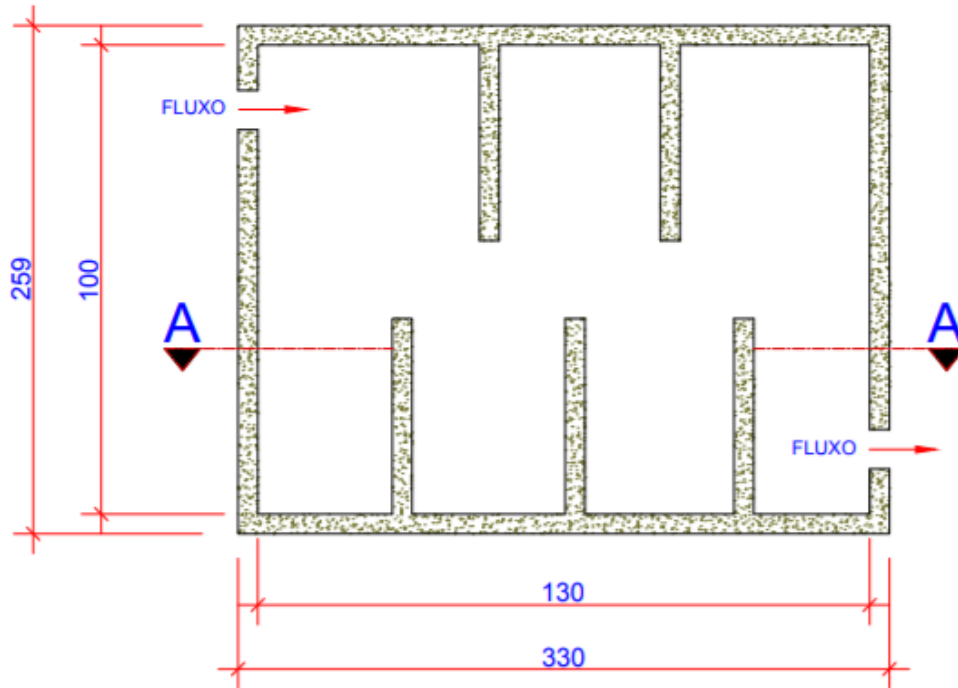
PLANTA BAIXA 1



CORTE A-A 1

APÊNDICE B – Planta e corte do reator



APÊNDICE C – Planta e corte do tanque de contato

PLANTA BAIXA 3



CORTE A-A 3

APÊNDICE D – Planta de locação ETE



