UNIVERSIDADE DE MOGI DAS CRUZES
REINALDO MAGALHÃES DE OLIVEIRA LIMA

ESTUDO DE PERFORMANCE DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS DOMÉSTICOS COM USO DE BIOMÍDIAS

Mogi das Cruzes, SP
2024

UNIVERSIDADE DE MOGI DAS CRUZES
REINALDO MAGALHÃES DE OLIVEIRA LIMA

ESTUDO DE PERFORMANCE DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS DOMÉSTICOS COM USO DE BIOMÍDIAS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade de Mogi das Cruzes como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Biotecnologia. Área de concentração: Biotecnologia.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Antonio Papp

Coorientador: Prof. Dr. Wagner Alves de Souza Júdice

Mogi das Cruzes, SP
2024

FINANCIAMENTO



Ficha catalográfica
Universidade de Mogi das Cruzes - Biblioteca Central

Lima, Reinaldo Magalhães de Oliveira
L732e Estudo de performance de estação de tratamento de esgotos domésticos com uso de Biomídias / Reinaldo Magalhães de Oliveira Lima. -- Mogi das Cruzes, SP: Universidade de Mogi das Cruzes, 2024.
176 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) -- Universidade de Mogi das Cruzes, 2024.
Orientação: Prof. Dr. Luiz Antonio Papp
Coorientação: Prof. Dr. Wagner Alves de Souza Júdice

1. Esgotos domésticos 2. Lodos ativados 3. Biomídias 4. Reatores Biológicos I. Papp, Luiz Antonio II. Universidade de Mogi das Cruzes III. Título

CDD 628.3

Elaborada por Maria Cristina Alves Silva Xavier – CRB-8/10077

ATAS

ATA DA SESSÃO PÚBLICA DE APRESENTAÇÃO DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM BIOTECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE MOGI DAS CRUZES

Às quinze horas do dia seis de setembro de dois mil e vinte e quatro, pela Universidade de Mogi das Cruzes, realizou-se a defesa de dissertação intitulada: "ESTUDO DE PERFORMANCE DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS DOMÉSTICOS COM USO DE BIOMÍDIAS", para obtenção do grau de mestre pelo(a) candidato(a) **Reinaldo Magalhães de Oliveira Lima**. Tendo sido o número de créditos alcançados pelo(a) mesmo(a) no total de 50 (cinquenta), a saber: 26 unidades de crédito em disciplinas de pós-graduação e 24 unidades de crédito no preparo da dissertação, o(a) aluno(a) perfaz assim os requisitos para obtenção do grau de mestre. A comissão examinadora estava constituida dos senhores professores doutores: Luiz Antonio Papp, e Maurício Ferreira Marcondes Machado da Universidade de Mogi das Cruzes, e Wellington Luiz de Araújo, da Universidade de São Paulo. Sob a presidência do primeiro, como orientador da dissertação. A sessão pública da defesa da dissertação foi aberta pelo senhor presidente da comissão que apresentou o(a) candidato(a). Em seguida o(a) candidato(a) realizou uma apresentação oral da dissertação. Ao final da apresentação da dissertação, seguiram-se as arguições pelos membros da comissão examinadora. A seguir a comissão, em sessão secreta, conforme julgamento discriminado por cada membro, considerou o(a) candidato(a)

Aprovado por unanimidade
(aprovado(a) /reprovado(a)) (unanimidade/maioria)

Mogi das Cruzes, 06 de setembro de 2024.

Comissão Examinadora	Julgamento
Prof. Dr. Wellington Luiz de Araújo	APROVADO (aprovado(a) / reprovado(a))
Prof. Dr. Maurício Ferreira Marcondes Machado	Aprovado (aprovado(a) / reprovado(a))
Prof. Dr. Luiz Antonio Papp	Aprovado (aprovado(a) / reprovado(a))

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

RESUMO

Com o aumento da população brasileira, a necessidade de resolver os problemas decorrentes da falta de tratamento adequado dos efluentes gerados torna-se cada vez mais urgente. Atualmente, 55,8% da população brasileira é atendida com coleta de esgoto, o qual é direcionado em sua maior parte para estações de tratamento de esgotos (ETE); essas ETEs devem ser capazes de atingir a qualidade necessária conforme o destino do efluente tratado, para isso, com o uso de Biomídias, que são suportes para o crescimento de biofilme adicionados aos reatores biológicos, permite-se que as ETEs ocupem menor espaço, ou melhore sua performance, comparado a uma estação de lodos ativados convencional. Portanto, para determinar a quantidade de Biomídias do tipo espuma de PU (Poliuretano) a ser adicionada, relacionando-se com a eficiência desejada, calculou-se a área específica das Biomídias (m^2/m^3) com base na espuma empregada e em sua geometria. Apesar da Biomídia escolhida ser aditivada com carvão ativado, considerou-se apenas a área superficial da espuma para o crescimento do biofilme, sendo a função do carvão ativado, atuar como auxiliar no aumento da velocidade de formação do biofilme. Com essa definição, foi monitorada uma ETE de um condomínio residencial para a obtenção de dados de desempenho. Avaliou-se a quantidade de massa de lodo biológico aderido nas Biomídias e determinou-se a carga orgânica (DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio) que pode levar à sua colmatação, assim como a eficiência da ETE com Biomídias. Com base na análise dos resultados obtidos, observou-se que, na condição de 13,5% da vazão projetada, a ETE apresentaria boa eficiência mesmo sem as Biomídias. No entanto, considerando a vazão final de projeto, quando todas as casas estiverem ocupadas, a quantidade de Biomídia adicionada na ETE de 4,5% será insuficiente para manter a eficiência, reduzindo-a para apenas 56%, considerando a remoção da DBO, valor este, inferior aos 80% mínimos recomendados pela legislação brasileira. Portanto, para atender ao plano final, a quantidade de Biomídias que deverá ser inserida nos reatores, na proporção de 11% do volume dos tanques da ETE, elevará a eficiência de remoção de DBO para 96,6%, atingindo a qualidade necessária do efluente a ser lançado no corpo receptor do local. Esse volume de Biomídia, se comparado as Biomídias de material PP(Polipropileno), ocupa 4,5 vezes menos volume para que ocorra a mesma eficiência, havendo economia energética para sua movimentação. Durante a coleta de dados, observou-se também que a Biomídia manteve a biomassa aderida ativa no interior dos reatores, com a ETE sem alimentação por período prolongado, característica excelente para ETEs com funcionamento sazonal, como cidades turísticas e/ou costeiras.

Palavras chaves: ETE; lodos ativados; biomídias; MBBR; IFAS.

ABSTRACT

With the increase in the Brazilian population, the need to address the problems arising from the lack of adequate treatment of generated effluents becomes increasingly urgent. Currently, 55.8% of the Brazilian population is served by sewage collection, which is mostly directed to wastewater treatment plants (WWTPs); these WWTPs must be capable of achieving the necessary quality according to the destination of the treated effluent. For this purpose, with the use of Biocarriers, which are supports for biofilm growth added to biological reactors, WWTPs can occupy less space or improve their performance compared to a conventional activated sludge plant. Therefore, to determine the amount of Biocarriers of the PU foam (Polyurethane) type to be added, related to the desired efficiency, the specific surface area of the Biocarriers (m^2/m^3) was calculated based on the foam used and its geometry. Although the chosen Biocarrier is supplemented with activated carbon, only the surface area of the foam for biofilm growth was considered, with the function of the activated carbon being to assist in increasing the speed of biofilm formation. With this definition, a WWTP of a residential condominium was monitored to obtain performance data. The amount of biological sludge mass adhered to the Biocarriers was evaluated, and the organic load (BOD – Biochemical Oxygen Demand) that could lead to its clogging, as well as the efficiency of the WWTP with Biocarriers, was determined. Based on the analysis of the results obtained, it was observed that, under the condition of 13.5% of the projected flow rate, the WWTP would present good efficiency even without the Biocarriers. However, considering the final design flow rate, when all houses are occupied, the amount of Biocarrier added to the WWTP of 5% will be insufficient to maintain efficiency, reducing it to only 56%, considering BOD removal, a value below the minimum 80% recommended by Brazilian legislation. Therefore, to meet the final plan, the amount of Biocarriers that should be inserted into the reactors, in the proportion of 11% of the volume of the WWTP tanks, will raise the BOD removal efficiency to 96.6%, reaching the necessary quality of the effluent to be discharged into the local receiving body. This volume of Biocarrier, compared to Biocarriers made of PP (Polypropylene) material, occupies 4.5 times less volume to achieve the same efficiency, resulting in energy savings for its movement. During data collection, it was also observed that the Biocarrier kept the adhered biomass active inside the reactors, even with the WWTP without feed for an extended period, an excellent characteristic for WWTPs with seasonal operation, such as tourist and/or coastal towns.

Keywords: WWTP; activated sludge; Biocarrier; MBBR; IFAS.

Lista de Ilustrações

Figura 1– Componentes que constituem o tratamento Preliminar 13

Figura 2- Esquema do Decantador Primário 14

Figura 3 – Líquido clarificado na superfície de um Decantador Circular 15

Figura 4 – Esquema de um Flotador 16

Figura 5 – Imagem de tanque Flotador 16

Figura 6 - Esquema do Reator UASB 17

Figura 7– Lagoa Transformada em Tanque de Aeração 18

Figura 8 - Vista da instalação de Biofilme Fixo IFAS 20

Figura 9 – Exemplos de tipos de MBBR 21

Figura 10 - Sistema IFAS Reator Aeróbio Adicionado de Biomídia e Retorno de Lodo. 21

Figura 11 - Biomídia da marca Linpor® 22

Figura 12- Biomídia do tipo esponja sem adição de carvão ativado. 23

Figura 13 – Esquema de um Decantador Secundário de formato Retangular ... 23

Figura 14 – Esquema Wetland 25

Figura 15 – Sistema de desinfecção para ETE de pequeno porte. 26

Figura 16 – Sistema de desinfecção dotado de chicanas para mistura. 27

Figura 17 - ETEs no Brasil em tipologia 29

Figura 18 - Ete Belle Ville 35

Figura 19 - Fluxograma Simplificado de uma ETE de Lodos Ativados. 37

Figura 20 - Layout das Etapas de Tratamento da Ete Belle Ville 38

Figura 21 - Microfotografia da mídia de poliuretano enriquecida 39

Figura 22 – Fontes de referência para desenvolvimento de cálculo, parte superior, referência para raio da esfera, abaixo, referência limite para área específica. 40

Figura 23 - Esfera padrão para desenvolvimento de modelo matemático 42

Figura 24 - Volume para referência de equações 43

Figura 25 – Volume “V” disponível para formação de biofilme causado pela intersecção entre as esferas. 44

Figura 26 - Base para referência da Espessura Biofilme.....45

Figura 27 - Ilustração do procedimento da determinação de sólidos. 47

Figura 28 - Curva analítica Medidor de vazão.....50

Figura 29 - Perfil de vazão mês 8/2022 51

Figura 30 - Prisma base para confirmação de Volume no AutoCad 54

Figura 31 - Sólido gerado com espaços vazios no interior conforme cálculo...56

Figura 32- Comparativo entre Biomídias de espuma nova, durante uso normal e Colmatada. 60

Figura 33- Perfil de vazão de entrada após rompimento do tanque 61

Figura 34- Biomídia em estado normal de funcionamento após rompimento do tanque 61

Figura 35- *Datasheet Tubos Insufladores de ar*.....62

Figura 36 - Relação espessura Biofilme x Volume ocupado 65

Lista de Tabelas

Tabela 1: Faixas de eficiência conforme tipo de ETE.....28

Tabela 2: Comparativo entre os padrões para lançamento de efluente conforme legislação específica.....32

Tabela 3: Dados de estimativa para parâmetros de Projeto da ETE.....35

Tabela 4 : Resumo de informações consideradas para execução de cálculos de volume de Biomídias inseridas nos Tanques de Aeração.....41

Tabela 5: Distribuição de Biomídias estre os tanques.....49

Tabela 6: Dados Biomídia Conforme Fabricante. 49

Tabela 7: Dados de Vazões Mensais na Entrada da ETE 51

Tabela 8: Análises de Carga de Entrada e Saída ETE Belle Ville 51

Tabela 9: Quantificação de Demanda Química de Oxigênio (DQO), Nitrogênio; Nitrato e Amônia nos tanques da ETE.....52

Tabela 10: Medidas e Volume das Biomídias dos tanques 2 e 6.....59

Tabela 11 -Resumo dos Resultados dos cálculos com os dados das condições atuais da ETE.....63

Tabela 12: Resumo dos Resultados dos cálculos com os dados das Biomídias atuais da ETE, considerando a vazão prevista em projeto.....63

Tabela 13: Resumo dos Resultados dos cálculos com os dados a quantidade de Biomídia que não colmataria, considerando a quantidade vazão prevista em projeto 66

Tabela 14: Dados Biomídia x Volume Ocupado.....66

Tabela 15: Quantidade de Sólidos Suspensos Voláteis aderidos às Biomídias em cada tanque da ETE e sua relação referente aos sólidos suspensos totais. 67

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 12

1.2 TRATAMENTO PRIMÁRIO 14

1.3 TRATAMENTO SECUNDÁRIO 17

1.3.1 USO DE BIOMÍDIAS 19

1.3.2 SUPORTES DE BIOFILME 20

1.3.3 SUPORTES TIPO ESPONJA 21

1.4 DECANTADOR SECUNDÁRIO 23

1.5 TRATAMENTO TERCIÁRIO 24

1.5.1 WETLANDS 24

1.5.2 DESNITRIFICAÇÃO 25

1.5.3 DESINFECÇÃO 26

1.6 ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTOS DOMÉSTICOS NO BRASIL 27

1.7 LEGISLAÇÃO PARA LANÇAMENTO DE EFLUENTES EM CORPOS D,ÁGUA NO BRASIL 29

1.8 LEGISLAÇÃO PARA LANÇAMENTO DE EFLUENTES EM CORPOS D ÁGUA EM SÃO PAULO 30

1.9 COMPARATIVO ENTRE AS LEGISLAÇÕES ESTADUAL E FEDERAL 31

1.10 CLASSIFICAÇÃO DO LODO EXCEDENTE 33

1.11 DESTINAÇÃO DO LODO EXCEDENTE 33

2 OBJETIVOS 34

2.1 OBJETIVO GERAL 34

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS 34

3.0 MATERIAIS E MÉTODOS 34

3.1 DADOS DO PROJETO 35

3.2 DESCRIÇÃO DE FUNCIONAMENTO DA ETE 36

3.3 CONSIDERAÇÕES GERAIS. 38
3.4 DESENVOLVIMENTO DE CÁLCULO PARA DETERMINAR A EFICIENCIA DA BIOMÍDIA. 40
3.5 DESENVOLVIMENTO DE EQUAÇÕES DO MODELO MATEMÁTICO 41
3.6 OBTENÇÃO DOS DADOS DE VAZÃO 46
3.7 OBTENÇÃO DO VALOR DOS SÓLIDOS FIXOS NA BIOMÍDIA 46
4 RESULTADOS 49
4.0.1 OBTENÇÃO DE DADOS DE DESEMPENHO 49
4.0.2 ÁREA DA BIOMÍDIA DO TIPO ESPUMA DE MATERIAL DO TIPO PU 52
4.0.3 QUANTIDADE DE MASSA DO LODO BIOLÓGICO ADERIDO NA SUPERFÍCIE DAS BIOMÍDIAS. 57
4.0.4 CARGA ORGÂNICA QUE PODE LEVAR À COLMATAÇÃO; 59
4.0.5 DIMENSIONAMENTO DA ETE PARA UTILIZAÇÃO DA BIOMÍDIA; 61
4.0.6 EFICIÊNCIA DA ETE CONTENDO A BIOMÍDIA DO TIPO ESPUMA. 64
4.0.7 QUANTIDADE DE SÓLIDOS ADERIDA NAS BIOMÍDIAS APÓS PERÍODO PROLONGADO SEM ALIMENTAÇÃO DO SISTEMA. 66
5 DISCUSSÃO 68
6 CONCLUSÕES 72
REFERÊNCIAS 73
ANEXOS. 77
ANEXO 1.1- MEMORIAL DE CÁLCULO 48,33 M3/DIA FP 5% 77
ANEXO 1.2- MEMORIAL DE CÁLCULO 750 M3/DIA FP 5% 104
ANEXO 1.3- MEMORIAL DE CÁLCULO 750 M3/DIA FP 11% 132
ANEXO 2- CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO MEDIDOR DE VAZÃO 159
ANEXO 3- CÁLCULO ÁREA DO BIOFILME SOLVER 168
ANEXO 4- MEMORIAL APROVADO PELA SABESP 169
ANEXO 5- ESPECIFICAÇÃO QUANTIDADE BIOMÍDIAS PROJETO 170

ANEXO 6- RELATÓRIO DE DADOS ANALITICOS POR TANQUES- DSMA 171

1 INTRODUÇÃO

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (BRASIL, 2005) regulamenta que os efluentes de qualquer fonte poluidora, devem ser tratados antes de serem lançados em corpos receptores, de forma que a qualidade do efluente lançado não altere a qualidade do corpo receptor, considerando seu impacto sobre o meio lançado em todo seu aspecto biológico e ambiental, mantendo-se a classificação do corpo hídrico (SÃO PAULO, 1976).

Para que se cumpra essa premissa, Estações de Tratamento de Efluentes (ETEs), são dimensionadas e instaladas após as fontes poluidoras, para que se diminuam os efeitos causados pelos poluentes nos corpos receptores, sejam eles superficiais ou subterrâneos, aplicando-se para cada caso uma tecnologia que seja enquadrada na eficiência requerida ao meio de lançamento, sem prejuízo à vida presente no meio lançado; (METCALF ; EDDY, 2016; SPERLING, 2012).

Com a expansão da população do Brasil, os problemas advindos da falta de tratamento adequado dos efluentes gerados urgem de solução, onde atualmente 55,8% da população brasileira é atendida com coleta de esgoto, sendo que esse esgoto coletado não é totalmente tratado (BRASIL, 2021). Em relação ao tratamento de água, 82,4% da população tem acesso a agua tratada, mas 40,3% da agua tratada é perdida durante o transporte, Esta proporção de população deverá atendida futuramente, visto que o Marco do Saneamento (BRASIL, 2010), que estabelece regras para que 99% da população seja atendida com água potável e 90% com coleta e tratamento de esgotos até 2033 (BRASIL, 2021).

Os sistemas de tratamento de esgotos podem ser divididos em quatro etapas, conforme (JORDÃO ; PESSÔA, 2011) sendo elas, tratamento preliminar, tratamento primário, tratamento secundário e tratamento terciário.

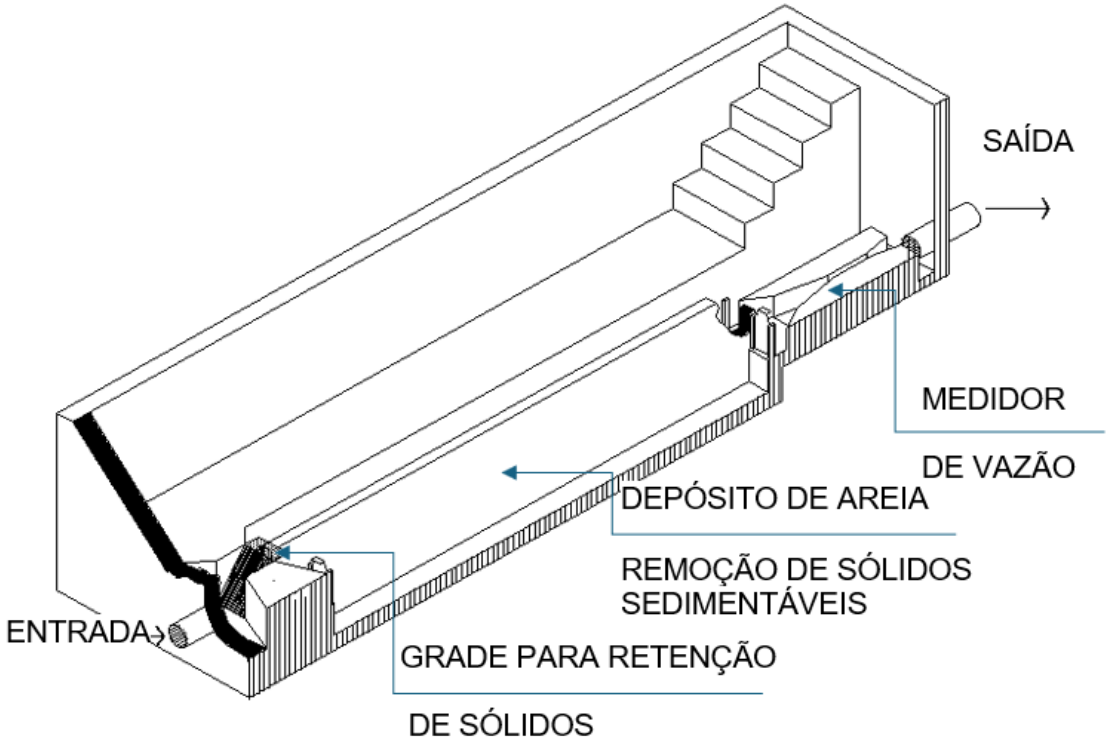
Nessas Etapas, pressupõe-se um arranjo para que se alcance, ao final do tratamento, uma qualidade mínima do efluente a ser lançado para que o corpo receptor não seja descaracterizado, isto é, um rio classe 2 continue sendo classe 2 mesmo pós o lançamento do efluente tratado.

1.1 TRATAMENTO PRELIMINAR

As etapas de tratamento da ETE se iniciam pela (UTP) Unidade de Tratamento Preliminar *(Figura 1)*.

A função do tratamento preliminar consiste na remoção dos sólidos sedimentáveis presentes no efluente de entrada. No passado essa etapa foi o único tratamento adotado em várias cidades (OLIVEIRA ; MAYARA, 2014).

Figura 1– Componentes que constituem o tratamento Preliminar



Fonte: elaborada pelo autor.

No tratamento Preliminar, é feita a remoção de sólidos grosseiros por meio de grades e caixa de retenção de areia. Ela tem a finalidade de preservar os equipamentos, e nela também é feito o controle da vazão, com medidor tipo calha Parshall, onde os dados de vazão podem ser computados por um registrador de dados eletrônico, item que tem por função armazenar os dados coletados.

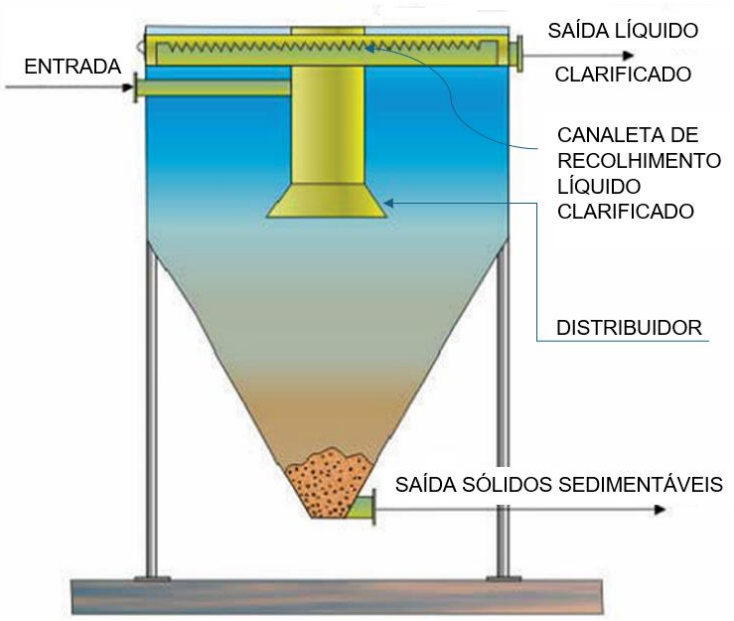
1.2 TRATAMENTO PRIMÁRIO

O tratamento primário pode ser desconsiderado da concepção da ETE e destina-se, por meio de mecanismos de ordem física, à remoção de materiais flutuantes (graxas e óleos) e à remoção de sólidos em suspensão sedimentáveis juntamente com parte da matéria orgânica *(ROVIGATTI CHIAVELLI,* et al*., 2019)*

Para a remoção de sólidos sedimentáveis, o tratamento primário pode ser *composto* por *um decantador, e* para remoção de materiais flutuantes (graxas e óleos), pode-se adotar *um Flotador, sendo que a escolha entre eles é feita de acordo com as características do esgoto bruto. Os* decantadores e flotadores são classificados de acordo com o formato, podendo ser do tipo retangular de fluxo horizontal ou circular *(JORDÃO ; PESSÔA, 2011)*.

O funcionamento de um decantador, consiste na separação de fases provocada pela diferença de densidade entre o liquido e sólido, onde os sólidos, por terem maior densidade tendem a irem para o fundo do decantador e o liquido clarificado fica na superficie (Figura 2 , Figura 3).

Figura 2- Esquema do Decantador Primário



Fonte: elaborada pelo autor.

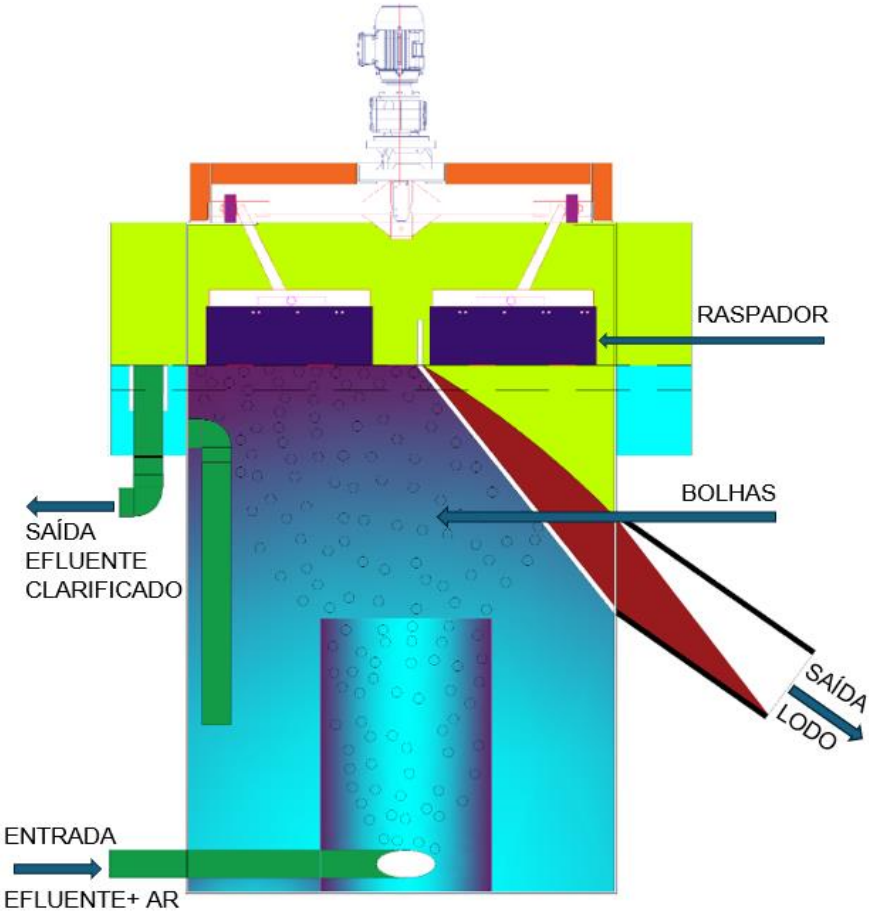
Figura 3 – Líquido clarificado na superfície de um Decantador Circular



Fonte: elaborada pelo autor.

O Flotador (Figura 4 e 5), pode ser utilizado no tratamento primário para a remoção de materiais flutuantes (óleos e graxas), a flotação é feita através de injeção de ar no fundo do tanque, as partículas a serem removidas são suspensas na superfície do fluído e podem ser removidas com raspagem (FEYH, 2022).

Figura 4 – Esquema de um Flotador



Fonte: elaborada pelo autor.

Figura 5 – Imagem de tanque Flotador

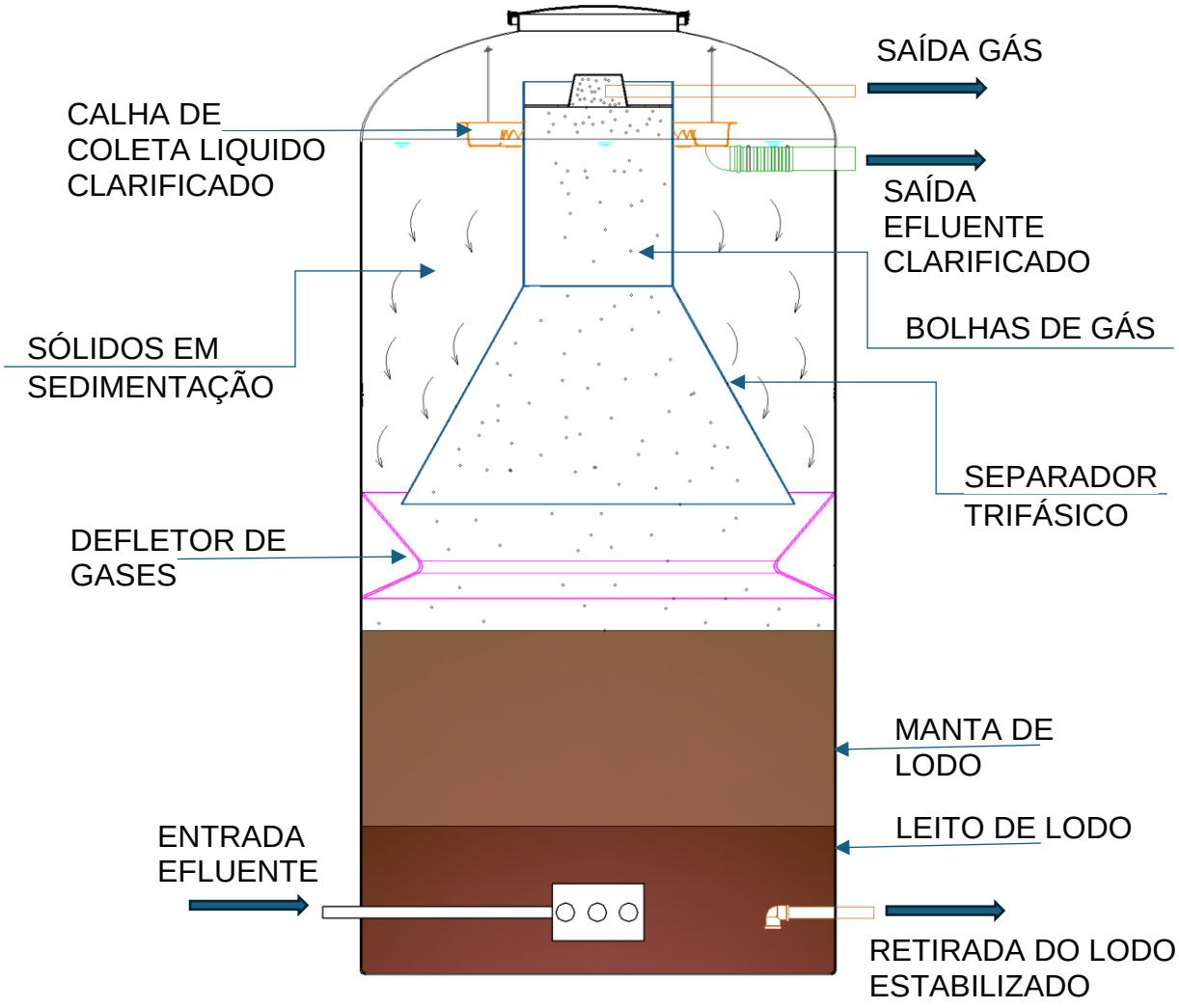


Fonte: elaborada pelo autor.

Apesar de serem muito utilizados, os decantadores primários estão sendo substituídos aos poucos pelo uso dos reatores anaeróbicos do tipo UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket), pois tem maior capacidade de remoção da matéria orgânica quando comparado ao decantador primário. (ROVIGATTI CHIAVELLI, *et al.*, 2019).

A eficiência de um decantador primário alcança um efeito de remoção de DBO em torno de 25 e 35%, os reatores UASB (Figura 6) podem chegar a uma eficiencia de até 70% (VON SPERLING, 2005).

Figura 6 - Esquema do Reator UASB



Fonte: elaborada pelo autor.

1.3 TRATAMENTO SECUNDÁRIO

O Tratamento secundário pode ser projetado com reator anaeróbio, nele são criadas condições propícias para a seleção de micro-organismos de melhor decantabilidade e geração de AGV(Àcidos Graxos Voláteis), o que permite maior capacidade de absorção de sais de fósforo, pelos OAF (Organismos Acumuladores de Polifosfato).

Posterior ao processo anaeróbio, são instalados reatores aeróbios providos de um sistema de insuflamento submerso de ar, o qual fornece o oxigênio necessário para a remoção biológica da carga orgânica por meio de micro-organismos aeróbios.

O tratamento secundário (Figura 7) tem a finalidade de remover a DBO_{5-20} solúvel (Demanda Bioquímica de Oxigênio, em 5 dias a 20°C) e retirar parte dos sólidos em suspensão que se mantiveram após o tratamento preliminar quando houver. Quando não, o tratamento secundário se torna a primeira etapa da ETE.

Figura 7– Lagoa Transformada em Tanque de Aeração



Fonte: elaborada pelo autor.

A DBO_{5-20} é um dos parâmetros de análise que é amplamente utilizado para a avaliação da qualidade de água de corpos hídricos, especialmente aqueles que recebem cargas de poluição oriundas de esgotos sanitários. Ela representa uma indicação da quantidade de oxigênio necessária para a oxidação de determinada quantidade de matéria orgânica carbonácea, quando medido, o oxigênio consumido por micro-organismos durante os processos metabólicos que consomem essa carga

orgânica, é uma indicação indireta da quantidade de carbono orgânico biodegradável presente na amostra analisada (VON SPERLING, 2005)

O tratamento secundário imita o que ocorre naturalmente em um corpo d'água, processo esse conhecido por autodepuração. Neste processo, os micro-organismos presentes nos corpos hídricos utilizam a matéria orgânica presente como fonte de nutrientes e, para isso, consomem o oxigênio dissolvido disponível. As ETEs com tratamento secundário são projetadas para acelerar os processos naturais, sob condições controladas, para que os poluentes orgânicos sejam decompostos em um curto período de tempo (SPERLING, 2012; *METCALF; EDDY, 2016*).

Juntamente com a degradação da carga orgânica à base de carbono, realizada por bactérias heterótrofas, ocorre a remoção das cargas orgânicas nitrogenadas. O nitrogênio amoniacal que entra nas ETEs é transformado em nitritos, e este em nitratos, pelo processo chamado de nitrificação. Um conjunto de bactérias principalmente do tipo autótrofas, são as responsáveis por essa etapa.

1.3.1 USO DE BIOMÍDIAS

A adição de suportes para crescimento aderido ao reator de lodos ativados, do inglês, *integrated fixed film activated sludge* (IFAS) forma um processo híbrido, no qual a concentração total equivalente de Sólidos Suspensos no Liquor Misto (SSLM) fica num patamar entre 1,5 e 2,0 vezes ao considerado no processo de lodos ativados. Formando assim, uma maior concentração de biomassa no tanque de aeração e dessa forma, aumentar o tempo de retenção de sólidos (TRS) e a capacidade de tratamento.

Comumente os sistemas IFAS, numa ETE, são feitos com material fixo, onde faz-se a utilização de cordas ou telas como meio de suporte (Figura 8) e eles são presos a estruturas de alumínio ou aço inoxidável com geometria adequada (METCALF ; EDDY, 2016).

Como o crescimento das bactérias *autótrofas é mais lento do que as heterótrofas, a adição de Biomídia* permite a ocorrência de nitrificação com um menor tempo de detenção hidráulico, podendo assim, aumentar a quantidade dos micro-

organismos no interior do Reator Aeróbio, sem aumentar a quantidade de sólidos dispersos no meio Liquido (METCALF ; EDDY, 2016), dessa forma, aumenta-se a capacidade e o decantador é reduzido, se comparado a uma ETE de lodos ativados convencional para a mesma vazão e carga de entrada.

Figura 8 - Vista da instalação de Biofilme Fixo IFAS



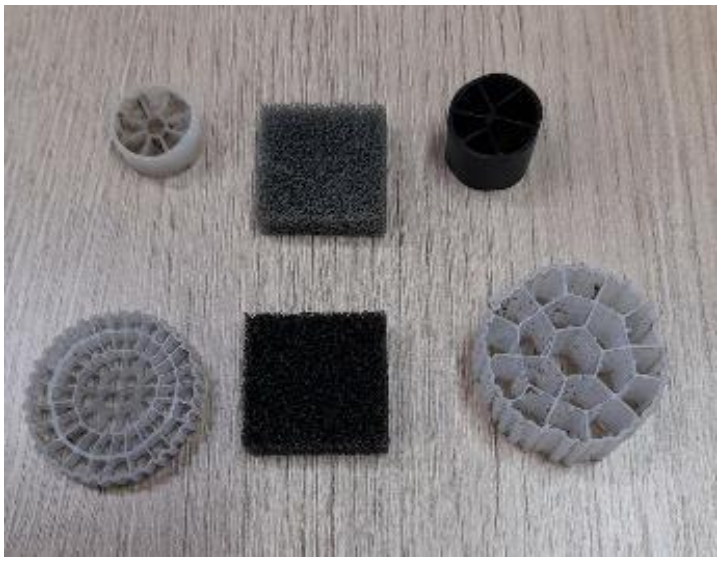
Fonte: elaborada pelo autor.

1.3.2 SUPORTES DE BIOFILME

Os Suportes de biofilme (Figura 9) possuem massa específica variando entre 0,96 e 0,98 g/cm^3, e foram originalmente desenvolvidos, para utilização em reatores biológicos de leito móvel, denominado MBBR (*Moving Bed Biofilm Reactor*), sendo também empregados em sistemas IFAS (Figura 10).

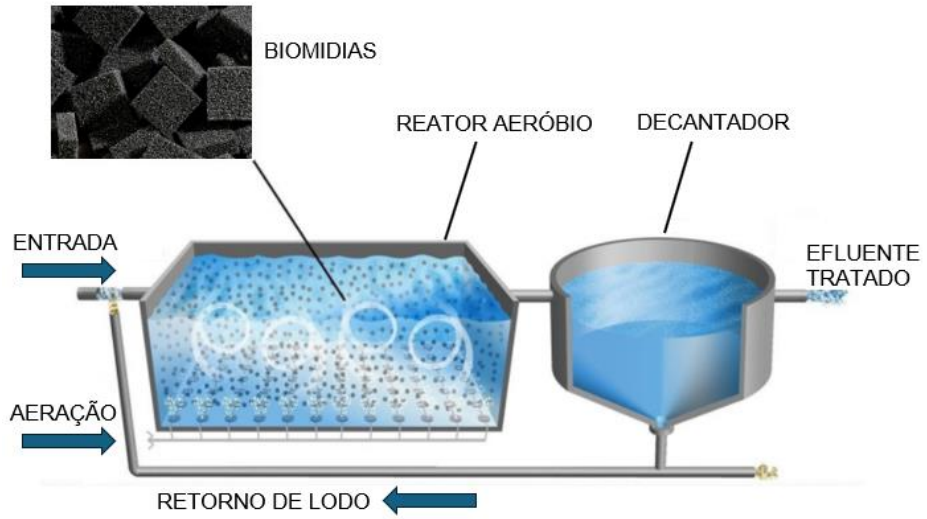
A diferença entre o sistema MBBR e IFAS é que o MBBR é projetado sem a recirculação de Lodo, em ambos o preenchimento do reator fica entre 30 e 60%, com área específica média de 500 m^2/m^3 (METCALF ; EDDY, 2016), e quando inseridas num reator com sistema de aeração, servem como uma proteção física que propicia a fixação dos microrganismos presentes no meio líquido em seu interior, na superfície das Biomídias utilizadas.

Figura 9 – Exemplos de tipos de MBBR



Fonte: elaborada pelo autor.

Figura 10 - Sistema IFAS Reator Aeróbio Adicionado de Biomídia e Retorno de Lodo.



Fonte: elaborada pelo autor.

1.3.3 SUPORTES TIPO ESPONJA

Os Suportes de biofilme do tipo esponja, possuem massa específica de 0,95g/cm^3, sendo adicionado entre 15 e 30% do volume total do tanque em sua utilização. O modelo da Figura 11 possui 800 m^2/m^3 de superfície específica. (METCALF ; EDDY, 2016).

Figura 11 - Biomídia da marca Linpor®



Fonte: (METCALF ; EDDY, 2016)

Em seu estudo, (MADAN, 2022) analisa diferentes Biomídias, dentre elas as do tipo Polietileno de alta densidade (PEAD); polipropileno (PP) e polietileno (PE), encontrando uma variação de área específica entre 50 e 1200 m^2/m^3.

Dentre as Biomídias do tipo esponja, reportamos algumas patenteadas discriminando suas respectivas áreas: Linpor e Captor 800 m^2/m^3 (METCALF ; EDDY, 2016), Biochip <3000 (MENDEZ, 2022), Levapor (2.500 m^2/m^3), sendo esta última do tipo (PU) poliuretano, impregnada com carvão ativado, a reação de biodegradação é desprezada dentro dos poros, e assume-se isso, pois o diâmetro das bactérias varia entre 200 e 2000 nm, sendo muito maior que os poros do carvão ativado, os quais são divididos em: macro poros, (50 nm) , meso poros (entre 2 e 50 nm) e micro poros, (menores que 2 nm) (ÇEÇEN ; AKTA,S, 2011).A figura 12 mostra a Biomídia sem adição de carvão ativado, onde observa-se que a cor da espuma natural é branca.

Figura 12- Biomídia do tipo esponja sem adição de carvão ativado.

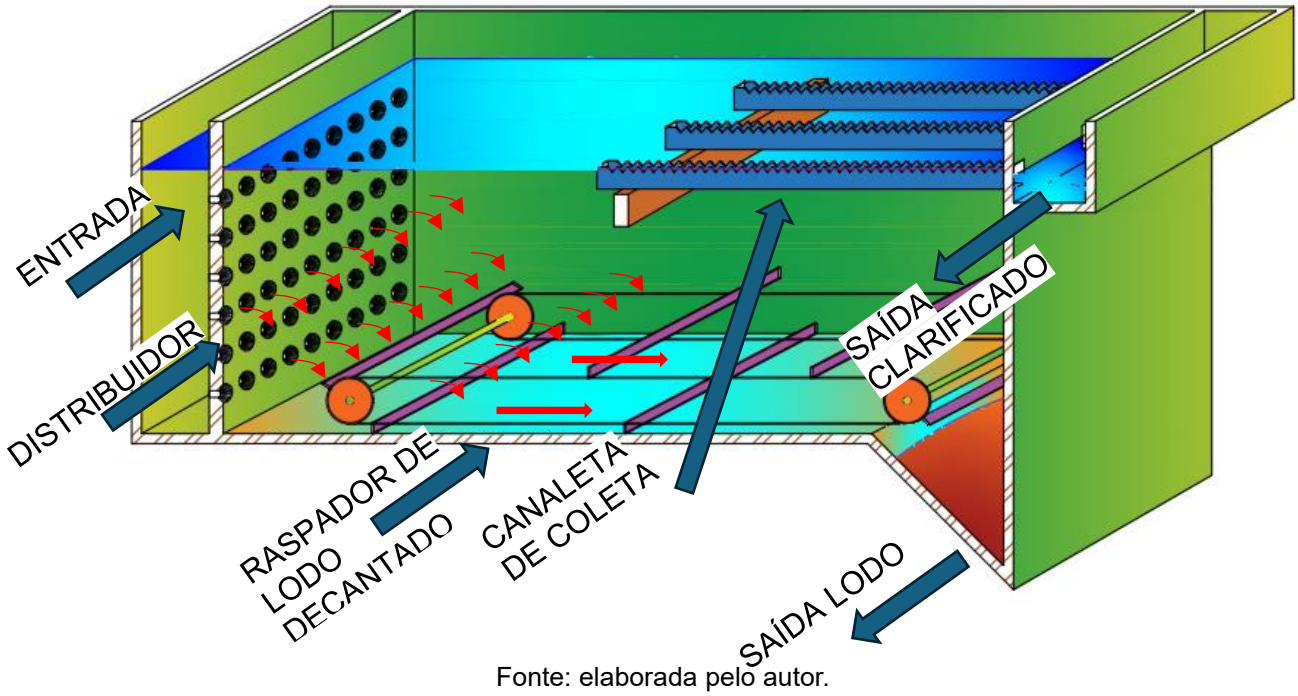


Fonte: elaborada pelo autor.

1.4 DECANTADOR SECUNDÁRIO

Após o processo de Degradação Biológica ocorre a separação física do lodo, da massa líquida no decantador secundário (Figura 13). A forma construtiva dos tanques de decantação, também denominados clarificadores, facilita a sedimentação e a concentração do lodo presente no fundo do tanque, separando-o assim dos efluentes tratados, permitindo a sua retirada com índices de sólidos reduzidos. O formato redondo ou retangular tem a mesma função, sendo geralmente adotado o retangular por se utilizar uma área reduzida *(JORDÃO ; PESSÔA, 2011)*.

Figura 13 – Esquema de um Decantador Secundário de formato Retangular



Fonte: elaborada pelo autor.

1.5 TRATAMENTO TERCIÁRIO

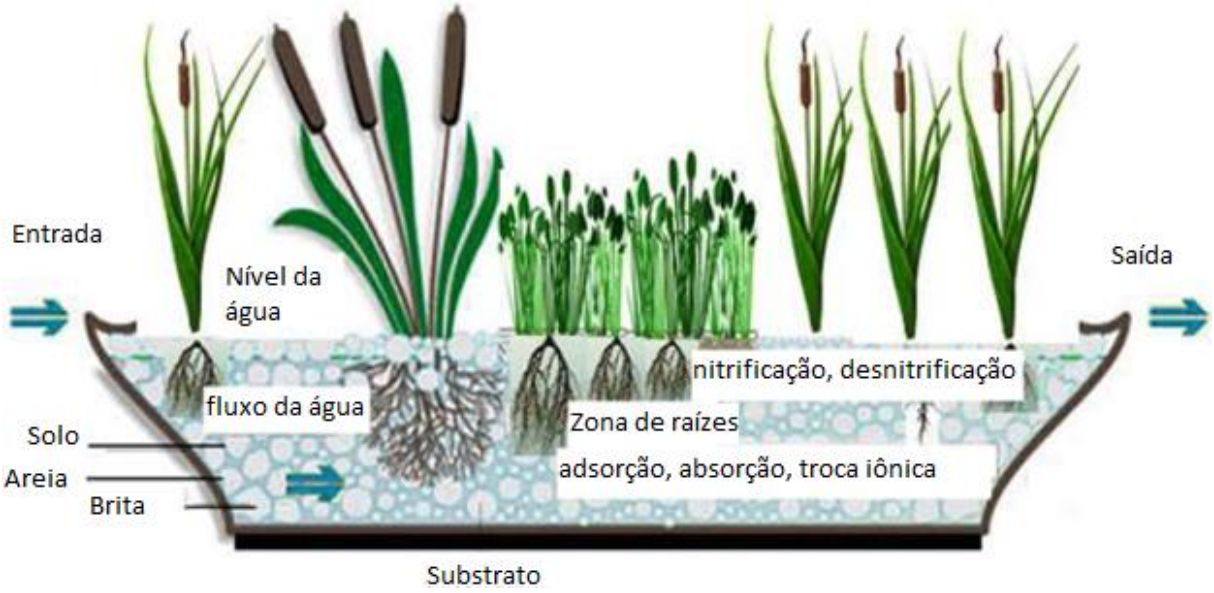
A utilização do tratamento terciário, leva em consideração a destinação do efluente final, ou seja, o lançamento em corpo receptor, ou o tipo de reuso. Ele pode ser dispensado no caso de lançamento em rede coletora - dotada de tratamento posterior - ou feito com mais de um tipo de tratamento terciário, para que se alcance a qualidade requerida em cada caso específico *(FEYH, 2022)*.

1.5.1 WETLANDS

Quando o tratamento secundário não reduz as quantidades de poluentes a níveis adequados para disposição, o mesmo é submetido a um tratamento adicional, denominado terciário, que pode ser a adição de tratamentos biológicos complementares para remoção de nutrientes, como nitrogênio e fosforo, tratamentos químicos por floculação, filtração etc. Quando aplicável, o tratamento terciário pode ser feito pela aplicação do efluente secundário no solo ou em áreas alagadas (*wetlands)* (Figura 14), que são sistemas projetados, nos quais os contaminantes são removidos por micro-organismos fixados nas zonas de raízes das plantas (DAVIS ; MASTEN, 2016; SPERLING, 2012).

Os wetlands , também conhecidos como filtros plantados com macrófitas, são sistemas que se aproveitam dos processos naturais que envolvem a vegetação, o solo e suas populações microbianas juntamente ao tratamento de águas residuárias. Tais sistemas são projetados para obter as vantagens dos processos que ocorrem em zonas úmidas naturais, porém, ocorrendo em um ambiente controlado (WALZBURIECHSCHROEDER ; SEZERINO, 2019).

Figura 14 – Esquema Wetland



Fonte: Adaptado (KUMAR ; DUTTA, 2019)

1.5.2 DESNITRIFICAÇÃO

A redução da matéria organica Nitrogenada pode ser feita adicionado-se no sistema de fornecimento de ar, válvulas temporizadas, onde essas válvulas atuam no fornecimento de ar de parte do sistema de aeração de forma a produzir anoxia, isto é, ausência de oxigênio na massa líquida.

Com a presença de nitratos e baixa quantidade de oxigenio, as bactérias heterotróficas são capazes de utilizar os nitratos, no lugar do oxigênio, como aceptores de elétrons. Este processo é denominado desnitrificação, onde o nitrato é reduzido a nitrogênio gasoso *(SPERLING, 2012)*.

Este procedimento, realizado durante 15 minutos a cada ½ hora de aeração, permite a melhoria da qualidade do efluente tratado e do lodo formado no processo,

com a melhora na sua decantabilidade. Para tanto, o fornecimento de ar no tanque de aeração precisa ser interrompido por meio de válvulas controladas automaticamente.

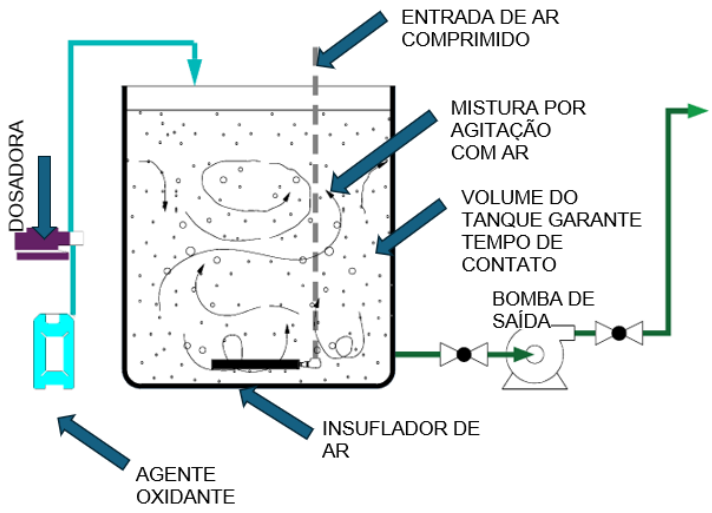
Outra forma possível de realizar a desnitrificação é promover a recirculação do efluente já aerado para um tanque anóxico, esse tanque deve ser provido de sistema que promova a agitação, para evitar a decantação do lodo no fundo do tanque.

1.5.3 DESINFECÇÃO

O efluente final do sistema de tratamento normalmente passa por um processo de desinfecção. Ele tem o intuito de reduzir a concentração de possíveis microorganismos patogênicos, bem como oxidar parte dos sólidos solúveis presentes no efluente após o tratamento, aumentando a qualidade do efluente tratado. Ela pode ser feita pela aplicação de ozônio, Cloro ou ultravioleta.

Sua aplicação de forma eficiente depende de mistura e do tempo de contato entre o agente oxidante e o efluente, em sistemas de pequeno porte, a mistura pode ser obtida através do insuflamento de ar (Figura 15). A dosagem do agente oxidante, geralmente cloro, que pode estar na forma liquida ou pastilha, e deve ser proporcional à vazão média do sistema, relacionada com o tempo de contato entre o efluente e o agente oxidante. Ele é definido pelo volume do tanque de desinfecção dividido pelo volume de tratamento diário.

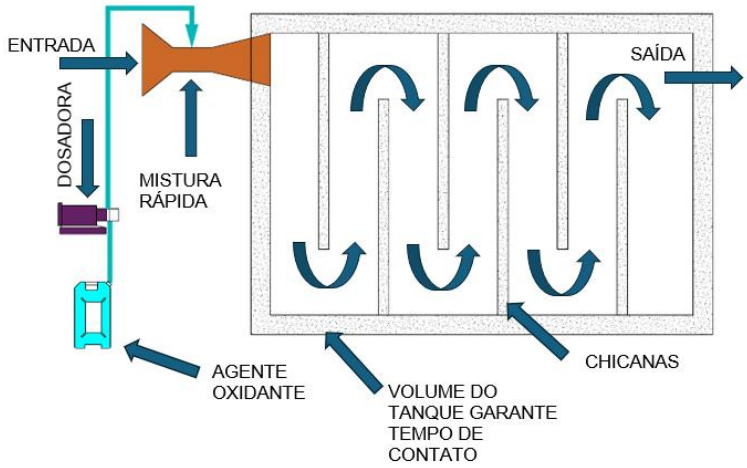
Figura 15 – Sistema de desinfecção para ETE de pequeno porte.



Fonte: elaborada pelo autor.

Comumente usa-se sistemas dotados de chicanas para a garantia da mistura, chicanas são aletas divisoras no interior do tanque que fazem com que o efluente tenha turbulencia (Figura 16). A dosagem do agente oxidante, passa por um misturador rápido para a homogenização inicial entre o efluente e o agente oxidante, sendo comum o uso de produtos quimicos a base de cloro como agente oxidativo.

Figura 16 – Sistema de desinfecção dotado de chicanas para mistura.



Fonte: elaborada pelo autor.

1.6 ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTOS DOMÉSTICOS NO BRASIL

A Primeira ETE do Brasil teve sua inauguração em 1864, no Rio de Janeiro, com a presença e seu Ministro da Agricultura, Comércio e Obras Públicas, Domiciano Leite Ribeiro, Visconde de Araxá. Sendo constituída por tanques de ferro de grandes proporções, abertos e com gradeamento, o qual recebia o esgoto sanitário da população, onde a limpeza era feita de forma manual, recebendo um tratamento químico de cal e sulfato de alumínio, que agiam como redutores de odores e aceleravam a decantação do material em suspensão. Após esse tratamento primário, o esgoto final da estação era lançado ao mar (SILVA , 1988).

Os principais processos mapeados no Brasil, consistem em fossas sépticas, tanques de aeração, lagoas de estabilização, reatores anaeróbios, lodos ativados e filtros (anaeróbios e aeróbios). Observou-se em algumas situações especiais a existência de processos químicos com floculação seguida de sedimentação, filtração ou flotação, concomitantemente ou não com o tratamento biológico (AGENCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2020).

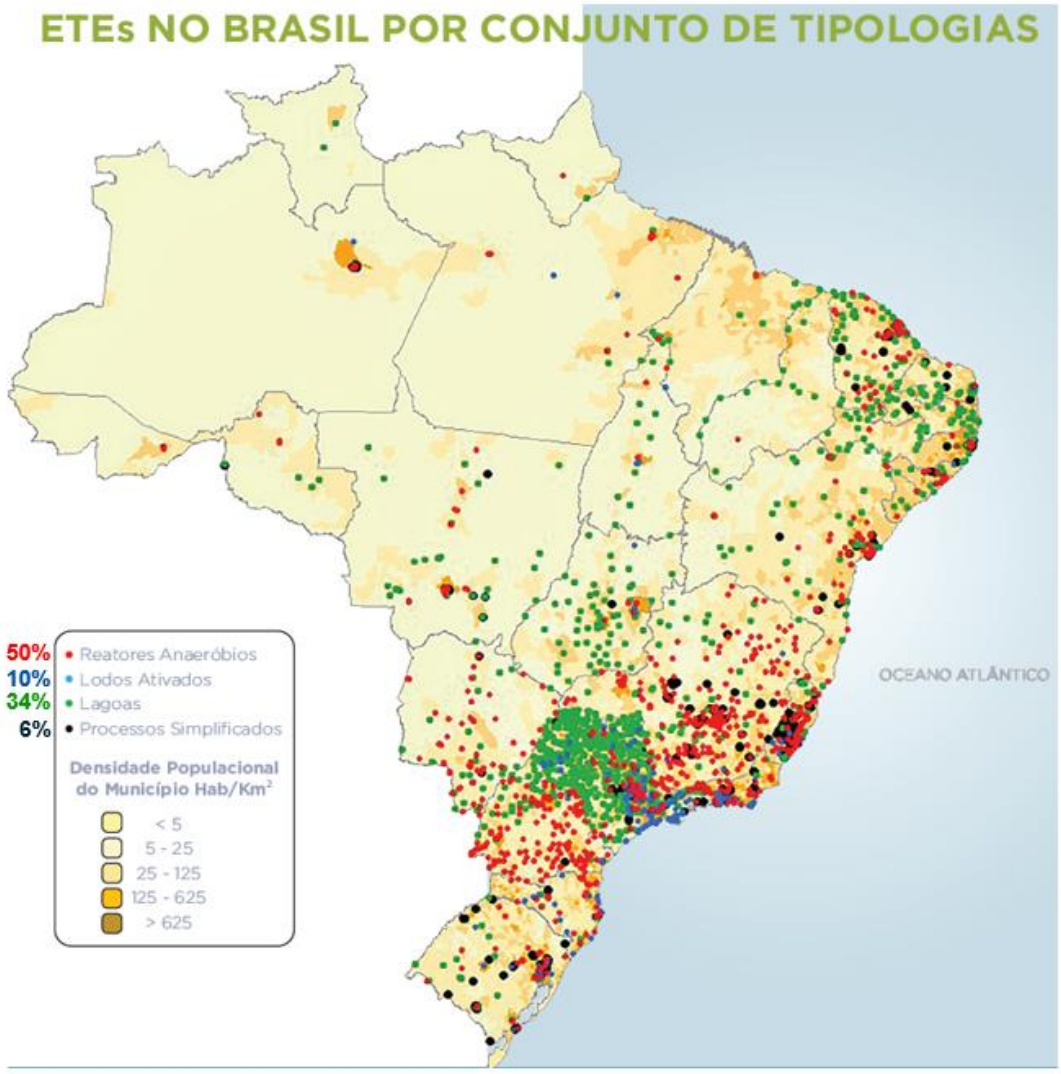
Sendo as Lagoas, o sistema de tratamento mais difundido no Brasil em virtude do seu baixo custo de implementação, operação e manutenção (GOMES DE ALMEIDA, 2017). Além delas, o clima favorável fez dos reatores anaeróbios de fluxo ascendente de manto de lodo (UASB), uma das tecnologias de tratamento de esgoto sanitário mais adotadas no Brasil, sendo o país que tem o maior parque de reatores anaeróbios do mundo (RIETOW, *et al.*, 2023). O sistema de Lodos ativados em relação a quantidade implantada no Brasil, fica em terceiro lugar (Figura 17), sendo este, mais eficiente que os tratamentos dos tipos Lagoa ou UASB. Por fim, existem os processos simplificados, os quais são baseados em Fossas Sépticas e são os menos eficientes (Tabela 1), lembrando que o tipo de tratamento adotado, deve possuir eficiência suficiente para atender à legislação vigente e estar de acordo com o local de lançamento ou uso destinado.

Tabela 1: Faixas de eficiência conforme tipo de ETE

CLASSIFICAÇÃO	Tipo de ETE	Faixa de Eficiencia
Processo simplificado	Fossa Séptica	35-51%
Reatores anaeróbios	UASB	55-70%
Lagoas	Sistemas de Lagoas	70-90%
Lodos Ativados	Lodo Ativado Convencional	75-95%

Fonte: (VON SPERLING, 2005; ANA, 2020)

Figura 17 - ETEs no Brasil em tipologia



Fonte: (AGENCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2020)

1.7 LEGISLAÇÃO PARA LANÇAMENTO DE EFLUENTES EM CORPOS D,ÁGUA NO BRASIL

Em (BRASIL, 2005) no Artigo 16, define que os efluentes sejam eles de qualquer fonte poluidora, devem obedecer primariamente aos seguintes padrões de lançamento para compostos orgânicos, além de outros inorgânicos (Tabela 3). Além disso, ela define os parâmetros de classificação e enquadramento de corpos de água e padrões de lançamento, sendo essas classes, primariamente separadas de acordo com a salinidade apresentada pelo meio.

> I - águas doces: águas com salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰;
> II - águas salobras: águas com salinidade superior a 0,5 ‰ e inferior a 30 ‰;
> III - águas salinas: águas com salinidade igual ou superior a 30 ‰ (BRASIL, 2005, p. 2).

A partir disso, a classificação dos corpos d´água é feita conforme a qualidade requerida para o tipo de uso permitido, onde, o lançamento feito nesses corpos não deve descaracterizar o mesmo, não sendo permitido nenhum lançamento quando a classe for denominada especial. As classes dos corpos d´água estão definidas abaixo:

Classe 1: (BRASIL, 2005, p. 4), águas que podem ser destinadas:

a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;
b) à proteção das comunidades aquáticas;"
c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução (BRASIL, 2001)
d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película;
e) à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.

Classe 2: (BRASIL, 2005, p. 4), águas que podem ser destinadas:

a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
b) à proteção das comunidades aquáticas; " (BRASIL, 2005).
c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução (BRASIL, 2001);
"d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto;
e) à aquicultura e à atividade de pesca.

Classe 3: (BRASIL, 2005, p. 4), águas que podem ser destinadas:

a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;
b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
c) à pesca amadora;
d) à recreação de contato secundário;
e) à dessedentação de animais.

Classe 4: (BRASIL, 2005, p. 4) águas que podem ser destinadas:

a) à navegação;
b) à harmonia paisagística.
Classe especial: águas destinadas:
a) ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção;
b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas;
c) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

1.8 LEGISLAÇÃO PARA LANÇAMENTO DE EFLUENTES EM CORPOS D ÁGUA EM SÃO PAULO

Por meio do (SÃO PAULO, 1976) compete a Companhia Estadual de Tecnologia de Saneamento Básico e de Defesa do Meio Ambiente – CETESB, a definição dos padrões de lançamento.

Diferente do que define (BRASIL, 2005), em (SÃO PAULO, 1976), é determinado que o lançamento é proibido em corpos d´água de classe 1.

O Artigo 18 de (SÃO PAULO, 1976, p. 7-8), referente a corpos d'água de classe 2 e as cargas orgânicas, define que os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nas coleções de água, desde que obedeçam às seguintes condições:

> I - pH entre 5,0 e 9,0;
> II - Temperatura inferior a 40ºC;
> III - Materiais sedimentáveis até l,0 mL/L em teste de uma hora em "cone Imhoff";
> IV - Substâncias solúveis em hexana até 100 mg/L;
> V - DBO 5 dias, 20ºC no máximo de 60 mg/L. Este limite somente poderá ser ultrapassado no caso de efluente de sistema de tratamento de águas residuárias que reduza a carga poluidora em termos de DBO 5 dias, 20°C do despejo em no mínimo 80%;

Sendo que no § 3º (SÃO PAULO, 1976), é indicado que o órgão ambiental local, pode, a seu critério aumentar as restrições dos limites conforme avaliação de cada caso.

1.9 COMPARATIVO ENTRE AS LEGISLAÇÕES ESTADUAL E FEDERAL

A tabela 2 resume os parâmetros principais de lançamento a serem atendidos conforme as Legislações estadual e federal, para lançamento em corpos hídricos as duas primeiras colunas mostram as legislações Federal e Estadual, respectivamente. A terceira coluna, mostra os valores a serem atendidos para lançamento em redes coletoras de esgotos.

Tabela 2: Comparativo entre os padrões para lançamento de efluente conforme legislação específica.

Parâmetros	**Unidade**	(BRASIL, 2011, p. 4-5)	(SÃO PAULO, 1976, p. 7)	(SÃO PAULO, 1976, p. 8)
Arsênio total	mg/L	0,5	0,2	1,5
Bário	mg/L	5,0	5,0	-
Boro	mg/L	5,0	5,0	-
Cádmio	mg/L	0,2	0,2	1,5
Chumbo	mg/L	0,5	0,5	1.5
Cianeto	mg/L	1,0	0,2	0,2
Cobre	mg/L	1,0	1,0	1,5
Cromo	mg/L	0,1	0,1	1,5
Cromo Total	mg/L	1,0	5,0	5,0
DBO 5 dias a	mg/L	120,0	60,0	-
Estanho	mg/L	4,0	4,0	4,0
Fenol	mg/L	0,5	0,5	5,0
Ferro	mg/L	15,0	15.0	15,0
Fluoreto	mg/L	10,0	10,0	10,0
Manganês	mg/L	1,0	1,0	-
Mercúrio	mg/L	0,01	0,01	1,5
Níquel	mg/L	2,0	2,0	2,0
Nitrato (como	mg/L	*< 10,0*	*< 10,0*	-
Nitrito (como	mg/L	*< 1,0*	*< 1,0*	-
Nitrogênio	mg/L	*20*	-	-
Óleos e	mg/L	*20*	*100*	150
Oxigênio	mg/L	*> 4*	*> 6*	-
pH	UpH	5,0-9,0	5,0-9,0	6,0-10,0
Prata	mg/L	0,1	0,02	1,5
Selênio	mg/L	0,30	0,02	1,5
Sólidos	ml/L	1,0	1,0	20,0
Sulfato	mg/L	-	-	1000,0
Sulfeto	mg/L	1,0	-	1,0
Temperatura	°C	Inferior a 40	Inferior a 40	Inferior a
Zinco	mg/L	5,0	5,0	5,0

1.10 CLASSIFICAÇÃO DO LODO EXCEDENTE

Segundo a (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2011) de acordo com as características do lodo de descarte de ETEs, ele é classificado como resíduo sólido, não-inerte classe II A, sendo disposto em aterros sanitários, onde:

Classe II - Resíduo não perigoso, pois o mesmo não é classificado sobre os critérios de patogenicidade, sendo este, aplicado aos resíduos de serviços de saúde.

Tipo A - Resíduo não inerte, pois possui propriedades como, biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água, sendo que o mesmo possui constituintes que são solubilizados em concentrações superiores ao anexo G da NBR12209, (1992).

1.11 DESTINAÇÃO DO LODO EXCEDENTE

Tendo em vista que a Lei (BRASIL, 2010) institui a Política nacional de resíduos sólidos, orientando a disposição dos resíduos sólidos cita:

> Art. 9º - Na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, deve ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.
> § 1º - Poderão ser utilizadas tecnologias visando à recuperação energética dos resíduos sólidos urbanos, desde que tenha sido comprovada sua viabilidade técnica e ambiental e com a implantação de programa de monitoramento de emissão de gases tóxicos aprovado pelo órgão ambiental.

O lodo excedente, é definido como adequado para a disposição em solo, a resolução (BRASIL, 2020) define critérios para esse fim, já que ele se enquadra nos princípios de reciclagem de resíduos perante a Lei (BRASIL, 2010).

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo desse estudo foi avaliar a eficiência do biofilme desenvolvido nas superfícies das Biomídias do tipo espuma na ETE de lodos ativados do loteamento Belle Ville, Taubaté/ São Paulo.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar a área da biomídia do tipo espuma de material do tipo pu;
- Determinar a carga orgânica que pode levar à colmatação;
- Dimensionar a ete para utilização da biomídia;
- Determinar a eficiência da ete contendo a biomídia do tipo espuma;
- Avaliar a quantidade de sólidos aderida às biomídias após período prolongado sem alimentação do sistema.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado na ETE do conjunto residencial Belle Ville em Taubaté, essa ETE faz parte do complexo de Tratamento Vale dos Cristais, em Taubaté, SP*, Latitude 23° 3'1.18"S Longitude 45°32'8.17"O,* sendo uma entre três ETEs implantadas, a Figura 18 identifica a ETE Belle Ville.

Figura 18 - Ete Belle Ville



Fonte: Tempel, H.

3.1 DADOS DO PROJETO

O estudo foi feito na ETE projetada e instalada para atender ao loteamento denominado Belle Ville, constituído de 938 lotes residenciais, o empreendimento encontra-se em fase de construção das residências, e deverá ter uma ocupação de até 3752 moradores e 600 eventuais, considerando os funcionários e visitantes. Com base nas características da ETE Marlene Miranda, que está em operação na mesma região, e com volume populacional semelhante ao Belle Ville, estima-se a geração de efluentes com características sanitárias onde, para esse caso, com uma $DBO_{5,20}$ próxima de 240 mg/L, e a produção de esgotos tratadas da ordem de aproximadamente 750 m^3/dia, conforme Tabela 3.

Tabela 3: Dados de estimativa para parâmetros de Projeto da ETE

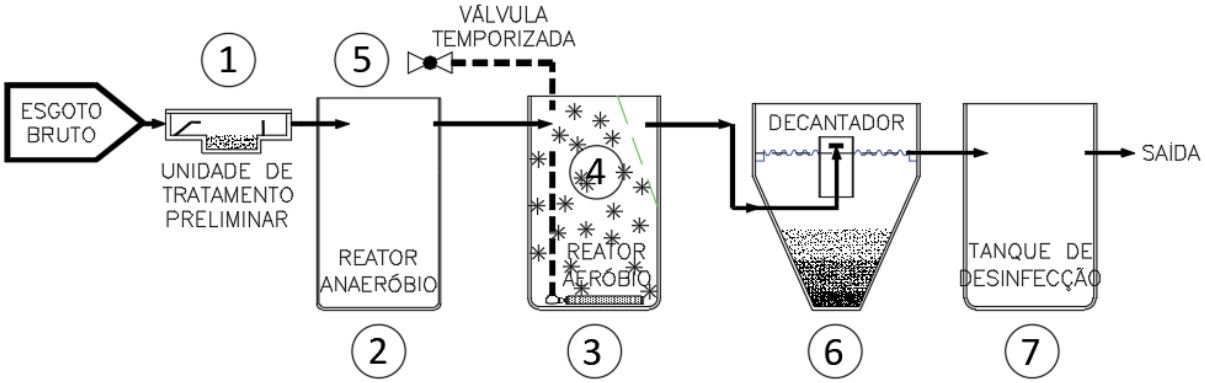
Belle Ville WH 750/240 938 LOTES		
• Consumo de vazão de água por habitante	180	l/dia
• Contribuição de vazão de esgoto por pop flutuante	70	l/dia
• Contribuição de vazão de esgoto por infiltração	0,15	l/s*km
•Coeficiente de retorno	0,80	
• Contribuição de matéria orgânica (DBO) por habitante	45,0	g/dia
• Contribuição de matéria orgânica (DBO) por pop flutuante	15,0	g/dia
• Valor adotado N/hab.dia	8,0	g/dia
• Valor adotado P/hab.dia	1,3	g/dia
• Contribuição de matéria orgânica (DBO) por infiltração	2.000,0	g/dia
Fonte		
3.752 habitantes	540,29	*m³/dia*
600 flutuantes	42,00	*m³/dia*
12.989 comp rede infiltração	168,34	*m³/dia*
TOTAL VAZÃO	**750,63**	*m³/dia*
TOTAL DBO	**750,63**	mg/L
TOTAL N	**40,0**	mg/L

Fonte: Projeto Wharton Tecnologia Ambiental

3.2 DESCRIÇÃO DE FUNCIONAMENTO DA ETE

A ETE estudada foi projetada e construída em 7 etapas básicas de tratamento, conforme fluxograma abaixo (Figura 19), onde o Layout correspondente dessas etapas na ETE Belle Ville, pode ser observada.

Figura 19 - Fluxograma Simplificado de uma ETE de Lodos Ativados.



Fonte: elaborada pelo autor.

As etapas de tratamento da ETE se iniciam pela (UTP) Unidade de Tratamento Preliminar (1) onde é feita a remoção de sólidos grosseiros por meio de grades e caixa de retenção areia.

A etapa seguinte, (2) é composta pelo reator anaeróbio, onde tem-se a seleção de organismos de melhor decantabilidade.

Posteriormente, a etapa (3), é constituída por reatores aeróbios, providos de um sistema de insuflamento submerso de ar, o qual fornece o oxigênio necessário para a remoção biológica da carga orgânica juntamente com a degradação da carga orgânica à base de carbono ocorre a remoção das cargas orgânicas nitrogenadas.

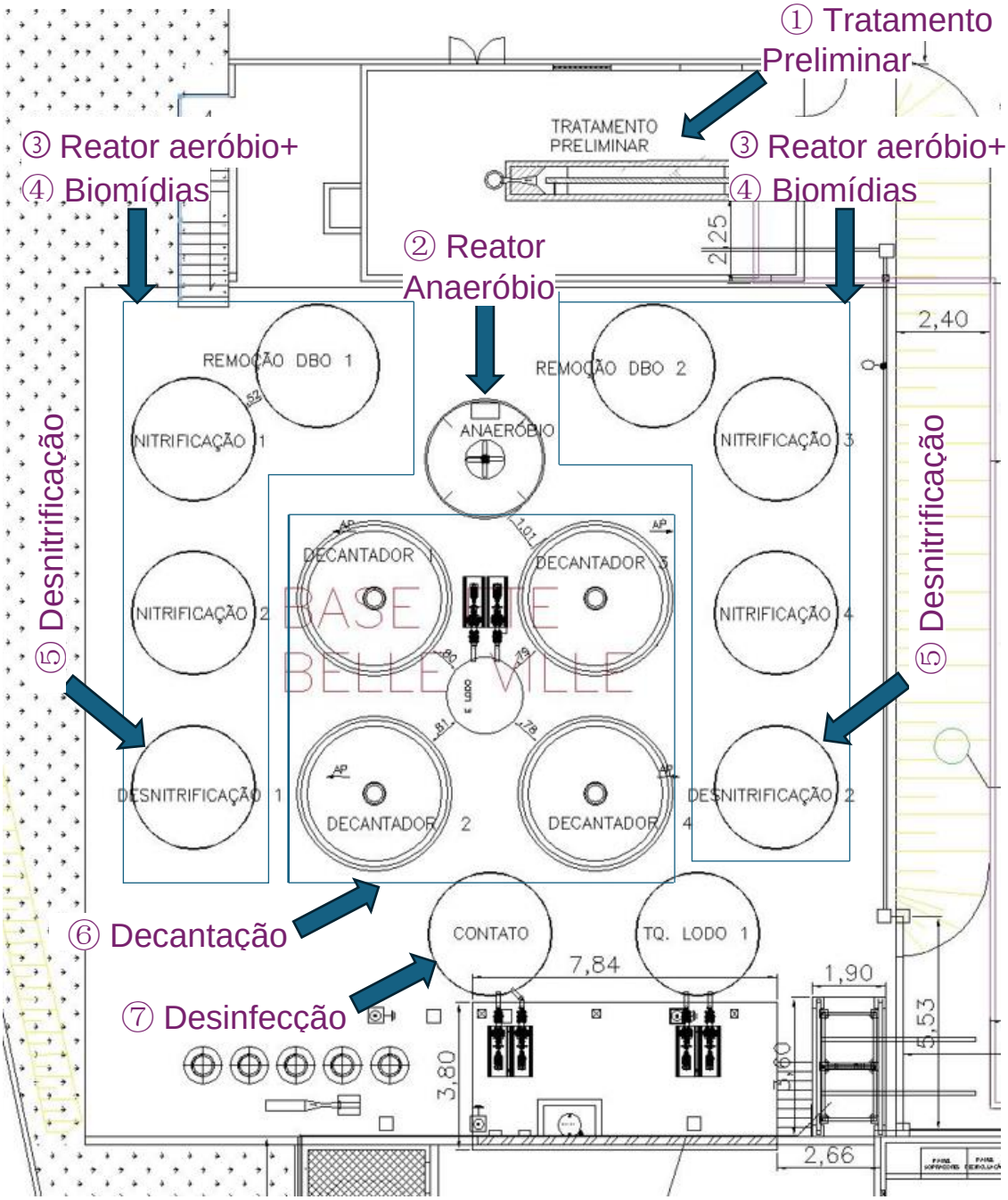
Na etapa (4) tem-se representado as Biomídias, as quais são inseridas no Reator com sistema de aeração. Por ser mantida a recirculação de lodo no sistema, a ETE fica sendo considerada pela tecnologia IFAS.

Adicionado no sistema de fornecimento de ar, tem-se válvulas temporizadas representando a etapa (5), essas válvulas atuam no fornecimento de ar de parte do sistema de aeração de forma a produzir anoxia e gerar o processo de desnitrificação, retirando-se o nitrogenio em forma de gas para a atmosfera.

Após o processo de Degradação Biológica propiciado pelas etapas 3 e 4, no decantador, na etapa (6) ocorre a separação física do lodo, da massa líquida, então, o efluente final do sistema de tratamento passa por um processo de

desinfecção na etapa (7) com o intuito de reduzir a concentração de possíveis microorganismos patogênicos, bem como oxidar parte dos sólidos solúveis presentes no efluente após o tratamento, aumentando a clarificação do mesmo.

Figura 20 - Layout das Etapas de Tratamento da Ete Belle Ville



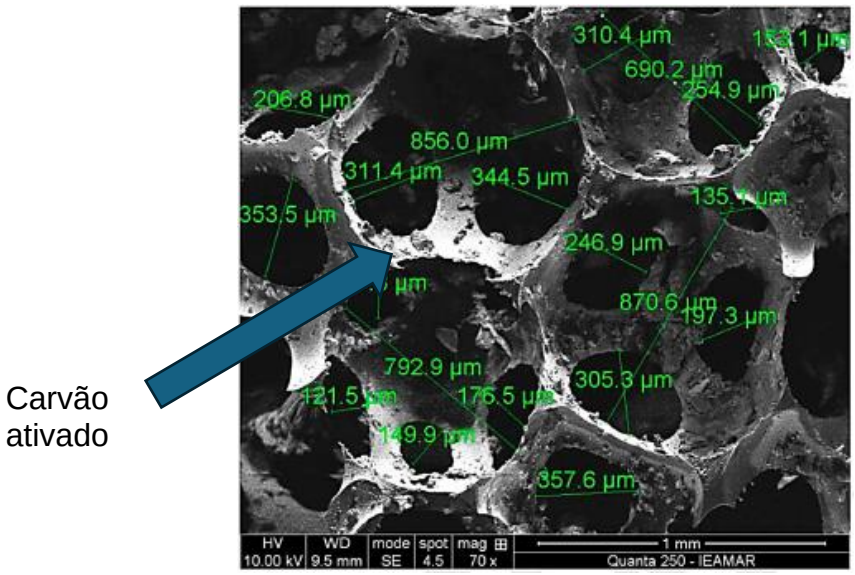
Fonte: elaborada pelo autor.

3.3 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Para a confirmação da área superficial especifica da Biomídia foram elaborados modelos matemáticos - utilizando as imagens por microscopia ótica – posteriormente comparando os resultados coletados com a ETE em funcionamento, esse processo permitiu que se confirmasse a eficiência real obtida pela ETE comparando-se com a calculada pelo fornecedor e a especificada pelo fabricante.Com base nessas informações foi possível estimar se, ao final da construção de todas as residências, a ETE atenderá a carga orgânica total aplicada com a quantidade de Biomídia implantada.

A Biomídia é enriquecida com carvão ativado (vide indicação na Figura 21), o qual possui área específica entre 600 e 1.500 m²/g (DMARFA PRODUTOS QUÍMICOS EIRELI, 2018), portanto o valor de área total da Biomídia indicado na Tabela 3, é a área do carvão ativado inserido, juntamente com a área da espuma, o qual foi calculado pelo método de Brunauer–Emmett–Teller (BET). Esse método avalia a adsorção física de moléculas de gás sobre uma superfície sólida, considerando a formação de multicamadas, ou seja, a variação da fração de cobertura da superfície em função da pressão de um gás, numa determinada temperatura (SILVA, 2021).

Figura 21 - Microfotografia da mídia de poliuretano enriquecida



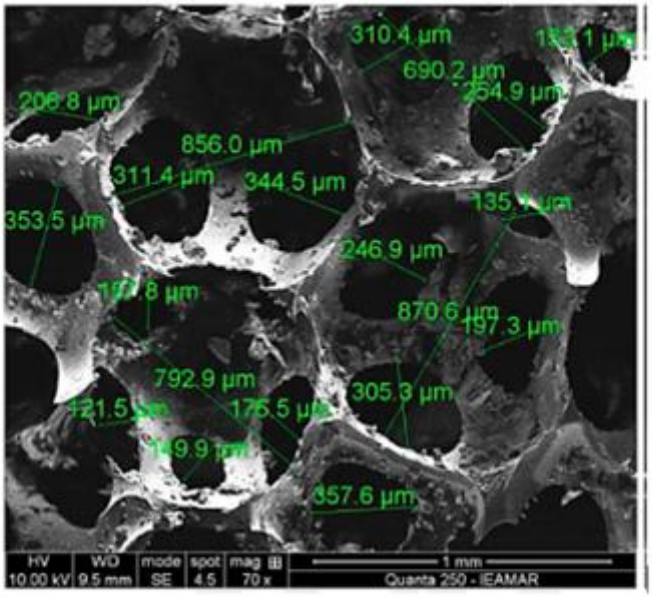
Fonte: (TEMPEL, 2019)

Apesar da adição do carvão ativado elevar a área total a 20.000 m^2/m^3, considerou-se para cálculo somente a área da espuma como referência, pois o

tamanho dos poros do carvão ativado não comporta o diâmetro das bactérias, dimensão que varia entre 200 e 2.000 nm, muito maior que os poros do carvão ativado, os quais são divididos em: macro poros, (50 nm), meso poros (entre 2 e 50 nm) e micro poros, (menores que 2 nm). (ÇEÇEN ; AKTA,S, 2011).

As considerações para determinação da superfície específica da Biomídia empregada, tiveram como fonte as especificações fornecidas pelo fabricante da Biomídia baseada nas Tabela 8 e Figura 21, dados mostrados na Figura 22, abaixo.

Figura 22 – Fontes de referência para desenvolvimento de cálculo, parte superior, referência para raio da esfera, abaixo, referência limite para área específica.



Característica	Valores	
Área da espuma	até 2.500	m^2/m^3
Porosidade	90	%
Enchimento	Entre 12 e 15	% de tanque
Peso da espuma	Entre 27 e 30	kg/m^3 seco
Peso colonizado	Entre 65 e 80	kg/m^3 de com lodo aderido
Área Total	Mais de 20.000	m^2/m^3 (método BET)

Fonte: (TEMPEL, 2019; CHRISTIAN, 2021)

3.4 DESENVOLVIMENTO DE CÁLCULO PARA DETERMINAR A EFICIENCIA DA BIOMÍDIA.

A fim de validar o volume de preenchimento dos tanques de aeração com a Biomídia, informado pelo fornecedor representante nacional, ANEXO 3, desenvolveu-se um conjunto de equações, considerando-se os dados da Figura 21, os dados da Tabela 2 e Tabela 3, que são resumidos na Tabela 4 abaixo:

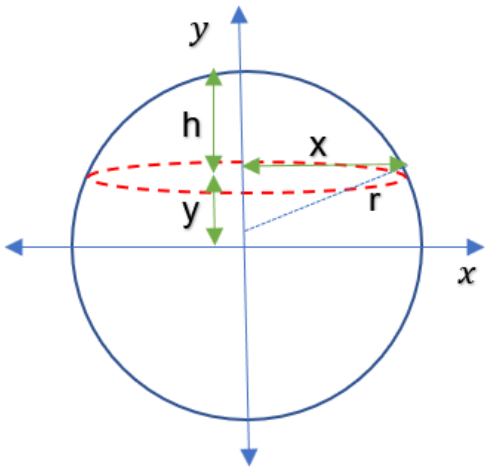
Tabela 4 **:** Resumo de informações consideradas para execução de cálculos de volume de Biomídias inseridas nos Tanques de Aeração

Belle Ville WH 750/240		
ITEM	**VALOR**	**FONTE**
Vazão	750,63 m^3/dia	*Tabela 3*
DBO	240 mg/L	*Tabela 3*
Nitrogênio	40 mg/L	*Tabela 3*
Fosforo	6,5 mg/L	*Tabela 3*
Raio médio poros espuma	400 µm	*Figura 22*
Área da espuma	Até 2.500 m^2/m^3	*Tabela 6*

3.5 DESENVOLVIMENTO DE EQUAÇÕES DO MODELO MATEMÁTICO

Tomando como base, o modelo padrão de esfera apresentado na Figura 23, tem-se como premissa ela irá representar as esferas de maiores diâmetros da imagem obtida pela microfotografia (Figura 23).

Figura 23 - Esfera padrão para desenvolvimento de modelo matemático



Fonte: elaborada pelo autor.

Da integração dos dados da Figura 23, teremos que:

$Volume\ da\ esfera\ = \frac{4}{3}\pi r^3$ Equação 1

$Área\ esfera = 4\pi r^2$ Equação 2

$Volume\ \ calota\ esferica\ = \frac{\pi h^2}{3}(3r - h)$ Equação 3

$Área\ calota\ esférica = 2\pi rh$ *Equação 4*

Sendo:

r= raio da esfera m

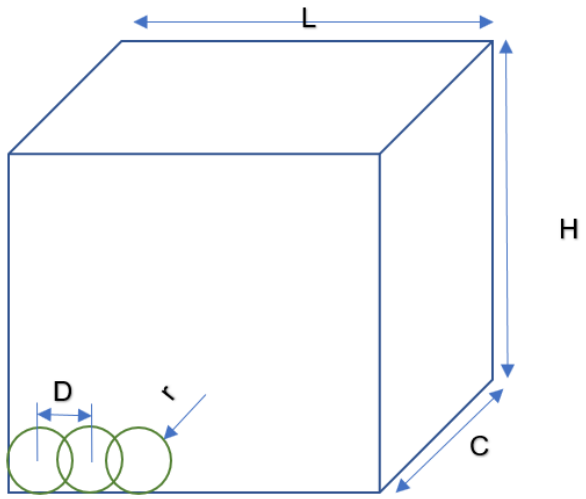
h= altura da calota esférica m

X= coordenada referente ao eixo x no raio de integração m

Y= coordenada referente ao eixo y no raio de integração m

Para um volume hipotético, considerando-se que as esferas da Figura 23 sejam divididas de forma uniforme nos três eixos cartesianos, x, y e z, representados pelos lados do volume de referência, teremos um bloco tridimensional (Figura 24):

Figura 24 - Volume para referência de equações



Fonte: elaborada pelo autor.

A quantidade de esferas dentro do volume considerado será dada por:

$$N_{esf} = \frac{C}{D} * \frac{L}{D} * \frac{H}{D} \qquad \text{Equação 5}$$

Nessa equação, dividimos cada lado do volume de referência pelo valor da distância D, encontrando assim o total de esferas contida nesse volume.

A distância de metade da intersecção entre as esferas será a medida h da Figura 23.

Onde teremos:

$$h = \frac{(2r-D)}{2} \quad \text{m} \qquad \text{Equação 6}$$

Essa equação é necessária para definir as áreas coincidentes estre as esferas. Para cada esfera, foram consideradas 6 intersecções, sendo assim, teremos a área ocupada pelo total de esferas descritas pela equação abaixo.

$$\text{A esferas} = N_{esf}(\text{Área esfera} - 6 * \text{Área calota esférica}) \qquad \text{Equação 7}$$

Aplicando a equação 7 nas equações 2 e 4 temos:

A esferas = $N_{esf}(4\pi r^2 - 12\pi rh)$ m^2 Equação 8

O volume excedente no prisma será:

$V = CHL - N_{esferas}\left(\frac{4}{3}\pi r^3 - 2\pi h^2(3r - h)\right)$ m^3 Equação 9

Sendo:

V = Volume possível de ser ocupado dentro da espuma m^3

Figura 25 – Volume "V" disponível para formação de biofilme causado pela intersecção entre as esferas.



Fonte: elaborada pelo autor.

C= comprimento do volume de referência m

L= largura do volume de referência m

H= altura do volume de referência m

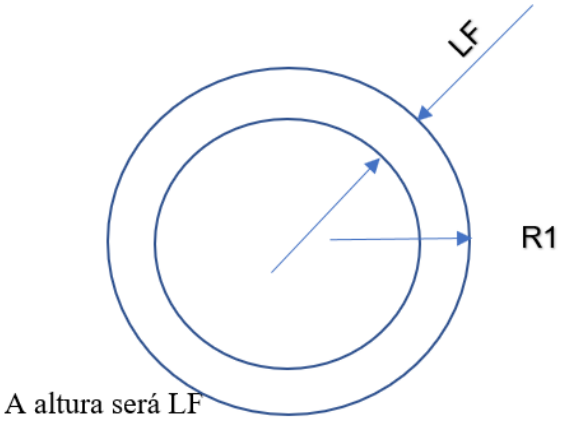
r= raio da esfera m

D= distância entre centros das esferas m

N_{esf}= número de Esferas

Com o crescimento do biofilme aderido à superfície da Biomídia, a área de crescimento disponível tenderá a ficar menor, com base nisso, pode-se pressupor que a esfera hipotética (Figura 26), receberá uma camada LF em toda superfície interna, como segue:

Figura 26 - Base para referência da Espessura Biofilme



Fonte: elaborada pelo autor.

$$A1 = \frac{2.400}{N_{esf}} \qquad m^2 \qquad \text{Equação 10}$$

Considerando-se um corte transversal na esfera (Figura 19), a espessura do biofilme será limitada até o Limite de R1 onde:

$$R1 = \sqrt[2]{\frac{A1}{\pi}} \qquad \text{Equação 11}$$

$$V1 = N_{esf}\frac{4}{3}\pi R1^3 \qquad \text{Equação 12}$$

A1 = Área de 1 esfera m^2

V1 = Volume formado pelas esferas contidas no volume de controle da Figura 25 m^3

R1= Raio Limite da espessura do Biofilme m

A resolução das equações acima pode ser conferida na planilha do Excel do ANEXO 4, com a aplicação da função Solver.

Os dados iniciais são inseridos nas células em amarelo, sendo estes: L (largura do volume de referência), H (altura do volume de referência), r (raio da esfera) e área requerida (área a ser alcançada). O Solver encontrará a distância D, dos centros das esferas.

3.6 OBTENÇÃO DOS DADOS DE VAZÃO

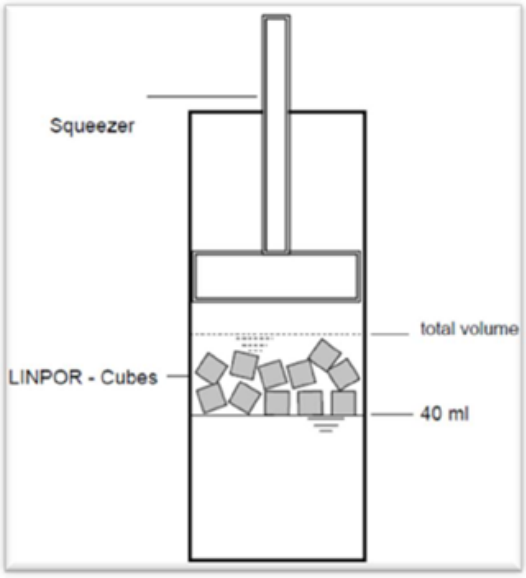
Um parâmetro imprescindível para o dimensionamento e controle operacional de uma ETE é a vazão, os dados foram obtidos do medidor instalado tipo calha Parshall, no tratamento preliminar, os dados do equipamento são encontrados no certificado de calibração (ANEXO 2).

3.7 OBTENÇÃO DO VALOR DOS SÓLIDOS FIXOS NA BIOMÍDIA

O método utilizado por *(KAMYAR, 2020)* será seguido para a obtenção dos sólidos Suspensos Totais da Biomídia tendo sua descrição abaixo:

O lodo de 10 biomidias é extraido pressionando as espumas várias vezes com um pilão, adicionados um volume em torno de 200 mL de água a cada lavagem. (Figura 27)

Figura 27 - Ilustração do procedimento da determinação de sólidos.



Fonte: *(KAMYAR, 2020)*

Repete-se o processo até que a água de enxague esteja limpa (normalmente entre 4 - 5 vezes) e anota-se o volume total usado para enxágue.

As 10 Biomídias após lavagem, são medidas em comprimento, largura e altura, para obtenção do volume ocupado pelas mesmas.

Um filtro (filtro plissado com tamanho do poro de 0,45 µm e 47 mm de diâmetro) é seco em estufa a 104°C por 45 minutos e a membrana é posta em balança, onde anota-se o valor encontrado da membrana seca.

Do lodo que foi extraido das espumas pelos enxagues, é separada uma porção de 1/50 do volume total. Esse volume é filtrado a vácuo, e após filtração e secagem em estufa a 104°C por 45 minutos a membrana é posta novamente em balança.

A diferença entre o valor das pesagens da membrana com e sem lodo é multiplicado por 50, que é a relação do volume que foi adicionado para secagem sobre o volume total da lavagem, obtendo-se assim, o valor da massa aderida em 10 Biomidias.

A matéria sólida é determinada em Sólidos Suspensos Totais na mídia ($SSTMídia$) em g/L é calculado como segue:

$$SSTMídia = \frac{\neq Massa\ das\ pesagens}{Volume\ 10\ \ Biomídias}$$

4 RESULTADOS

4.0.1 OBTENÇÃO DE DADOS DE DESEMPENHO

O volume de Biomídia que foi adicionado aos reatores, está demonstrado na Tabela 5, A Conferência de Biomídia fornecida pelo revendedor, e adicionada aos tanques, foi realizada na data de 14 de abril de 2022, onde as características típicas da Biomídia são mostradas na tabela 6.

Tabela 5: Distribuição de Biomídias estre os tanques.

Reator	Massa	Volume
Tanque 2 e 6	59,05 kg	0,9 m^3
Tanque 3 e 7	38,72 kg	0,59 m^3
Tanque 4 e 8	24,3 kg	0,37 m^3
Tanque 5 e 9	26,26 kg	0,4 m^3
Total	296,7 kg	4,51 m^3

Tabela 6: Dados Biomídia Conforme Fabricante.

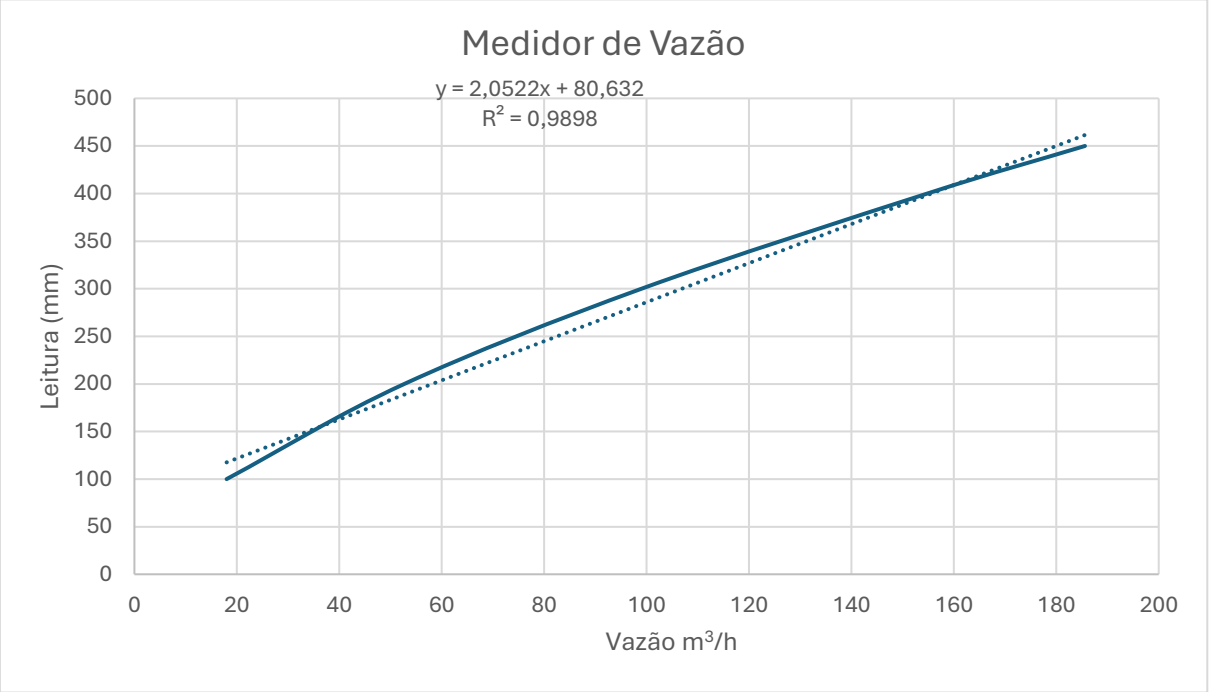
Característica	Valores	
Área da espuma	até 2.500	m^2/m^3
Porosidade	90	%
Enchimento	Entre 12 e 15	% de tanque
Peso da espuma	Entre 27 e 30	kg/m^3 seco
Peso colonizado	Entre 65 e 80	kg/m^3 de com lodo aderido
Área Total	Mais de 20.000	m^2/m^3 (método BET)

Fonte: (CHRISTIAN, 2021)

A vazão foi obtida pela leitura do medidor de vazão instalado no tratamento preliminar, onde, fazendo-se o cálculo do coeficiente de determinação (R^2), a partir dos dados do ANEXO 2, gerou-se o gráfico abaixo (Figura 28), obtendo-se o valor de 0,9898, o que indica que a curva analítica é representativa da leitura do aparelho e é confiável sua utilização como parâmetro de análise. Esse medidor, possui um erro de leitura entre - 0,16% e + 0,38%, representando a variação total de erro de 0,54%.

O perfil de vazão da ETE a partir do inicio de funcionamento é observado na Tabela 7, sendo destacada a vazão do mês 08/2022 (Figura 29) e os dados de DBO de entrada e saída da ETE (Tabela 8) , que foi o mês da avaliação da quantidade de sólidos na ETE.

Figura 28 - Curva analítica Medidor de vazão

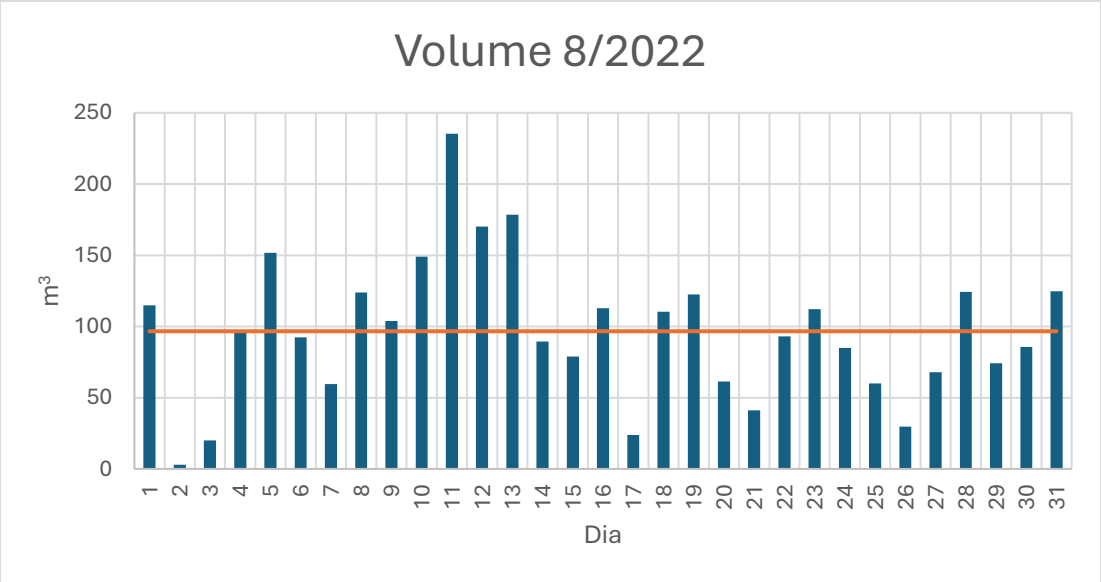


Fonte: elaborada pelo autor.

Tabela 7: Dados de Vazões Mensais na Entrada da ETE

Perfil de vazão												
Ano	2022									2023		
Mês	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
Média m^3/d	149,9	419,5	255,5	243,9	96,65	112,8	82,36	81,42	67,57	28,21	24,8	28

Figura 29 - Perfil de vazão mês 8/2022



Fonte: elaborada pelo autor.

Tabela 8: Análises de Carga de Entrada e Saída ETE Belle Ville

Dados de Eficiência da ETE					
Data	Entrada		Saída		
	DBO_{5-20} (mg/L)	DQO (mg/L)	DBO_{5-20} (mg/L)	DQO (mg/L)	Eficiência %
29/6/22	125	152	13	66	89,6
4/8/22	169		34		79,9
30/9/22	84		14		83,3

Fonte: SABESP

A Tabela 9, apresenta os dados de quantificação referente às cargas Orgânicas em cada tanque, esses teores, foram coletados do líquido disperso. Na data da coleta, em 27/09/2023 a ETE encontrava-se sem alimentação e o funcionamento das bombas de recirculação e insufladores mantiveram-se normais. O período anterior a essa coleta sem alimentação de acordo com o operador da ETE, foi superior a 40 dias.

Tabela 9: Quantificação de Demanda Química de Oxigênio (DQO), Nitrogênio; Nitrato e Amônia nos tanques da ETE.

Local da Coleta	Hora da Coleta	DQO (mg/L)	Nitrogênio (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Amônia (mg/L)
Entrada	9:45	<1	10	40	10
Tanque2	12:45	350	30	120	30
Tanque6	10:00	424	40	160	40
Tanque3	13:30	700	40	170	50
Tanque7	11:30	793	100	450	120
Tanque4	14:15	153	60	260	70
Tanque8	10:45	145	10	60	20
Tanque5	15:00	<1	110	490	130
Tanque9	12:15	<1	0	0	0
Saída Decantador	15:15	<1	0	10	0

4.0.2 ÁREA DA BIOMÍDIA DO TIPO ESPUMA DE MATERIAL DO TIPO PU.

Com a aplicação das equações de 1 a 9 e um raio de 400 μm (diâmetro médio das esferas da Figura 20 = 800 μm), para se alcançar uma área disponível de 2.400 m^2/m^3 a distância entre centros D, será de 603 μm (resolução também para outras considerações pode ser feita via ANEXO 4).

Para efeito de cálculo, as dimensões C, L e D serão consideradas 1,0 m, fazendo assim o volume de 1,0 m^3, com isso, simplifica-se a Equação 5:

$$N_{esf} = \frac{1}{D} * \frac{1}{D} * \frac{1}{D} = \frac{1}{D^3}$$

Impondo-se que a equação 8 resulte em 2.400 m^2, valor alvo, e substituindo h pela Equação 6 ficamos com:

$$2.400 = \frac{4\pi r}{D^3}\left(r - 3\frac{(2r - D)}{2}\right)$$

Isolando-se D teremos que:

$$2.400D^3 - 6\pi rD = 8\pi r^2$$

A resolução chega ao valor de

D= 0,0006032 m

Com o valor de D, aplicado na equação 6

H= 0,000984 m

Assim, aplicando esses valores na Equação 9, teremos:

$$V = 1 - \frac{1}{D^3}\left(\frac{4}{3}\pi r^3 - 2\pi h^2(3r - h)\right)$$

Como $h = \frac{(2r-D)}{2}$ a equação 9 resume-se a

$$V = 1 - \frac{\pi}{D^3}\left(\frac{4}{3}r^3 - h^2(\mathrm{D} - 4\mathrm{r})\right)$$

Onde encontra-se:

V=0,9161 m^3

Com o valor de D, aplicado na equação 5 encontra-se o número total de esferas por m³:

$N_{esf=}$4.556.538.921 unidades

Da equação 10, 11 e 12 obtém-se:

A1=0,000000527 m^2

R1=0,000409 m

V1=1,3102 m^3

Onde V é o volume interno disponível para geração de biofilme para cada m^3 de espuma, e V1 o volume ocupado pelas esferas desconsiderando-se a interconexão entre elas.

Como todas as esferas estão contidas dentro do volume estudado, faz-se a relação entre o Volume V e o volume V1.

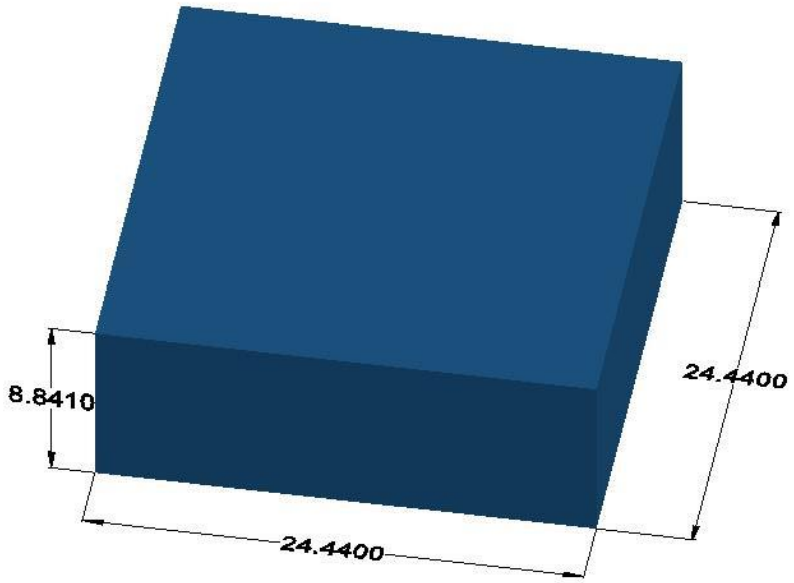
$$\frac{V}{\mathrm{V1}} = \frac{0{,}9161\ \mathrm{m3}}{1{,}3102\ \mathrm{m3}} = 0{,}699$$

Esse fator de correção, se refere a perda de volume entre as intersecções das esferas, pois com a ocupação total do volume das esferas, o limite a ser alcançado será o valor de V,

Essa consideração se deve ao fato de que o Biofilme iniciará seu crescimento em R1 e daí aumenta em direção ao centro da esfera, tendo o limite de V1 para crescer, logo, aplicando os valores calculados e gerando-se um gráfico (Figura 26) para a área de 2.400 m^2 - contido em 1 m^3 de espuma e variando a espessura do biofilme entre 0 e R1, e aplicando-se o fator de correção $\frac{V}{\mathrm{V1}}$, observa-se que quando a espessura do biofilme chegar ao valor de R1, o volume ocupado pelo Biofilme será o mesmo volume disponível em V.

Simulando os dados calculados com os resultados das equações desenvolvidas nos Estudos da Biomídia, utilizando o Software AutoCad, temos a possibilidade de obter a massa e a área do objeto criado, para confirmar essa afirmação, foi feita uma primeira simulação conforme a Figura 30.

Figura 30 - Prisma base para confirmação de Volume no AutoCad



Fonte: elaborada pelo autor.

Gerando um prisma com valores próximos das medidas das Biomídias objetos de estudo, levando em conta o máximo de itens suportados pelo programa e a quantidade de memória do computador, utilizado na simulação temos que, aplicando o comando “Volume” na Figura 30, gera a seguinte saída de dados:

---------- SÓLIDOS ----------

Caixa Delimitadora X: 35.3245 -- 35.3489

Y: -4.9244 -- -4.9155

Z: -0.0323 -- -0.0079

Disso observa-se que o sólido gerado está contido entre dimensões dos eixos X, Y e Z, mostrados.

Resultando da diferença de valores em X= 0,0244; Y=0,0089 Z=0,0244

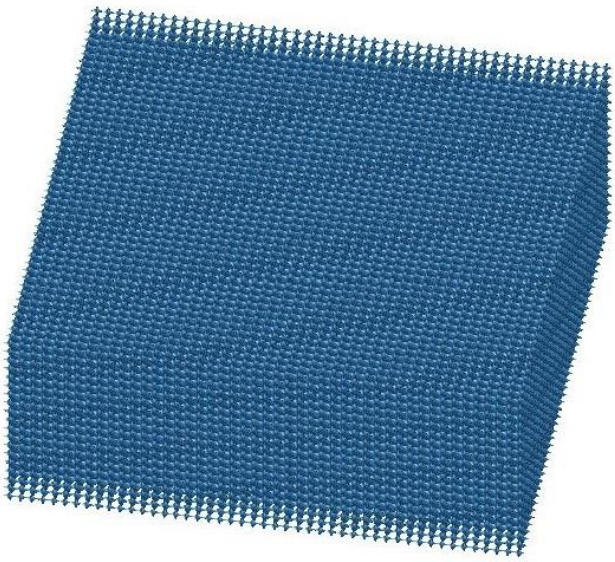
O resultado obtido fornecido pelo programa de 5,281E-6 unidades cúbicas, denominando-se dessa forma, pois a unidade pode ser adaptada conforme necessidade - podendo ser por exemplo pixels, metros, centímetros, polegadas etc.- demonstrando que o software encontrou o volume corretamente, já que esse valor é

o mesmo que a multiplicação das medidas conhecidas de (0,0244*0,0089*0,0244= 5,281x10^{-6}) unidades cúbicas.

Confirmando assim que o software é capaz de fornecer uma determinação confiável, com a aplicação desse método para conferência de assertividade do cálculo.

A metodologia aplicada foi capaz de gerar um sólido com os espaços vazios e distancias entre vazios conforme considerações anteriores, este sólido é apresentado na Figura 31.

Figura 31 - Sólido gerado com espaços vazios no interior conforme cálculo



Fonte: elaborada pelo autor.

Aplicando novamente no software AutoCad, o comando “volume”, para encontrarmos o volume do bloco, teremos:

---------- SÓLIDOS ----------

Volume: 4,66 x10^{-7}

Caixa Delimitadora X: 35.2843 -- 35.3088

Y: -4.9249 -- -4.9150

Z: -0.0341 -- -0.0096

Para a diferença entre os valores nos eixos x,y e z teremos: X=0,0245; Y=0,0099; Z= 0,0245 o volume de $5,9424x10^{-6}$ unidades cúbicas.

Então, para um prisma que ocupe um volume $5,9424x10^{-6}$ unidades cúbicas, teremos $4,66x10^{-7}$ unidades cúbicas preenchidas, ficando um índice de vazios de 92,15%.

Para o mesmo item, usando o comando “área” teremos:

Area = 0,0148 unidades quadradas,

Assim fazendo a relação entre essa área e o volume ocupado pelo prisma de $5,9424x10^{-6}$ unidades cúbicas, e considerando que essa unidade seja metro, chega-se ao valor final de **2.457 m^2/m^3**, que seria a área obtida, em metro quadrado, para cada metro cúbico de Biomídia efetivamente disponível para formação do biofilme esperado.

Para efeito de cálculo, continuaremos considerando o valor de 2.400 m^2/m^3, assim trabalharemos a favor da segurança.

4.0.3 QUANTIDADE DE MASSA DO LODO BIOLÓGICO ADERIDO NA SUPERFÍCIE DAS BIOMÍDIAS.

Com o valor da área disponivel por volume de espuma definido, pode-se então avaliar a quantidade de material aderida a essa superficie. Assim, com a coleta de 10 amostras retiradas do Tanque de aeração 2 e do tanque 6, o seguinte processo foi realizado para a obtençao da massa de lodo aderida nas biomídias nos respectivos tanques:

Após a secagem em estufa por 45 minutos, sendo as membranas para filtração utilizadas de 45 micras e 47 mm de diâmetro, a membrana 1 foi posta em

balança e encontrou-se o valor de 76,9 mg e a membrana 2 encontrou-se o valor de 76,8 mg.

Com a membrana 1 utilizou-se as amostras do tanque 2, com a membrana 2, utilizou-se as amostras do tanque 6.

Após 5 lavagens com as amostras do tanque 2, obteve-se um volume de 1080 ml.

Desse total, pegamos 21,6 ml (1/50 do volume após lavagem) e passamos por filtração.

Após a filtração e secagem, em temperatura de 104°C a pesagem resultou em 126,1 mg.

Assim, descontando-se os 76,9 mg da membrana 1 temos 49,2 mg de lodo seco,

Esse valor multiplicado por 50, que é a relação entre 1080 ml e 21,6 ml temos o valor da massa aderida em 10 Biomidias.

Para a amostra do tanque 6, após 5 lavagens, obteve-se o volume de 950 ml.

Desse total filtrou-se 19 ml.

Como resultado, o volume das 10 amostras de Biomídia dos tanques 2 e 6 foram respectivamente de de 54,25 x10^{-6} m^3 , 62,32 x10^{-6} m^3 (Tabela 10).

Tabela 10: Medidas e Volume das Biomídias dos tanques 2 e 6

Tanque 2					Tanque 6			
B(mm)	L(mm)	H(mm)	VOLUME(L)		B(mm)	L(mm)	H(mm)	VOLUME(L)
26	22	10	0,00572		27	26	10	0,00702
25	25	10	0,00625		30	25	7	0,00525
25	26	7	0,00455		25	25	10	0,00625
24	25	8	0,0048		25	25	10	0,00625
25	25	7	0,004375		25	25	10	0,00625
24	24	10	0,00576		27	25	10	0,00675
26	26	8	0,005408		25	26	10	0,0065
26	26	10	0,00676		26	26	10	0,00676
25	25	10	0,00625		21	24	10	0,00504
25	25	7	0,004375		25	25	10	0,00625
Volume total			0,054248		Volume total			0,06232

Fazendo-se a relação de 2.460 mg/0,054248 L, chega-se a 45.347 mg de lodo seco/ L de Biomídia.

Logo, com o volume de Biomídia adicionado ao tanque 2 de 0,9 m³ (Tabela 5),tem-se 40.820 g de SST aderido às Biomídias no tanque 2.

Considerando 2.400 m^2/m^3, em 0,9 m^3 de Biomídia no tanque 2 tem-se 2.160 m^2 ficamos assim com 18,89 g SST/m^2 considerando que os SSV são 70% dos SST *(SPERLING, 2012)*, ficamos com 13,22 g SSV/m^2.

Assim, seguindo o mesmo cálculo utilizado no tanque 2 para o tanque 6 e dados da Tabela 10 , após a filtração e secagem, a pesagem resultou em 127,8 mg, tem-se 2.550 mg/0,06232*L*, onde encontra-se 40918 mg de lodo seco /L de Biomídia.

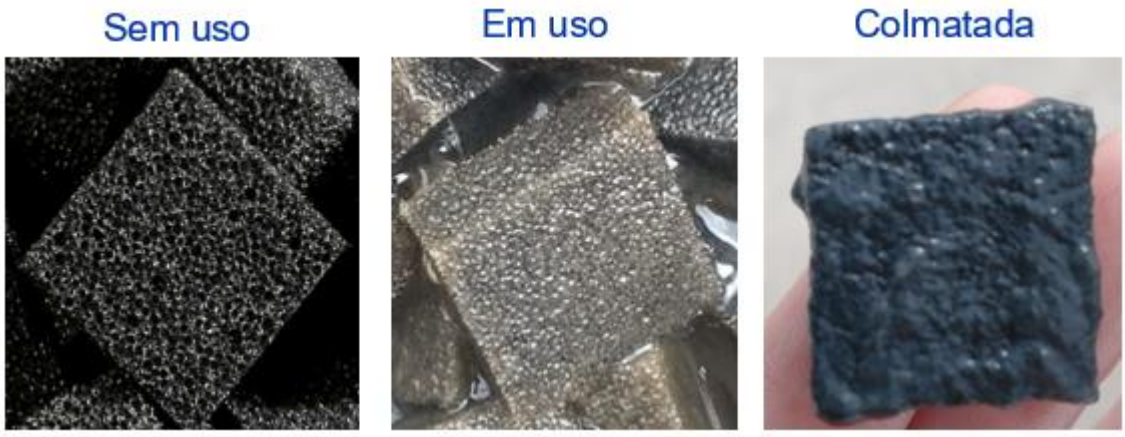
Resultando em 36.830 g de Lodo aderido às mídias no tanque 6.

Considerando 2.400 m^2/m^3, em 0,9 m^3 temos 2.160 m^2 ficamos assim com 18,89 g SST/m^2 considerando que os SSV são 70% dos SST *(SPERLING, 2012)* ficamos com 11,93 g SSV/m^2 para o tanque 6.

4.0.4 CARGA ORGÂNICA QUE PODE LEVAR À COLMATAÇÃO;

As Biomídias dos tanques de remoção de DBO (Tanques 2 e 6), na data de 09/08/2022, apresentavam excesso de Biofilme sobre os poros (Colmatação) (Figura 32 -Direita). Normalmente o biofilme não chega a ultrapassar o volume interno da Biomídia como pode ser observado na (Figura 32- Centro), ficando represado somente em seu interior.

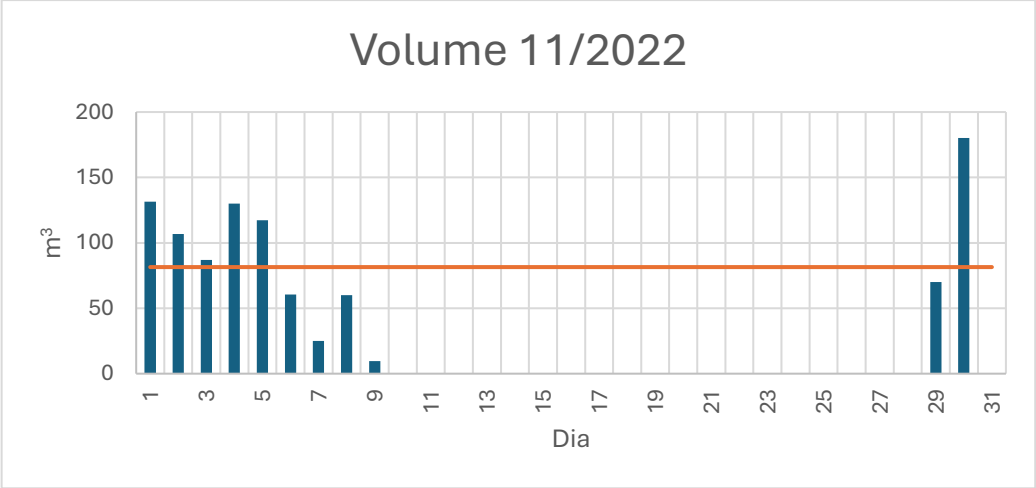
Figura 32- Comparativo entre Biomídias de espuma nova, durante uso normal e Colmatada.



Fonte: elaborada pelo autor.

Em 09/11/2022 houve o rompimento do tanque anaeróbio, nessa data a colmatação do sistema ainda era existente e após o rompimento, o sistema ficou sem entrada de efluente até o dia 28/11/2022 (Figura 33). Durante esse período, apesar do sistema ter ficado sem alimentação, seu funcionamento não foi interrompido. O insuflamento de ar foi mantido continuamente, assim, o excesso de biofilme observado no dia 09/08/2022, começou a diminuir (Figura 34).

Figura 33- Perfil de vazão de entrada após rompimento do tanque



Fonte: elaborada pelo autor.

Figura 34- Biomídia em estado normal de funcionamento após rompimento do tanque



Fonte: elaborada pelo autor.

Considerando-se os dados apresentados do mês 08/2022 tem-se que a vazão média foi de 96,65 m^3/dia e a DBO 169 mg/L, com a divisão da vazão de entrada, os tanques 2 e 6 recebiam a média de 48,33 m^3/dia. Assim, para cada tanque temos 8.167,0 g DBO. Essa carga orgânica sendo aplicada em 0,9 m^3 de Biomídias com uma área específica de 2.400 m^2/m^3, a carga orgânica de entrada de 3,861 g DBO/m^2 aplicadas às Biomídias, acabou resultando na colmatação.

4.0.5 DIMENSIONAMENTO DA ETE PARA UTILIZAÇÃO DA BIOMÍDIA

As planilhas de cálculo que geraram as Tabela12, Tabela 13 e Tabela 14 encontram-se nos ANEXOS 1.1, 1.2 e 1.3 respectivamente, para tal, essas planilhas foram concebidas considerando-se para o tratamento da parte dispersa no tanque as recomendações de (SPERLING, 1996), e referente às Biomídias com lodo aderido, seguiu-se as recomendações de (HENZE, 2008), onde em todos os casos, a transferência de oxigênio do sistema implantado, seguiu obedecendo a vazão máxima recomendada para uso contínuo dos insufladores conforme a Figura 35.

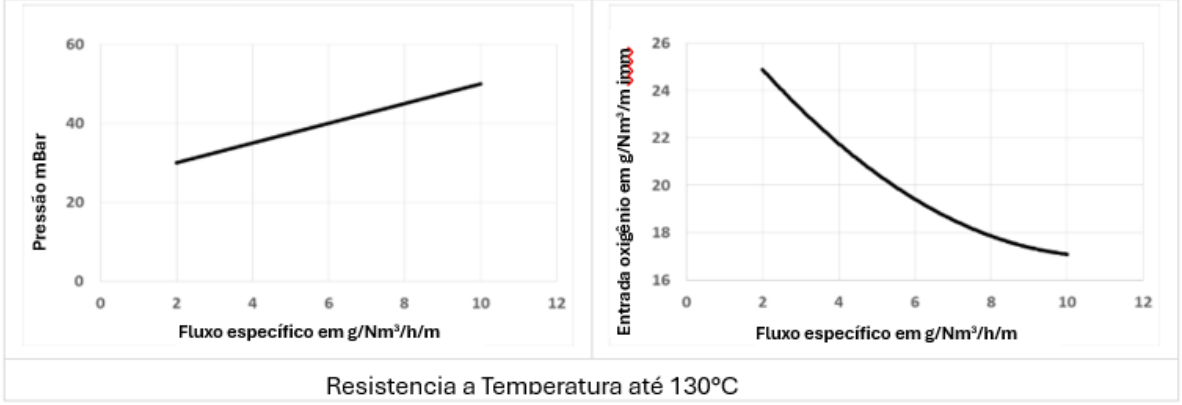
Figura 35- Datasheet Tubos Insufladores de ar

Faixa de operação (Nm3/h x m difusor		
Mínimo Recomendado	2	Contínuo
Padrão	4-6	Contínuo
Máximo (especificado)	10	Contínuo
Máximo (especificado)	12	Pontual

Maiores fluxos podem ser possíveis (sob consulta)

Informações Técnicas de EMR Aerosil:

Informações técnicas obtidas de acordo com planilha ATV M209 sob condições padrão (água pura, profundidade = 4.0 m, aplicação 0,8 – 1,2 m difusor/m²



Resistencia a Temperatura até 130°C

Fonte: Wharton Tecnologia Ambiental representante Envicon GmbH & Co. KG

Como a quantidade de Biomídia total na ETE é de 4,51 m^3 e a vazão média de 96,65 m^3/dia o consumo de matéria orgânica é praticamente todo feito pela primeira metade da ETE (Tabela 11), ou seja, mesmo que fossem retiradas metade dos reatores, ou que não fossem inseridas Biomídias no sistema, a eficiência seria satisfatória e alcançaria a eficiência necessária indicada para lançamento em corpo d'água classe 2.

Tabela 11 -Resumo dos Resultados dos cálculos com os dados das condições atuais da ETE

Vazão Aplicada 96,66 m^3/dia - Carga entrada 160 mg/L DBO					
Reator	DBO [mg/L] Consumida	Preenchimento Biomídia %	OD [mgO2/L]	N [mg/L] Consumido	Espessura Biofilme µm
Tanque 2 e 6	152	3,8	0,8	8,8	400
Tanque 3 e 7	17	2,4	2,84	14,1	300
Tanque 4 e 8	-	1,5	7,54	27,1	10
Tanque 5 e 9	-	1,7	8,24	-	10
	100%	4,51 m^3			

Considerando-se a vazão e carga indicada nas premissas de projeto, e aplicando-se esses dados na planilha de cálculo (anexo 1.2) o biofilme chegará à espessura limite de 400 µm, a massa aderida estará superior a recomendada pela norma (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2011), que é de 12g SSV/m^2 e a carga orgânica consumida pelo sistema não será suficiente para que se alcance a eficiência desejada de remoção de matéria orgânica carbonácea (Tabela 12) para lançamento no corpo receptor.

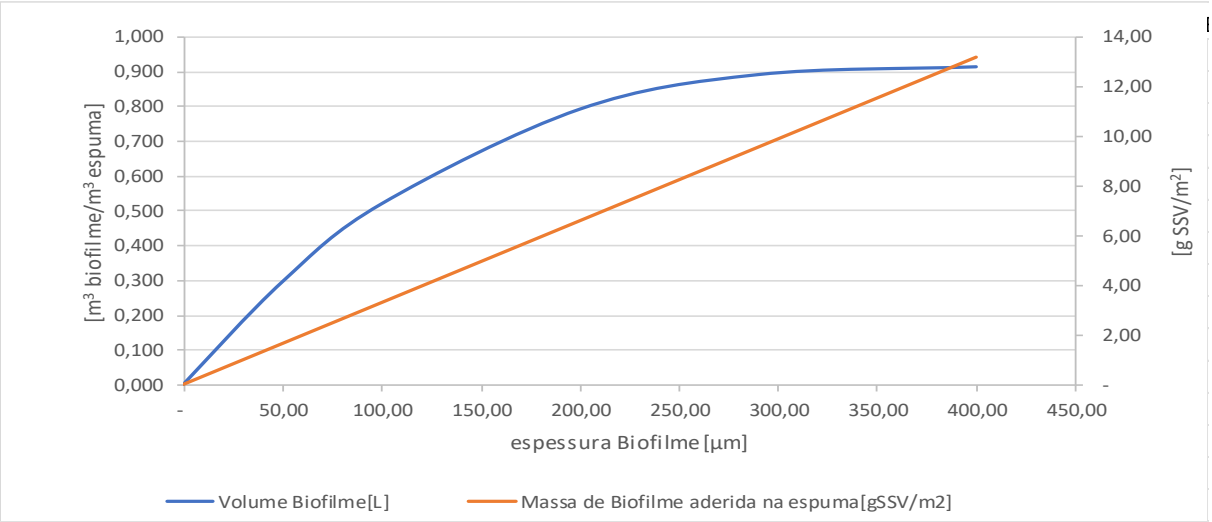
Tabela 12: Resumo dos Resultados dos cálculos com os dados das Biomídias atuais da ETE, considerando a vazão prevista em projeto.

Vazão Aplicada 750 m^3/dia /Carga entrada 240 mg/L DBO					
Reator	DBO [mg/L] Consumida	Preenchimento Biomídia %	OD [mgO2/L]	N [mg/L] Consumido	Espessura Biofilme µm
Tanque 2 e 6	61	3,8	3,11	17,8	400
Tanque 3 e 7	30	2,4	6,03	13,2	400
Tanque 4 e 8	22	1,5	6,48	11,0	400
Tanque 5 e 9	21	1,7	6,87	8,0	400
Eficiência	55,8%	4,51 m^3			

4.0.6 EFICIÊNCIA DA ETE CONTENDO A BIOMÍDIA DO TIPO ESPUMA.

Para que se alcance a eficiência de remoção de carga orgânica carbonácea, onde a quantidade de massa aderida nas Biomídias fique inferior à recomendada pela norma (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2011), que é de 12g SSV/m^2, gerou-se um gráfico no qual relaciona-se o crescimento do biofilme pelo volume ocupado e considerando-se a quantidade de sólidos encontradas nas Biomídias quando estavam colmatadas (13,22 g SSV/m^2 para 400 µm de espessura de Biofilme). O gráfico gerado nos mostra a relação entre a espessura do Biofilme e o volume ocupado, bem como a relação entre a espessura do Biofilme e quantidade de g SSV/m^2 (Figura 36).

Figura 36 - Relação espessura Biofilme x Volume ocupado



Fonte: elaborada pelo autor.

Portanto, para que se mantenha o limite de até 12 g SSV/m^2, a espessura do biofilme deve ser inferior a 363 µm, além do que, o limite de volume de ar que passa pelos insufladores, conforme indicação do fabricante (Figura 35), não pode maior que 10 Nm^3/h.m (Normal metro cúbico por hora x m de difusor). Isto é necessário para não afetar sua durabilidade, além de manter a quantidade de oxigênio dissolvido nos tanques superior ao valor de 2 mg/L de OD.

Considerando essas condições, e a quantidade de preenchimento do volume dos tanques com 11% de Biomídia, chega-se à eficiência teórica de remoção de matéria carbonácea de 96,6%, sendo essa a DBO de saída de 8 mg/L, os dados do processo são resumidos na Tabela 13.

Tabela 13: Resumo dos Resultados dos cálculos com os dados a quantidade de Biomídia que não colmataria, considerando a quantidade vazão prevista em projeto

Vazão Aplicada 750 m³/dia /Carga entrada 240 mg/L DBO					
Reator	DBO [mg/L] Consumida	Preenchimento Biomídia %	OD [mgO2/L]	N [mg/L] Consumido	Espessura Biofilme µm
Tanque 2 e 6	73	11	2,34	17,9	156,0
Tanque 3 e 7	66	11	4,49	12,5	150,0
Tanque 4 e 8	59	11	4,75	7,6	146,0
Tanque 5 e 9	34	11	3,79	10	142,0
	96,6%	21,12m³			

A partir da Figura 36, considerando a espessura de biofilme de 290 µm, (valor entre 0 e 400 µm), o volume ocupado pelo biofilme será de 0,89 m³ (Linha Azul), sendo o volume de vazio disponível da Biomídia de 0,9215 m³, sobra 0,0312 m³ ocupados por líquido, ficando então, conforme Tabela 14:

Tabela 14: Dados Biomídia x Volume Ocupado

Espuma	Biofilme	Água	Total	Espessura
26,5 kg	8,9 kg	31,2 kg	66,6 kg	290 µm
0,0785 m³	0,89 m³	0,0315 m³	1 m³	

Com esses dados, fazendo-se um cruzamento entre os dados do fabricante, observa-se que os valores calculados e apresentados na Tabela 14 encontram-se dentro do especificado. Para a porosidade informada pelo fabricante de 90% teremos para cada metro cúbico de espuma, um volume de vazio de 0,9 m3; portanto, poderemos ter entre 8,5 kg e 26,5 kg de Biofilme, sendo esses valores vindos da diferença entre os extremos da variação do peso de espuma e do peso colonizado de biofilme. Nele pode-se observar que os dados resultantes dos cálculos, e mostrados na Tabela 14, encontram-se dentro dos parâmetros indicados pelo fabricante na Tabela 5.

4.0.7 QUANTIDADE DE SÓLIDOS ADERIDA NAS BIOMÍDIAS APÓS PERÍODO PROLONGADO SEM ALIMENTAÇÃO DO SISTEMA.

A Tabela 15 é um resumo dos dados gerados no ANEXO 7, e mostra a quantidade de sólidos suspensos voláteis que estavam aderidas às Biomídias após mais de 40 dias de parada na alimentação da ETE.A média desses sólidos aderidos nas Biomídias na data da coleta estava em 4,6 g SSV/m^2, ou seja, 38,3% de 12gSSV/m^2, sendo esses valores proporcionais a carga de $DBO_{5\text{-}20}$ aplicada.

Tabela 15: Quantidade de Sólidos Suspensos Voláteis aderidos às Biomídias em cada tanque da ETE e sua relação referente aos sólidos suspensos totais.

Local da Coleta	g SSV/m^2	SSV/SST
Tanque2	5,56	0,82
Tanque6	6,69	0,63
Tanque3	4,96	0,74
Tanque7	8,34	0,59
Tanque4	2,82	0,77
Tanque8	4,77	0,63
Tanque5	1,19	0,68
Tanque9	2,16	0,86

5 DISCUSSÃO

No modelo matemático, com base geométrica, foi considerado um espaçamento entre vazios D (distância entre os centros das esferas), para se alcançar uma área de 2.400 m^2/m^3, entretanto, o valor a que se chegou - via simulação no software AutoCad - foi de 2.457 m^2/m^3, obtendo-se uma diferença de 2,31% entre o simulado e o calculado pelo modelo matemático, entretanto esses valores corroboram com os dados informados pelo fabricante (Tabela 7) (CHRISTIAN, 2024b).

Essa diferença ocorreu devido todas as esferas estarem, nas considerações de cálculo, contidas dentro do volume de controle, subtraindo os volumes das interferências. Por outro lado, na simulação do modelo matemático, usando o programa AutoCad, foi levado em consideração não apenas as áreas internas das esferas, e suas interferências, mas também as áreas das faces externas do volume de controle. Ou seja, no processo de fabricação são feitos cortes, para se obter a dimensão especificada pelo fabricante em cada unidade de Biomídia, o que produz seis novas faces, ou superfícies, que não são consideradas no cálculo das áreas internas quando calculada como um bloco (CHRISTIAN, 2024a). Essa diferença de 2,31% surge do bloco de estudo simulado pelo computador, que é muitas vezes menor do que 1,0 metro cúbico e foi expandida para esse volume, assim o erro na peça unitária terá sua proporção reduzida tanto quanto a peça for reduzida referente ao metro cúbico, sendo o erro cada vez menor quando a simulação se aproximar de 1,0 metro cúbico de referência calculado.

Com a aplicação das equações desenvolvidas, e considerando a espessura do biofilme num ponto anterior - sendo que essa espessura está limitada pelo volume disponível da esfera (Figura 25), observa-se que o valor de massa calculado (Tabela 8) se encontra dentro da faixa indicada pelo fabricante da Biomídia (Tabela 5). Por ser fabricada de Poliuretano Hidrofílico, (HPU), a Biomídia demostrou possuir boa afinidade à formação de Biofilme observada na Figura 23 (CHRISTIAN, 2024b).

Quando a Biomídia estava visivelmente saturada (Figura 23), a massa dos SSV aderidos se encontravam em 13,22 g $SSV/m^{2,}$ assim, como a eficiência da ETE, na remoção da matéria orgânica, é limitada por essa quantidade de biofilme aderido,

somado à biomassa dispersa no reator, e essa quantidade de lodo biológicos ativo estava acima, porém, próxima do valor máximo de 12 g SSV/m^2, recomendado pela norma NBR-13969, (1997). Isto significa que o limite entre uma Biomídia saturada e em condições recomendadas varia em torno de 10% da massa dos SSV em g/m².

Neste estudo pode-se observar que a quantidade de biofilme formado, sobre a Biomídia adicionada, teve um crescimento para as condições do regime de operação, ou seja, alcançando o limite em que a expansão do biofilme é quase nula - na faixa entre 300 μm e 400 μm de espessura (Figura 26), sugerindo que as condições de crescimento estão próximo do limite permitido pelo espaçamento restante interno da Biomídia. Observa-se que no memorial do Fornecedor (ANEXO 3), é considerado que o biofilme esteja dentro do limite recomendado de 12 g SSV/m^2 o mesmo da norma NBR-12209, (2011).

A metodologia aplicada para a determinação da área superficial - para formação do biofilme - aplicando o resultado das equações na geração do sólido no software AutoCad - valida que esse processo pode ser usado para o cálculo da área superficial de uma espuma qualquer, ou seja, para uma estrutura similar usada como Biomídia.

O crescimento do biofilme, segundo a cinética de Michaelis-Menten, ocorre em função da entrada de matéria orgânica (DBO_{5-20}) no sistema, dado em g/m³.dia, e é representado por uma curva de crescimento, tendendo a um ponto de estabilização, dependente do substrato limitante (g/m³) (SPERLING, 1996), sendo assim, quanto maior for a carga de DBO de entrada, maior será o crescimento do biofilme. O mesmo ocorre no caminho contrário: com a diminuição da alimentação da DBO de entrada, menor será o crescimento do Biofilme. Esse efeito pôde ser observado, quando ocorreu o rompimento do tanque. Com a parada na alimentação do sistema, pelo período de 18 dias, as mídias que estavam saturadas (Figura 23), não apresentaram mais a colmatação aparente anterior (Figura 24). Isso deveu-se ao fato de que, com a interrupção na alimentação da DBO do sistema, a velocidade de crescimento do biofilme diminuiu, e como os tanques foram mantidos com insuflamento de ar, o lodo biológico aderido continuou com o processo de degradação da matéria orgânica disponível, ou seja, do próprio lodo biológico – esse efeito é denominado metabolismo

endógeno – e ele ocorre concomitante ao desprendimento das Biomídias (METCALF ; EDDY, 2016; SPERLING, 2012). A média de vazão de esgoto de entrada, até o quarto mês após a partida, foi de 267,2 m²/dia, ou seja, 35,6% dos 750 m^3/dia que seria a vazão máxima de projeto. O pico ocorrido no segundo mês foi de 419,5 m^3/dia ou 56% da vazão total projetada (Tabela 5). Para a degradação dessa carga orgânica de DBO, o projeto da ETE, aprovada pela concessionária de água e esgoto da cidade (ANEXO 5), especificou dois modelos de Biomídia: uma com área específica de 604 m^2/m^3 – e que fosse adicionada em todos os tanques, ou reatores aeróbios, com as seguintes frações de preenchimento: Tanques 2 e 6, 50%, Tanques 3 e 7, 30%, Tanques 4 e 8, 18% e Tanques 5 e 9 com 25%, ou seja, 56,19 m^3 no total de Biomídia que deveria ser adicionada. Já o segundo modelo, contendo 20.000 m²/m³, uma Biomídia de tecnologia mais moderna, seria necessário adicionar somente 12,28 m³ nos 8 tanques de aeração (ANEXO 6).

O Memorial de cálculo do revendedor nacional da Biomídia (ANEXO 3), informou que 5,8 m^3 seriam suficientes, para atingir a eficiência da ETE. No memorial de cálculo foi adotado uma área específica de 14.000 m^2/m^3, sendo que, conforme demostrado anteriormente, 2.400 m^2/m^3 é relativo à área da espuma e os 11.600 m^2/m^3 restantes são da área superficial da Biomídia pelo carvão ativado., diferente inclusive da especificação do fabricante que é de 20.000 m^2/m^3. (CHRISTIAN, 2024a).

A função do carvão ativado, segundo o fabricante, é auxiliar na proteção do biofilme pela adsorção de compostos tóxicos ou recalcitrantes, que possam prejudicar sua fixação, ou adaptação inicial, e seja mais rápida do que em Biomídias similares. (CHRISTIAN, 2024a).

Considerando-se que os poros do carvão ativado possuem dimensões que variam de 5 nm a menores que 2 nm. (ÇEÇEN ; AKTA,S, 2011), e que o tamanho de uma única bactéria é próximo de 2µm, (DUTTA, *et al.*, 2024) observa-se uma incompatibilidade de dimensões que permita a formação de uma camada significativa de biofilme sobre a superfície interna dos grãos de carvão ativado adicionado à espuma da Biomídia.

A variação da espessura do biofilme apresentada na Figura 32, ocorreu devido ao crescimento da comunidade Bacteriana que é diretamente proporcional a quantidade de carga orgânica de entrada (DBO_{5-20}), porém, quando a carga diminui, o crescimento biofilme também diminui. Paralelamente a isso, ocorre o efeito de desprendimento de sólidos, ou seja, dos grânulos de lodo, decorrente da manutenção da aeração que mantém a espessura do biofilme autorregulada (HENZE, 2008). A relação crescimento/desprendimento, faz com que a espessura do biofilme das camadas mais exteriores se mantenha constante, efeito percebido na imagem da Figura 34.

A Biomídia possui a propriedade de manter a biomassa no interior dos reatores na forma aderida, mesmo com a alimentação da ETE sendo suspensa por mais de 40 dias, essa propriedade é excelente para ETEs com funcionamento sazonais, como cidades litorâneas e ou turísticas.

Novos estudos serão necessários para confirmar essas possíveis interferências na formação do biofilme e, com isso, poder se estimar o real aumento na eficiência das ETEs.

6 CONCLUSÕES

O uso de espuma PU como Biomídia se demonstrou satisfatório, desde que se calcule corretamente a quantidade de biofilme que possa ser aderido em toda superfície da Biomídia escolhida. A literatura indica que deva ser considerada a área superficial específica (m^2/m^3) da Biomídia, na formação do biofilme, para dimensionamento de projetos - podendo ser substituída, em alguns casos, pela massa total ocupada pelo biofilme na Biomídia, aplicada no volume do tanque de aeração (kg/m^3 de tanque). No Brasil, há normatização que indica limitação de massa por área, assim, fez-se necessário o desenvolvimento de uma metodologia para estimar a área específica da Biomídia.

Apesar do projeto aprovado ter referência sobre o volume de Biomídia a ser aplicada, o volume de Biomídia adicionado a ETE foi inferior à essa especificação. Para a vazão de 96,65 m^3/dia, as Biomídias apresentaram colmatação, mas ainda assim a eficiência encontrou-se dentro do permitido pela legislação vigente, onde, após falha na alimentação do sistema, a colmatação apresentada regrediu.

Considerando-se somente a área superficial da espuma, como a parte da Biomídia disponível para o crescimento do biofilme, o volume necessário para atendimento ao final de plano, apresenta-se similar à indicação do fabricante, ou seja, de 21,12 m³ no total, que representa 11% de preenchimento dos tanques. Entretanto, o volume de Biomídia implantada foi de 4,51 m³ e deverá impactar negativamente na eficiência da ETE ao final de plano, com carga e vazão máximas estimadas em projeto.

REFERÊNCIAS

AGENCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Atlas Esgotos**: Atualização da base de Dados de Estações de tratamento de Esgotos do Brasil. Brasília: ANA, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 12209**: elaboração de projetos hidráulico-sanitários de estações de tratamento de esgotos sanitários. Rio de Janeiro: ABNT, 2011. 53 p.

BRASIL. **Lei nº 12.305 de 2 de agosto de 2010.** Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília,DF: Presidencia da República, 2010. Disponivel em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 23 abr. 24.

BRASIL. **Panorama do Saneamento Básico no Brasil 2021**. Brasília: SNIS, Secretaria Nacional de Saneamento, 2021. 206 p. Disponivel em: https://www.capacidades.gov.br/wp-content/uploads/2024/03/Panorama-do-Saneamento-Basico-no-Brasil-2021.pdf. Acesso em: 12 abr. 2023.

BRASIL, Conselho N. D. M. A. RESOLUÇÃO CONAMA nº 430: de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005. **Diário Oficial da União**: seção 1 Brasília,DF , p89, maio 2011. Disponível em: <https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=627>. Acesso em: 12 abr. 2023.

BRASIL, Conselho Nacional do Meio Ambiente. RESOLUÇÃO CONAMA nº 274: de 29 de novembro de 2000. Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras. **Diário Oficial da União**: seção 1 Brasília,DF , n.18, p.70-71, jan. 2001. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/programa-projetos-acoes-obras-atividades/agendaambientalurbana/combate-ao-lixo-no-mar/aplicativos/praia-limpa/legislacao>. Acesso em: 10 nov. 2023.

BRASIL, Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA n°357. Classificação de águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional. **Diário Oficial da União**: seção 1 Brasília,DF , p.58-63, mar. 2005. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfcda_altrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2023.

BRASIL, Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução do CONAMA Nº 498: DE 19 DE AGOSTO DE 2020. Define critérios e procedimentos para produção e aplicação de biossólido em solos, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília,DF Seção 1, p. 265 - 269., 19 Agosto 2020. Disponível em: <https://conama.mma.gov.br/index.php?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=797>. Acesso em: 4 dez. 2023.

ÇEÇEN, Ferhan ; AKTA,S, O¨zgu¨r. **Activated Carbon for Water and Wastewater Treatment:** Integration of Adsorption and Biological Treatment. Germany: WILEY-VCH, 2011.

CHRISTIAN, Amit. **An Ideal MBBR and IFAS Media for biological wastewater treatment**. Gujarat: LEVAPOR INDIA PVT. LTD, 2021. Disponivel em: https://levapor.com/wp-content/uploads/2021/12/Levapor-MBBR-IFAS-media-specification.pdf. Acesso em: 12 abr. 2023.

CHRISTIAN, Amit. **Levapor.com**: An ideal MBBR/-IFAS carrier. Germany: LEVAPOR, 2024a. Disponivel em: https://levapor.com/levapor-an-ideal-mbbr-ifas-carrier/#Reticulated_PU_Foam_with_high_inner_porosity_and_high_surface_area. Acesso em: 23 abr. 2024.

CHRISTIAN, Amit. **Levapor.com**: Impregnation with Activated carbon and surface active pigments. Germany:LEVAPOR, 2024b. Disponivel em: https://levapor.com/levapor-an-ideal-mbbr-ifas-carrier/#Impregnation_with_Activated_carbon_and_surface_active_pigments. Acesso em: 23 abr. 2024.

DAVIS, Mackenzie L.; MASTEN, Susan J. **Princípios de engenharia ambiental**. Porto Alegre: Grupo A, 2016. Disponivel em: https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788580555912/. Acesso em: 03 maio 2023.

DMARFA PRODUTOS QUÍMICOS EIRELI. **Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico.** São Paulo: D MARFA, 2018. Disponivel em: https://www.dmarfa.com.br/wp-content/uploads/carvao-ativado-fispq-092.pdf. Acesso em: 21 abr. 2024.

DUTTA, Deepanjalee et al. Alumina Ceramic Textiles as Novel Bacteria-Capturing Wound Dressings. **Advanced Materials Interface**, v.11,n.22, 12 abr. 2024. Disponível em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/admi.202400232. Acesso em: 23 abr. 24.

FEYH, LUANA. **Estudo e melhoria na estação de tratamento de esgoto vicentina**: projeto de automação de tanque flotador. 2022. Trabalho de graduação (Bacharel em Engenharia Elétrica) - Universidade do Vale do Rio dos Sinos, 2022.

GOMES DE ALMEIDA, ANDERSON. **Remoção de matéria orgânica e calibração de um modelo de remoção de amônia em uma série de lagoas de estabilização em escala real**. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2017. Disponivel em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/27245/3/2017_dis_argalmeida.pdf. Acesso em: 7 out. 2023.

HENZE, Mogens. **Biological Wastewater Treatment ,Principles, Modelling and Design**. London: IWA PUBLIHING, 2008.

JORDÃO, E.P; PESSÔA, C.A. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 6. ed. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2011.

KAMYAR, Asghari Asl. **Upgrading a conventional activated sludge system to an integrated fixed film activated sludge process using linpor®-technology**. Viena: BOKU - Universidade de Recursos Naturais e Ciências da Vida de Viena, 2020. Disponivel em: http://permalink.obvsg.at/bok/AC15690280. Acesso em: 10 nov. 2024.

KUMAR, Saroj; DUTTA, Venkatesh. Constructed wetland microcosms as sustainable technology for domestic wastewater treatment: an overview. **Environmental Science and Pollution Research**, 26, 16 mar. 2019. 11662–11673. Acesso em: 2023 maio 11.

MADAN, Sangeeta &. M. R. &. H. A. Advancement in biological wastewater treatment using hybrid moving bed biofilm reactor (MBBR): a review. **Applied Water Science**, 2022.

MENDEZ, Juan D. F. **Optimización del reactor aerobio de la planta de tratamiento de agua residual del municipio de Sesquilé, Cundinamarca, a través del sistema de membranas MUTAG BIOCHIP como caso de estudio.** 2022. Trabalho de graduação (Engenharia Civil) - Universidad Militar Nueva Granada, Colombia, 2022.

METCALF, Leonard ; EDDY, Harrison P.**Tratamento de efluentes e recuperação de recursos**. 5. ed. Porto Alegre: [s.n.], 2016. Disponivel em: https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788580555240/. Acesso em: 28 fev. 2023.

OLIVEIRA, REIS ; MAYARA, CRISTIANE. **Aplicabilidade de sistemas simplificados para estações de tratamento de esgoto de cidades**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Sanitária e Ambiental) Universidade Federal de Juiz de Fora, 2014.

RIETOW, Julio C. *et al*. Consolidation of the technology UASB reactors in the state of Paraná for the treatment of sanitary sewage. **Scielo Brasil**, v. 28, p. e20220298, 2023.

ROVIGATTI CHIAVELLI, Henrique G. *et al*. **Etapas de um sistema de tratamento de efluente e processos convencionais de tratamento:** uma revisão de literatura. Ponta Grossa:.In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 9. Anais [.] PR: CONBREPO, 2019. p.1-9., 2019. Disponivel em: https://aprepro.org.br/conbrepro/2019/anais/arquivos/10212019_141019_5dade9ffd8fb0.pdf. Acesso em: 15 jun. 2024.

SÃO PAULO. **Decreto n.8.468**. Aprova o Regulamento da Lei n.° 997, de 31 de maio de 1976, que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente. SÃO PAULO,SP: Assembleia legislativa, 1976. Disponivel em: https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/1976/decreto-8468-08.09.1976.html. Acesso em: 10 abr. 2023.

SILVA , José R. D. **Os esgotos da Cidade do Rio de Janeiro 1857/1947 –**. Rio de Janeiro: CEDAE, 1988.

SILVA, FERNANDO E. S. D. **Obtenção de carbeto de tungstênio suportado em carvão ativado e dopado com níquel para fins catalíticos**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2021.

SPERLING, Marcos V. **Princípios básicos do tratamento de esgoto**. Belo Horizonte: segrac, 1996.

SPERLING, Marcos V. **Princípios do Tratamento Biológico de águas residuárias**. 3. ed. Belo Horizonte: UFMG, v. 1, 2012.

TEMPEL, Herbert. **Proposta Técnica 38.2019 - Wharton - ETE Belle Ville vs.1**. São José dos Campos. 2019.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 3ª. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005.

WALZBURIECH, Larissa ; SCHROEDER, Amanda ; SEZERINO, Pablo. **Aplicabilidade da ecotecnologia dos wetlands construídos no tratamento de esgoto de forma descentralizada nos campi da UFSC**. UFSC. Florianópolis. 2019.

ANEXOS

ANEXO 1.1- MEMORIAL DE CÁLCULO 48,33 m^3/dia FP 5%

Dimensionamento espessura Biofilme				
		Atual		
Vazão de entrada	Q1	48,33	m^3/dia	
Superficie especifica disponível	SSA	2400	m^2/m^3	
Volume do tanque	Vt	24,000	m^3	
Tanque 2 e 6				
Carga Orgânica Afluente (entrada):	S_{0t1}	169	mg/l	CO_T/Q
Carga Fósforo(entrada):	P1	10,0	mg/L	
NTK entrada	NTK1	50,0	mgN/L	
Demanda quimica de oxigenio	DQO1	304	mg/L	
Demanda quimica de oxigenio biodegradável	DQOb1	270	mg/L	
Taxa aplicação dqobio		6	gdqobio/m2 dia	
Taxa de remoção dqoBio/m2		4	gDQObio/m2	
DBO possivel de remoção considerando DQObio	St1	116,316	mg/l	
DBO removida considerando solidos dispersos	Stdisp	35,39	mg/l	
Fração de Preenchimento	fp1	0,038	%	

Volume do meio suporte		0,91	m^3	
Tempo de detenção hidráulica		11,92	h	
Taxa de aplicação		3,731	gDBO/m2 dia	
Área da midia	Amidia	2189	m2	
DBO removida pelo MBBR	Stdisp	377,44	mg/l	
	bina	0,36		
	Dw, acetato	8,00E-05	m2/d	
Coeficiente de destacamento	kd	30	[1 d-1 m-1]	
	L_{crit}	69,3E-6	m	
Espessura de inicio de calculo	L_F	400,0E-6	m	Recomendado xx um para não entupir
Coeficiente de difusão no biofilme	D_F	80,0E-6	(L^2/T)	m^2/d
	ud,s	4,80E-06		
concentração do substrato no biofilme	C_F	1,89	(M/L^3)	mg/L
	$k_{1,F}$	1,67	para $C_F >> K_C$	m^3/gCOD.d
densidade do biofilme	X_F	10000	$gCOD/m^3$	
	TRSbiofilme	0,87	d	
	C_{LF}	304,20	mgCOD/l	
	$k_{1,A}$	1,15		
	ε	0,17		

	$J_{LF,1}$	351,25	gCOD/m2.d			
	$J_{LF,0,p}$	40,28	gCOD/m2.d			
	$J_{LF,0,f}$	13,33	gCOD/m2.d		0,55	
	MONOD	13,25	gCOD/m2.d			
	JLF a usar	13,33	gCOD/m2.d			
taxa de conversão de substrato por volume de biofilme	r_F	31523,43	kg/m^3.d	(M/L^3 T)		
	μ_{max}	1,5				
	Yh	0,45	gCOD/gCOD			
	Ks	2				
	$L_{F/Lcrit}$	5,8				
	β	3,02		para β<=1 usar JLF,0,p para β>=1 usar JLF,0,f para β=1 usar JLF,1		
	$k_{0,F}$	3,33	1/d			
	Lf	400,0E-6				
	$k_{0,p.A}$	2,31				
	Lf	400,0E-6				
	$k_{0,f,A}$	13,33				
	Lf	400,0E-6				
	βLF	12,08				
Concentração Celular relativa	Xc1	2185	gSSV/m^3		Adotado *	NBR-12209 *§6.6.15*
Concentração Celular no Tanque de Aeração	Xdisp1	917	gSSV/m^3			
Concentração Celular aderida	Xader1	34270	gSSV/m^3 mbbr			

Quantidade de solidos aderida	XH	13,22	gSSV/m^2	363 um = 12 gSSV/m2	gSSV/m2
Concentração de Sólidos Suspensos Totais Relativa		3204	mg/LSST	X_C/(SSV/SST)	
Taxa de Utilização do Substrato:	U1	0,38	kg DBO_R/ kg SSVTA.dia	F/M*E	
Idade do Lodo SUSPENSO	TRSas	6,00	d		
Idade do Lodo no BIOFILME	TRSBF	0,944	d		
Relação Alimento/Microrganismo:	F/M	0,16	kg DBO/kg SSVTA.dia	CO_T/(V_{TA}.X_C) *	*NBR-12209 §6.6.13*
Fração de P nos solidos em suspensão voláteis	fa	0,81			
fração mássica do lodo anaeróbio	fan	0,1			
fracao de P nos solidos em suspensao	pf	2,1			
fração de P na biomassa ativa	P/Xa	0,17	mgP/mgXc		
fração de P nos sólidos em suspensão totais calculado	P/Xv calc	0,0960	mgP/mgSS		
limite menor fração de P nos sólidos em suspensão totais	menor p/X	0,02	mgP/mgSS		

fração de P nos sólidos em suspensão totais admitido	P/Xv	0,03	mgP/mgSSV	
Concentração de P removido no lodo excedente	Prem	0,5	mgP/L	
P sol efluente	P sol Efl	9,52	mgP/L	
Taxa Crescim. Bactérias Nitrificantes (cond. ideais)	μ'	0,250	dia^{-1}	$\mu_{max}.(NTK_E/(K_N+NTK_E)$
Correções por Fatores Ambientais				
• temperatura	$\mu_{max(T)}$	0,413	dia^{-1}	$\mu_{max}.1,10^{(T-20)}$
• pH	$\mu_{max(pH)}$	0,334	dia^{-1}	$\mu_{max}.[1-083.(7,2-pH)]$
• oxigênio	$\mu_{max(O_2)}$	0,056	dia^{-1}	$\mu_{max}.(OD/(K_0+OD)$
Taxa Crescim. Bact. Nitrific. (cond. operacionais)	μ_N	0,02	dia^{-1}	$\mu_{max(T)}.\mu_{max(pH)}.\mu_{max(O_2)}.\mu'$
Idade de Lodo Mínima	θ_{Cmin}	65,2	dias	$1/\mu_N$
Produção de Sólidos Voláteis:	P_{SSV}	32,8	gSSV/m³.dia	X_C/θ_C
Produção de Bactérias Nitrificantes	X_N	0,0	kgX_N/dia	Yn*NTKox
Carga de NTK no lodo excedente		0,2	kg/dia	0,12.pxv liq
Fração de Bact. Nitrificantes nos Sólidos Voláteis	f_N	0,011	gX_N/gX_C	$X_N/V.P_{SSV}$

Pxv	Pxv	1,873	kgSSV/d	
Taxa de Nitrificação	T_{NIT}	1,9	gNTK/m³.dia	$f_N.(X_c.\mu_N)/Y_N$
Carga de NTK a ser Oxidado	NTK_{OX}	0,25	kg/dia	(ΔNTK-0,12.V.P_{SSV})
Carga de NTK passível de Oxidação	L_{NTK}	0,05	kgNTK/dia	(V.f_N.(X_c.μ_N)/Y_N)/1000
Eficiência da Nitrificação	E_{NIT}	18,0	%	
Taxa de crescimento das BOA	yn	0,15	g SSVg H-NH4	
Nitrato gerado		0,93	mgNitrato/L	
O2 Requerido Nitrificação		1,14	kgO2/dia	4,57*NTKox
O2 requerido DBO	O2req	26,47	kgO2/dia	1,46*St1-1,42*pxv
Vazão disponivel	Qar	35,63	Nm³/h	
% ar aplicada ao tanque	Qar usada	30,00		
Número de difusores	Ndif	10,00		
Vazão aplicada /m difusor	Qdif	4,75	Nm³/h/m difusor	(2 a 10)
Coeficiente de transf O2/m difusor		20,20	gO2/Nm³*m dif	
Ar necessário	O2 req	19,64	Nm³/h	
	OD	0,80		
concentração de BOA no biofilme	XBF	0,0487	gSSV/m²	

Nitrogenio restante após sintese de DBO	NH0	41,2	gN/m^3
Remoção de amonia no tq nitrificação	JN20	5,07	gN/m^2*d
Remoção de amonia no tq nitrificação (limitação amonia)	JN15	0,396	gN/m^2*d
Amonia Efluente p/nitrificação ultimo tq nitrificação	N	0,30	g/m^3
coeficiente de oxidação	bh20	0,12	g/g*d
fator de correcao para bn	bn20	0,17	g/g*d
fator de correção temp limitação OD	ΘOD	0,26	
fator de correção temp limitação Amõnia	Θnh4	0,21	
correçao de temperatura para bH	ɵ	1,04	
	ƒd	0,7	
coeficiente de crescimento máx	µmax20	0,9	gSSV/gSSV*d
temperatura do líquido no inverno	Tinv	18	°C
coeficiente bH para 18 (inverno)	bh18	0,1109	g/g*d
coeficiente µmax para 18 graus (inverno)	µmax18	0,7832	g/g*d
coeficiente bn para 18 graus (inverno)	bn18	0,1606	g/g*d
fluxo limitado pela concentração de OD	JN18OD	0,0146	gN/m2*d
fluxo nitrificação limitado pela amonia	JN18NH4	0,0038	gN/m2*d

Taxa de nitrificação do biofilme limitado pela DBO		0,0000	gN/m2*d	
Nitrificação pelo Biofilme		0,0	gN*d	
Tanque 3 e 7				
Carga Orgânica Afluente (entrada):	S_{0t2}	17	mg/l	CO_T/Q
Carga Fósforo(entrada):	P2	9,5	mg/L	
NTK entrada	NTK1	41,2	mgN/L	
Demanda quimica de oxigenio	DQO2	31	mg/L	
Demanda quimica de oxigenio biodegradável	DQOb2	28	mg/L	
Taxa aplicação dqobio		1	gdqobio/m2 dia	
Taxa de remoção dqoBio/m2		1	mgDQObio/m2	
DBO possivel de remoção considerando DQObio	St1	17,557	mg/l	
DBO removida considerando solidos dispersos	Stdisp	1,22	mg/l	
Fração de Preenchimento	fp1	0,024	%	
Volume do meio suporte		0,58	m^3	
Tempo de detenção hidráulica		11,92	h	
Taxa de aplicação		1	$gDBO/m^2$ dia	
Área da midia	Amidia	1382	m^2	
DBO removida pelo MBBR	Stdisp	178,79	mg/l	
	bina	0,20		
	Dw, acetato	8,00E-05	m2/d	
Coeficiente de destacamento	kd	30	[1 d-1 m-1]	
	L_{crit}	69,3E-6	m	

Espessura de inicio de calculo	L_F	300,0E-6	m	Recomendado xx um para não entupir
Coeficiente de difusão no biofilme	D_F	80,0E-6	(L^2/T)	m^2/d
	ud,s	2,70E-06		
concentração do substrato no biofilme	C_F	0,82	(M/L^3)	mg/L
	$k_{1,F}$	1,67	para $C_F>>K_C$	m^3/gCOD.d
densidade do biofilme	X_F	10000	$gCOD/m^3$	
	TRSbiofilme	0,77	d	
	C_{LF}	31,13	mgCOD/l	
	$k_{1,A}$	1,15		
	ε	0,23		
	$J_{LF,1}$	35,93	gCOD/m2.d	
	$J_{LF,0,p}$	12,88	gCOD/m2.d	
	$J_{LF,0,f}$	10,00	gCOD/m2.d	
	MONOD	9,40	gCOD/m2.d	
	JLF a usar	10,00	gCOD/m2.d	

taxa de conversão de substrato por volume de biofilme	r_F	13658,73	kg/m^3.d	(M/L^3 T)		
	μ_{max}	1,5				
	Yh	0,45	gCOD/gCOD			
	Ks	2				
	$L_{F/Lcrit}$	4,3				
	β	1,29		para β<=1 usar JLF,0,p para β>=1 usar JLF,0,f para β=1 usar JLF,1		
	$k_{0,F}$	3,33	1/d			
	Lf	300,0E-6				
	$k_{0,p.A}$	2,31				
	Lf	300,0E-6				
	$k_{0,f,A}$	10,00				
	Lf	300,0E-6				
	βLF	3,87				
Concentração Celular relativa	Xc1	235	gSSV/m^3		Adotado *	NBR-12209 *§6.6.15*
Concentração Celular no Tanque de Aeração	Xdisp2	32	gSSV/m^3			
Concentração Celular aderida	Xader2	8496	gSSV/m^3 mbbr			
Quantidade de solidos aderida		9,92	gSSV/m^2		363 um = 12 gSSV/m2	
Concentração de Sólidos Suspensos Totais	X	344	mg SSTTA/l		X_C/(SSV/SST)	
Taxa de Utilização do Substrato:	U2	1,54	kg DBO_R/ kg SSVTA.dia		F/M*E	

Idade do Lodo SUSPENSO	TRSas	1,42	d		
Idade do Lodo no BIOFILME	TRSBF	0,02			
Relação Alimento/Microrganismo:	F/M	0,15	kg DBO/kg SSVTA.dia	$CO_T/(V_{TA}.X_c)$ *	*NBR-12209 §6.6.13*
Fração de P nos solidos em suspensão voláteis	fa	0,81	mg/L		
fração mássica do lodo anaeróbio	fan	0,1	%		
fracao de P nos solidos em suspensao	pf	-2,0			
fração de P na biomassa ativa	P/Xa	-0,12	mgP/mgXc		
fração de P nos sólidos em suspensão totais calculado	P/Xv calc	-0,0686	mgP/mgSS		
limite menor fração de P nos sólidos em suspensão totais	menor p/X	0,02	mgP/mgSS		
fração de P nos sólidos em suspensão totais admitido	P/Xv	0,03	mgP/mgSSV		
Concentração de P removido no lodo excedente	Prem	0,0	mgP/L		
P sol efluente	P sol Efl	9,51	mgP/L		
Taxa Crescim. Bactérias Nitrificantes (cond. ideais)	μ'	0,250	dia^{-1}	$\mu_{max}.(NTK_E/(K_N+NTK_E)$	
Correções por Fatores Ambientais					

• temperatura	$\mu_{max(T)}$	0,413	dia^{-1}	$\mu_{max}.1,10^{(T-20)}$
• pH	$\mu_{max(pH)}$	0,334	dia^{-1}	$\mu_{max}.[1-083.(7,2-pH)]$
• oxigênio	$\mu_{max(O_2)}$	0,056	dia^{-1}	$\mu_{max}.(OD/(K_0+OD)$
Taxa Crescim. Bact. Nitrific. (cond. operacionais)	μ_N	0,02	dia^{-1}	$\mu_{max(T)}.\mu_{max(pH)}.\mu_{max(O_2)}.\mu'$
Idade de Lodo Mínima	θ_{Cmin}	65,2	dias	$1/\mu_N$
Produção de Sólidos Voláteis:	P_{SSV}	1,1	$gSSV/m^3.dia$	$Xc/\theta c$
Produção de Bactérias Nitrificantes	X_N	0,0	kgX_N/dia	Yn*NTKox
Carga de NTK no lodo excedente		0,0	kg/dia	0,12.pxv liq
Fração de Bact. Nitrificantes nos Sólidos Voláteis	f_N	0,118	gX_N/gX_C	$X_N/V.P_{SSV}$
Pxv	Pxv	0,201	kgSSV/d	
Taxa de Nitrificação	T_{NIT}	0,7	$gNTK/m^3.dia$	$f_N.(X_c.\mu_N)/Y_N$
Carga de NTK a ser Oxidado	NTK_{OX}	0,30	kg/dia	$(\Delta NTK-0,12.V.P_{SSV})$
Carga de NTK passível de Oxidação	L_{NTK}	0,02	kgNTK/dia	$(V.f_N.(X_c.\mu_N)/Y_N)/1000$
Eficiência da Nitrificação	E_{NIT}	18,0	%	

Taxa de crescimento das BOA	yn	0,15	g SSVg H-NH4	
Nitrato gerado		0,93	mgNitrato/L	
O2 Requerido Nitrificação		1,14	kgO2/dia	4,57*NTKox
O2 requerido DBO	O2req	12,41	kgO2/dia	1,46*St1-1,42*pxv
Vazão disponivel	Qar	20,19	Nm^3/h	
% ar aplicada ao tanque	Qar usada	17,00		
Numero de difusores	Ndif	14,00		
Vazão aplicada /m difusor	Qdif	1,92	$Nm^3/h/m$ difusor	(2 a 10)
Coeficiente de transf O2/m difusor		23,74	$gO2/Nm^3*m$ dif	
Ar necessário	O2 req	8,21	Nm^3/h	
	OD	2,84		
concentração de BOA no biofilme	XBF	0,0011	$gSSV/m^3$	
Nitrogenio restante após sintese de DBO	NH0	39,9	gN/m^3	
Remoção de amonia no tq nitrificação	JN20	5,07	gN/m^2*d	
Remoção de amonia no tq nitrificação (limitação amonia)	JN15	0,396	gN/m^2*d	
Amonia Efluente p/nitrificação ultimo tq nitrificação	N	0,30	g/m^3	
coeficiente de oxidação	bh20	0,12	g/g*d	
fator de correcao para bn	bn20	0,17		

fator de correção temp limitação OD	ΘOD	0,82		
fator de correção temp limitação Amõnia	Θnh4	0,76		
correçao de temperatura para bH	ɵ	1,04		
	ƒd	0,7		
coeficiente de crescimento máx	µmax20	0,9	gSSV/gSSV*d	
temperatura do líquido no inverno	Tinv	18	°C	
coeficiente bH para 18 (inverno)	bh18	0,1109	g/g*d	
coeficiente µmax para 18 graus (inverno)	µmax18	0,7832	g/g*d	
coeficiente bn para 18 graus (inverno)	bn18	0,1606	g/g*d	
fluxo limitado pela concentração de OD	JN18OD	1,5865	gN/m2*d	
fluxo nitrificação limitado pela amonia	JN18NH4	0,1735	gN/m2*d	
Taxa de nitrificação do biofilme limitado pela DBO		0,4490	gN/m2*d	
Nitrificação pelo Biofilme		620,6	gN*d	
Tanque 4 e 8				
Carga Orgânica Afluente (entrada):	S0t3	1	mg/l	COT/Q
Carga Fósforo(entrada):	P3	9,5	mg/L	
NTK entrada	NTK3	27,1	mgN/L	1,4E-05
Demanda quimica de oxigenio	DQO3	2	mg/L	
Demanda quimica de oxigenio biodegradável	DQOb3	2	mg/L	

Taxa aplicação dqobio		0	gdqobio/m^2 dia	0,5	
Taxa de remoção dqoBio/m2		0	mgDQObio/m^2		
DBO possivel de remoção considerando DQObio	St1	4,624	mg/l		94
DBO removida considerando solidos dispersos	Stdisp	0,04	mg/l		
Fração de Preenchimento	fp1	0,015	%		
Volume do meio suporte		0,36	m^3		
Tempo de detenção hidráulica		11,92	h		
Taxa de aplicação		9	gDBO/m2 dia		
Área da midia	Amidia	864	m2		
DBO removida pelo MBBR	Stdisp	3,72	mg/l		
	bina	0,00			
	Dw, acetato	8,00E-05	m2/d		
Coeficiente de destacamento	kd	30	[1 d-1 m-1]		
	L_{crit}	69,3E-6	m		
Espessura de inicio de calculo	L_F	10,0E-6	m	Recomendado xx um para não entupir	
Coeficiente de difusão no biofilme	D_F	80,0E-6	(L^2/T)	m^2/d	
	ud,s	3,00E-09			
concentração do substrato no biofilme	C_F	1,78	(M/L^3)	mg/L	

	$k_{1,F}$	1,67	para C_F>>K_C	m^3/gCOD.d
densidade do biofilme	X_F	10000	gCOD/m^3	
	TRSbiofilme	0,67	d	
	C_{LF}	1,80	mgCOD/l	
	$k_{1,A}$	0,17		
	ε	0,99		
	$J_{LF,1}$	0,30	gCOD/m2.d	
	$J_{LF,0,p}$	3,10	gCOD/m2.d	
	$J_{LF,0,f}$	0,33	gCOD/m2.d	
	MONOD	0,16	gCOD/m2.d	
	JLF a usar	0,33	gCOD/m2.d	
taxa de conversão de substrato por volume de biofilme	r_F	29690,19	kg/m^3.d	(M/L^3 T)
	μ_{max}	1,5		
	Yh	0,45	gCOD/gCOD	
	Ks	2		
	$L_{F/Lcrit}$	0,1		
	β	9,30	para β<=1 usar JLF,0,p para β>=1 usar JLF,0,f para β=1 usar JLF,1	
	$k_{0,F}$	3,33	1/d	
	Lf	10,0E-6		

	$k_{0,p.A}$	2,31			
	Lf	10,0E-6			
	$k_{0,f,A}$	0,33			
	Lf	10,0E-6			
	βLF	0,93			
Concentração Celular relativa	Xc1	0	gSSV/m^3	Adotado *	NBR-12209 *§6.6.15*
Concentração Celular no Tanque de Aeração	Xdisp3	1	gSSV/m^3		
Concentração Celular aderida	Xader3	-75	gSSV/m^3 mbbr		
Quantidade de solidos aderida		0,33	gSSV/m^2	363 um = 12 gSSV/m2	
Concentração de Sólidos Suspensos Totais	X	0	mg SSTTA/l	X_C/(SSV/SST)	
Taxa de Utilização do Substrato:	U2	#DIV/0!	kg DBO_R/ kg SSVTA.dia	F/M*E	
Idade do Lodo SUSPENSO	TRSas	0,85	d		
Idade do Lodo no BIOFILME	TRSBF	-0,85			
Relação Alimento/Microrganismo:	F/M	#DIV/0!	kg DBO/kg SSVTA.dia	CO_T/(V_{TA}.X_C) *	*NBR-12209 §6.6.13*
Fração de P nos solidos em suspensão voláteis	fa	0,81	mg/L		
fração mássica do lodo anaeróbio	fan	0,1	%		

fracao de P nos solidos em suspensao	pf	-2,5		
fração de P na biomassa ativa	P/Xa	-0,18	mgP/mgXc	
fração de P nos sólidos em suspensão totais calculado	P/Xv calc	-0,0981	mgP/mgSS	
limite menor fração de P nos sólidos em suspensão totais	menor p/X	0,02	mgP/mgSS	
fração de P nos sólidos em suspensão totais admitido	P/Xv	0,03	mgP/mgSSV	
Concentração de P removido no lodo excedente	Prem	0,0	mgP/L	
P sol efluente	P sol Efl	9,51	mgP/L	
Taxa Crescim. Bactérias Nitrificantes (cond. ideais)	μ'	0,250	dia^{-1}	$\mu_{max}.(NTK_E/(K_N+NTK_E)$
Correções por Fatores Ambientais				
• temperatura	$\mu_{max(T)}$	0,413	dia^{-1}	$\mu_{max}.1,10^{(T-20)}$
• pH	$\mu_{max(pH)}$	0,334	dia^{-1}	$\mu_{max}.[1-083.(7,2-pH)]$
• oxigênio	$\mu_{max(O_2)}$	0,056	dia^{-1}	$\mu_{max}.(OD/(K_0+OD)$
Taxa Crescim. Bact. Nitrific. (cond. operacionais)	μ_N	0,02	dia^{-1}	$\mu_{max(T)}.\mu_{max(pH)}.\mu_{max(O_2)}.\mu'$
Idade de Lodo Mínima	θ_{Cmin}	65,2	dias	$1/\mu_N$

Produção de Sólidos Voláteis:	P_{SSV}	0,0	gSSV/m³.dia	Xc/θc
Produção de Bactérias Nitrificantes	X_N	0,0	kgX_N/dia	Yn*NTKox
Carga de NTK no lodo excedente		0,0	kg/dia	0,12.pxv liq
Fração de Bact. Nitrificantes nos Sólidos Voláteis	f_N	#DIV/0!	gX_N/gX_C	X_N/V.P_{SSV}
Pxv	Pxv	0,000	kgSSV/d	
Taxa de Nitrificação	T_{NIT}	#DIV/0!	gNTK/m³.dia	f_N.(X_c.μ_N)/Y_N
Carga de NTK a ser Oxidado	NTK_{OX}	0,30	kg/dia	(ΔNTK-0,12.V.P_{SSV})
Carga de NTK passível de Oxidação	L_{NTK}	#DIV/0!	kgNTK/dia	(V.f_N.(X_c.μ_N)/Y_N)/1000
Eficiência da Nitrificação	E_{NIT}	18,0	%	
Taxa de crescimento das BOA	yn	0,15	g SSVg H-NH4	
Nitrato gerado		0,93	mgNitrato/L	
O2 Requerido Nitrificação		1,35	kgO2/dia	4,57*NTKox
O2 requerido DBO	O2req	0,27	kgO2/dia	1,46*St1-1,42*pxv
Vazão disponivel	Qar	12,35	Nm³/h	
% ar aplicada ao tanque	Qar usada	10,40		
Numero de difusores	Ndif	14,00		
Vazão aplicada /m difusor	Qdif	1,18	Nm³/h/m difusor	(2 a 10)

Coeficiente de transf O2/m difusor		25,66	gO2/Nm³*m dif
Ar necessário	O2 req	0,91	Nm³/h
	OD	7,54	
concentração de BOA no biofilme	XBF	-0,0585	gSSV/m³
Nitrogenio restante após sintese de DBO	NH0	27,0	gN/m³
Remoção de amonia no tq nitrificação	JN20	4,07	gN/m²*d
Remoção de amonia no tq nitrificação (limitação amonia)	JN15	0,396	gN/m²*d
Amonia Efluente p/nitrificação ultimo tq nitrificação	N	0,30	g/m³
coeficiente de oxidação	bh20	0,12	g/g*d
fator de correcao para bn	bn20	0,17	
fator de correção temp limitação OD	ΘOD	1,53	
fator de correção temp limitação Amõnia	Θnh4	1,93	
correçao de temperatura para bH	ɵ	1,04	
	ƒd	0,7	
coeficiente de crescimento máx	µmax20	0,9	gSSV/gSSV*d
temperatura do líquido no inverno	Tinv	18	°C
coeficiente bH para 18 (inverno)	bh18	0,1109	g/g*d
coeficiente µmax para 18 graus (inverno)	µmax18	0,7832	g/g*d

coeficiente bn para 18 graus (inverno)	bn18	0,1606	g/g*d		
fluxo limitado pela concentração de OD	JN18OD	27,1628	gN/m2*d		
fluxo nitrificação limitado pela amonia	JN18NH4	2,8387	gN/m2*d		
Taxa de nitrificação do biofilme limitado pela DBO		0,0000	gN/m2*d		
Nitrificação pelo Biofilme		0,0	gN*d		
Tanque 5 e 9					
Carga Orgânica Afluente (entrada):	S_{0t3}	1	mg/l	CO_T/Q	
Carga Fósforo(entrada):	P3	9,5	mg/L		
NTK entrada	NTK3	0,0	mgN/L	1,17E-05	
Demanda quimica de oxigenio	DQO3	2	mg/L		
Demanda quimica de oxigenio biodegradável	DQOb3	2	mg/L		
Taxa aplicação dqobio		0	gdqobio/m2 dia	0,5	
Taxa de remoção dqoBio/m2		0	mgDQObio/m2		
DBO possivel de remoção considerando DQObio	St1	5,153	mg/l		79
DBO removida considerando solidos dispersos	Stdisp	0,04	mg/l		
Fração de Preenchimento	fp1	0,017	%		
Volume do meio suporte		0,41	m^3		
Tempo de detenção hidráulica		11,92	h		
Taxa de aplicação		8	gDBO/m2 dia		
Área da midia	Amidia	979	m2		
DBO removida pelo MBBR	Stdisp	4,22	mg/l		

	bina	0,00		
	Dw, acetato	8,00E-05	m2/d	
Coeficiente de destacamento	kd	31	[1 d-1 m-1]	
	L_{crit}	69,3E-6	m	
Espessura de inicio de calculo	L_F	10,0E-6	m	Recomendado xx um para não entupir
Coeficiente de difusão no biofilme	D_F	80,0E-6	(L^2/T)	m^2/d
	ud,s	3,10E-09		
concentração do substrato no biofilme	C_F	1,78	(M/L^3)	mg/L
	$k_{1,F}$	1,67	para $C_F >> K_C$	m^3/gCOD.d
densidade do biofilme	X_F	10000	$gCOD/m^3$	
	TRSbiofilme	0,67	d	
	C_{LF}	1,80	mgCOD/l	
	$k_{1,A}$	0,17		
	ε	0,99		
	$J_{LF,1}$	0,30	gCOD/m2.d	
	$J_{LF,0,p}$	3,10	gCOD/m2.d	
	$J_{LF,0,f}$	0,33	gCOD/m2.d	

	MONOD	0,16	gCOD/m2.d			
	JLF a usar	0,33	gCOD/m2.d			
taxa de conversão de substrato por volume de biofilme	r_F	29690,19	kg/m^3.d	(M/L^3 T)		
	μ_{max}	1,5				
	Yh	0,45	gCOD/gCOD			
	Ks	2				
	$L_{F/Lcrit}$	0,1				
	β	9,30		para β<=1 usar JLF,0,p para β>=1 usar JLF,0,f para β=1 usar JLF,1		
	$k_{0,F}$	3,33	1/d			
	Lf	10,0E-6				
	$k_{0,p.A}$	2,31				
	Lf	10,0E-6				
	$k_{0,f,A}$	0,33				
	Lf	10,0E-6				
	βLF	0,93				
Concentração Celular relativa	Xc1	0	gSSV/m^3		Adotado *	NBR-12209 *§6.6.15*
Concentração Celular no Tanque de Aeração	Xdisp3	1	gSSV/m^3			
Concentração Celular aderida	Xader3	-66	gSSV/m^3 mbbr			
Quantidade de solidos aderida		0,33	gSSV/m^2		363 um = 12 gSSV/m2	
Concentração de Sólidos Suspensos Totais	X	0	mg SSTTA/l		X_C/(SSV/SST)	

Taxa de Utilização do Substrato:	U2	#DIV/0!	kg DBO_R/ kg SSVTA.dia	F/M*E	
Idade do Lodo SUSPENSO	TRSas	0,85	d		
Idade do Lodo no BIOFILME	TRSBF	-0,85			
Relação Alimento/Microrganismo:	F/M	#DIV/0!	kg DBO/kg SSVTA.dia	$CO_T/(V_{TA}.X_C)$ *	*NBR-12209 §6.6.13*
Fração de P nos solidos em suspensão voláteis	fa	0,81	mg/L		
fração mássica do lodo anaeróbio	fan	0,1	%		
fracao de P nos solidos em suspensao	pf	-2,5			
fração de P na biomassa ativa	P/Xa	-0,18	mgP/mgXc		
fração de P nos sólidos em suspensão totais calculado	P/Xv calc	-0,0981	mgP/mgSS		
limite menor fração de P nos sólidos em suspensão totais	menor p/X	0,02	mgP/mgSS		
fração de P nos sólidos em suspensão totais admitido	P/Xv	0,03	mgP/mgSSV		
Concentração de P removido no lodo excedente	Prem	0,0	mgP/L		
P sol efluente	P sol Efl	9,51	mgP/L		
Taxa Crescim. Bactérias Nitrificantes (cond. ideais)	μ'	0,250	dia^{-1}	$\mu_{max}.(NTK_E/(K_N+NTK_E)$	

Correções por Fatores Ambientais				
• temperatura	$\mu_{max(T)}$	0,413	dia^{-1}	$\mu_{max}.1,10^{(T-20)}$
• pH	$\mu_{max(pH)}$	0,334	dia^{-1}	$\mu_{max}.[1-083.(7,2-pH)]$
• oxigênio	$\mu_{max(O_2)}$	0,302	dia^{-1}	$\mu_{max}.(OD/(K_0+OD)$
Taxa Crescim. Bact. Nitrific. (cond. operacionais)	μ_N	0,08	dia^{-1}	$\mu_{max(T)}.\mu_{max(pH)}.\mu_{max(O_2)}.\mu'$
Idade de Lodo Mínima	θ_{Cmin}	12,0	dias	$1/\mu_N$
Produção de Sólidos Voláteis:	P_{SSV}	0,0	gSSV/m³.dia	Xc/θc
Produção de Bactérias Nitrificantes	X_N	0,0	kgX_N/dia	Yn*NTKox
Carga de NTK no lodo excedente		0,0	kg/dia	0,12.pxv liq
Fração de Bact. Nitrificantes nos Sólidos Voláteis	f_N	#DIV/0!	gX_N/gX_C	$X_N/V.P_{SSV}$
Pxv	Pxv	0,000	kgSSV/d	
Taxa de Nitrificação	T_{NIT}	#DIV/0!	gNTK/m³.dia	$f_N.(X_c.\mu_N)/Y_N$
Carga de NTK a ser Oxidado	NTK_{OX}	0,30	kg/dia	(ΔNTK-0,12.V.P_{SSV})
Carga de NTK passível de Oxidação	L_{NTK}	#DIV/0!	kgNTK/dia	$(V.f_N.(X_c.\mu_N)/Y_N)/1000$

Eficiência da Nitrificação	ENIT	18,0	%	
Taxa de crescimento das BOA	yn	0,15	g SSVg H-NH4	
Nitrato gerado		0,93	mgNitrato/L	
O2 Requerido Nitrificação		1,14	kgO2/dia	4,57*NTKox
O2 requerido DBO	O2req	0,30	kgO2/dia	1,46*St1-1,42*pxv
Vazão disponivel	Qar	7,07	Nm^3/h	
% ar aplicada ao tanque	Qar usada	5,95		
Numero de difusores	Ndif	8,00		
Vazão aplicada /m difusor	Qdif	1,18	$Nm^3/h/m$ difusor	(2 a 10)
Coeficiente de transf O2/m difusor		25,66	$gO2/Nm^3*m$ dif	
Ar necessário	O2 req	0,17	Nm^3/h	
	OD	8,24		
concentração de BOA no biofilme	XBF	-0,0585	$gSSV/m^3$	
Nitrogenio restante após sintese de DBO	NH0	-0,1	gN/m^3	
Remoção de amonia no tq nitrificação	JN20	2,07	gN/m^2*d	
Remoção de amonia no tq nitrificação (limitação amonia)	JN15	0,396	gN/m^2*d	
Amonia Efluente p/nitrificação ultimo tq nitrificação	N	0,30	g/m^3	
coeficiente de oxidação	bh20	0,12	g/g*d	
fator de correcao para bn	bn20	0,17		

fator de correção temp limitação OD	ΘOD	1,57		
fator de correção temp limitação Amõnia	Θnh4	2,09		
correçao de temperatura para bH	ɵ	1,04		
	ƒd	0,7		
coeficiente de crescimento máx	µmax20	0,9	gSSV/gSSV*d	
temperatura do líquido no inverno	Tinv	18	°C	
coeficiente bH para 18 (inverno)	bh18	0,1109	g/g*d	
coeficiente µmax para 18 graus (inverno)	µmax18	0,7832	g/g*d	
coeficiente bn para 18 graus (inverno)	bn18	0,1606	g/g*d	
fluxo limitado pela concentração de OD	JN18OD	31,8564	gN/m^2*d	
fluxo nitrificação limitado pela amonia	JN18NH4	3,6210	gN/m^2*d	
Taxa de nitrificação do biofilme limitado pela DBO		0,0000	gN/m^2*d	
Nitrificação pelo Biofilme		0,0	gN/m^3*d	
Saída				
Carga Orgânica Afluente (entrada):	S0t3	1	mg/l	COT/Q
Carga Fósforo(entrada):	P3	9,5	mg/L	
NTK entrada	NTK3	0,0	mgN/L	0,058029

ANEXO 1.2- MEMORIAL DE CÁLCULO 750 m^3/dia FP 5%

Dimensionamento espessura Biofilme			
		IDEAL	
Vazão de entrada	Q1	375,00	m^3/dia

Superficie especifica disponível	SSA	2400	m^2/m^3	
Volume do tanque	Vt	24,000	m^3	
Tanque 2 e 6				
Carga Orgânica Afluente (entrada):	S_{0t1}	240	mg/l	CO_T/Q
Carga Fósforo(entrada):	P1	10,0	mg/L	
NTK entrada	NTK1	50,0	mgN/L	
Demanda quimica de oxigenio	DQO1	432	mg/L	
Demanda quimica de oxigenio biodegradável	DQOb1	384	mg/L	
Taxa aplicação dqobio		66	gdqobio/m^2 dia	
Taxa de remoção dqoBio/m2		27	gdqobio/m^2 dia	
DBO possivel de remoção considerando DQObio	St1	97,633	mg/l	
DBO removida considerando solidos dispersos	Stdisp	17,94	mg/l	
Fração de Preenchimento	fp1	0,038	%	
Volume do meio suporte		0,91	m^3	
Tempo de detenção hidráulica		1,54	h	
Taxa de aplicação		41,118	gDBO/m^2 dia	
Área da midia	Amidia	2189	m^2	
DBO removida pelo MBBR	Stdisp	43,24	mg/l	
	bina	0,36		
	Dw, acetato	8,00E-05	m^2/d	
Coeficiente de destacamento	kd	30	[1 d-1 m-1]	
	L_{crit}	69,3E-6	m	

Espessura de inicio de calculo	L_F	400,0E-6	m	Recomendado xx um para não entupir	
Coeficiente de difusão no biofilme	D_F	80,0E-6	(L^2/T)	m^2/d	
	ud,s	4,80E-06			
concentração do substrato no biofilme	C_F	2,69	(M/L^3)	mg/L	
	$k_{1,F}$	1,67	para $C_F>>K_C$	m^3/gCOD.d	
densidade do biofilme	X_F	10000	gCOD/m^3		
	TRSbiofilme	t	d		
	C_{LF}	432,00	mgCOD/l		
	$k_{1,A}$	1,15			
	ε	0,17			
	$J_{LF,1}$	498,82	gCOD/m^2.d		
	$J_{LF,0,p}$	48,00	gCOD/m^2.d		
	$J_{LF,0,f}$	13,33	gCOD/m^2.d		0,55
	MONOD	13,27	gCOD/m^2.d		
	JLF a usar	13,33	gCOD/m^2.d		

taxa de conversão de substrato por volume de biofilme	r_F	44766,99	kg/m^3.d (M/L^3 T)		
	μ_{max}	1,5			
	Yh	0,45	gCOD/gCOD		
	Ks	2			
	$L_{F/Lcrit}$	5,8			
	β	3,60	para β<=1 usar JLF,0,p para β>=1 usar JLF,0,f para β=1 usar JLF,1		
	$k_{0,F}$	3,33	1/d		
	Lf	400,0E-6			
	$k_{0,p.A}$	2,31			
	Lf	400,0E-6			
	$k_{0,f,A}$	13,33			
	Lf	400,0E-6			
	βLF	14,40			
Concentração Celular relativa	Xc1	6837	gSSV/m^3	Adotado *	NBR-12209 *§6.6.15*
Concentração Celular no Tanque de Aeração	Xdisp1	3609	gSSV/m^3		
Concentração Celular aderida	Xader1	88548	gSSV/m^3 mbbr		
Quantidade de solidos aderida	XH	13,22	gSSV/m^2	363 um = 12 gSSV/m^2	
Concentração de Sólidos Suspensos Totais Relativa		10026	mg/LSST	Xc/(SSV/SST)	
Taxa de Utilização do Substrato:	U1	0,14	kg DBOR/ kg SSVTA.dia	F/M*E	

Idade do Lodo SUSPENSO	TRSas	1,50	d		
Idade do Lodo no BIOFILME	TRSBF	26,500	d		
Relação Alimento/Microrganismo:	F/M	0,55	kg DBO/kg SSVTA.dia	$CO_T/(V_{TA}.X_C)$ *	*NBR-12209 §6.6.13*
Fração de P nos solidos em suspensão voláteis	fa	0,81			
fração mássica do lodo anaeróbio	fan	0,1			
fracao de P nos solidos em suspensao	pf	4,0			
fração de P na biomassa ativa	P/Xa	0,24	mgP/mgXc		
fração de P nos sólidos em suspensão totais calculado	P/Xv calc	0,1321	mgP/mgSS		
limite menor fração de P nos sólidos em suspensão totais	menor p/X	0,02	mgP/mgSS		
fração de P nos sólidos em suspensão totais admitido	P/Xv	0,03	mgP/mgSSV		
Concentração de P removido no lodo excedente	Prem	0,2	mgP/L		
P sol efluente	P sol Efl	9,76	mgP/L		
Taxa Crescim. Bactérias Nitrificantes (cond. ideais)	μ'	0,250	dia^{-1}	$\mu_{max}.(NTK_E/(K_N+NTK_E)$	
Correções por Fatores Ambientais					
• temperatura	$\mu_{max(T)}$	0,413	dia^{-1}	$\mu_{max}.1,10^{(T-20)}$	

• pH	$\mu_{max(pH)}$	0,334	dia^{-1}	$\mu_{max}.[1-083.(7,2-pH)]$
• oxigênio	$\mu_{max(O_2)}$	0,421	dia^{-1}	$\mu_{max}.(OD/(K_0+OD)$
Taxa Crescim. Bact. Nitrific. (cond. operacionais)	μ_N	0,12	dia^{-1}	$\mu_{max(T)}.\mu_{max(pH)}.\mu_{max(O_2)}.\mu'$
Idade de Lodo Mínima	θ_{Cmin}	8,6	dias	$1/\mu_N$
Produção de Sólidos Voláteis:	P_{SSV}	128,9	gSSV/m³.dia	X_c/θ_c
Produção de Bactérias Nitrificantes	X_N	0,2	kgX_N/dia	Yn*NTKox
Carga de NTK no lodo excedente		0,7	kg/dia	0,12.pxv liq
Fração de Bact. Nitrificantes nos Sólidos Voláteis	f_N	0,029	gX_N/gX_C	$X_N/V.P_{SSV}$
Pxv	Pxv	5,860	kgSSV/d	
Taxa de Nitrificação	T_{NIT}	151,9	gNTK/m³.dia	$f_N.(X_c.\mu_N)/Y_N$
Carga de NTK a ser Oxidado	NTK_{OX}	2,12	kg/dia	(ΔNTK-0,12.V.P_{SSV})
Carga de NTK passível de Oxidação	L_{NTK}	3,65	kgNTK/dia	$(V.f_N.(X_c.\mu_N)/Y_N)/1000$
Eficiência da Nitrificação	E_{NIT}	100,0	%	
Taxa de crescimento das BOA	yn	0,15	g SSVg H-NH4	

Nitrato gerado		5,66	mgNitrato/L	
O2 Requerido Nitrificação		9,71	kgO2/dia	4,57*NTKox
O2 requerido DBO	O2req	25,17	kgO2/dia	1,46*St1-1,42*pxv
Vazão disponivel	Qar	74,72	Nm^3/h	
% ar aplicada ao tanque	Qar usada	7,40		
Numero de difusores	Ndif	10,00		
Vazão aplicada /m difusor	Qdif	9,96	$Nm^3/h/m$ difusor	(2 a 10)
Coeficiente de transf O2/m difusor		17,31	$gO2/Nm^3*m$ dif	
Ar necessário	O2 req	28,96	Nm^3/h	
	OD	3,11		
concentração de BOA no biofilme	XBF	0,2996	$gSSV/m^2$	
Nitrogenio restante após sintese de DBO	NH0	32,2	gN/m^3	
Remoção de amonia no tq nitrificação	JN20	5,07	gN/m^2*d	
Remoção de amonia no tq nitrificação (limitação amonia)	JN15	0,396	gN/m^2*d	
Amonia Efluente p/nitrificação ultimo tq nitrificação	N	0,30	g/m^3	
coeficiente de oxidação	bh20	0,12	g/g*d	
fator de correcao para bn	bn20	0,17	g/g*d	
fator de correção temp limitação OD	ΘOD	0,89		

fator de correção temp limitação Amõnia	Θnh4	0,83		
correçao de temperatura para bH	ɵ	1,04		
	ƒd	0,7		
coeficiente de crescimento máx	µmax20	0,9	gSSV/gSSV*d	
temperatura do liquido no inverno	Tinv	18	°C	
coeficiente bH para 18 (inverno)	bh18	0,1109	g/g*d	
coeficiente µmax para 18 graus (inverno)	µmax18	0,7832	g/g*d	
coeficiente bn para 18 graus (inverno)	bn18	0,1606	g/g*d	
fluxo limitado pela concentração de OD	JN18OD	2,1552	gN/m^2*d	
fluxo nitrificação limitado pela amonia	JN18NH4	0,2257	gN/m^2*d	
Taxa de nitrificação do biofilme limitado pela DBO		0,0000	gN/m^2*d	
Nitrificação pelo Biofilme		0,0	gN*d	
Tanque 3 e 7				
Carga Orgânica Afluente (entrada):	S0t2	179	mg/l	COT/Q
Carga Fósforo(entrada):	P2	9,8	mg/L	
NTK entrada	NTK1	32,2	mgN/L	
Demanda quimica de oxigenio	DQO2	322	mg/L	
Demanda quimica de oxigenio biodegradável	DQOb2	286	mg/L	
Taxa aplicação dqobio		78	$gdqobio/m^2$ dia	

Taxa de remoção dqoBio/m^2		28	mgDQObio/m^2	
DBO possivel de remoção considerando DQObio	St1	64,563	mg/l	
DBO removida considerando solidos dispersos	Stdisp	13,18	mg/l	
Fração de Preenchimento	fp1	0,024	%	
Volume do meio suporte		0,58	m^3	
Tempo de detenção hidráulica		1,54	h	
Taxa de aplicação		49	gDBO/m^2 dia	
Área da midia	Amidia	1382	m^2	
DBO removida pelo MBBR	Stdisp	16,90	mg/l	
	bina	0,20		
	Dw, acetato	8,00E-05	m^2/d	
Coeficiente de destacamento	kd	30	[1 d-1 m-1]	
	L_{crit}	93,4E-6	m	
Espessura de inicio de calculo	L_F	400,0E-6	m	Recomendado xx um para não entupir
Coeficiente de difusão no biofilme	D_F	80,0E-6	(L^2/T)	m^2/d
	ud,s	4,80E-06		
concentração do substrato no biofilme	C_F	8,89	(M/L^3)	mg/L
	$k_{1,F}$	1,67	para C_F>>K_C	m^3/gCOD.d

densidade do biofilme	X_F	5501	$gCOD/m^3$	
	TRSbiofilme	0,77	d	
	C_{LF}	321,88	mgCOD/l	
	$k_{1,A}$	0,86		
	ε	0,23		
	$J_{LF,1}$	275,56	$gCOD/m^2.d$	
	$J_{LF,0,p}$	30,73	$gCOD/m^2.d$	
	$J_{LF,0,f}$	7,33	$gCOD/m^2.d$	
	MONOD	7,29	$gCOD/m^2.d$	
	JLF a usar	7,33	$gCOD/m^2.d$	
taxa de conversão de substrato por volume de biofilme	r_F	81512,44	$kg/m^3.d$	$(M/L^3\ T)$
	μ_{max}	1,5		
	Yh	0,45	gCOD/gCOD	
	Ks	2		
	$L_{F/Lcrit}$	4,3		
	β	4,19	para β<=1 usar JLF,0,p para β>=1 usar JLF,0,f para β=1 usar JLF,1	
	$k_{0,F}$	3,33	1/d	
	Lf	400,0E-6		
	$k_{0,p.A}$	1,71		
	Lf	400,0E-6		
	$k_{0,f,A}$	7,33		
	Lf	400,0E-6		
	βLF	9,22		

Concentração Celular relativa	Xc1	3361	gSSV/m^3	Adotado *	NBR-12209 *§6.6.15*
Concentração Celular no Tanque de Aeração	Xdisp2	2651	gSSV/m^3		
Concentração Celular aderida	Xader2	32254	gSSV/m^3 mbbr		
Quantidade de solidos aderida		13,22	gSSV/m^2	363 um = 12 gSSV/m^2	
Concentração de Sólidos Suspensos Totais	X	4929	mg SSTTA/l	X_C/(SSV/SST)	
Taxa de Utilização do Substrato:	U2	0,14	kg DBO_R/ kg SSVTA.dia	F/M*E	
Idade do Lodo SUSPENSO	TRSas	1,50	d		
Idade do Lodo no BIOFILME	TRSBF	14,39			
Relação Alimento/Microrganismo:	F/M	0,83	kg DBO/kg SSVTA.dia	CO_T/(V_{TA}.X_C) *	*NBR-12209 §6.6.13*
Fração de P nos solidos em suspensão voláteis	fa	0,81	mg/L		
fração mássica do lodo anaeróbio	fan	0,1	%		
fracao de P nos solidos em suspensao	pf	2,3			
fração de P na biomassa ativa	P/Xa	0,18	mgP/mgXc		
fração de P nos sólidos em suspensão totais calculado	P/Xv calc	0,1021	mgP/mgSS		

limite menor fração de P nos sólidos em suspensão totais	menor p/X	0,02	mgP/mgSS	
fração de P nos sólidos em suspensão totais admitido	P/Xv	0,03	mgP/mgSSV	
Concentração de P removido no lodo excedente	Prem	0,2	mgP/L	
P sol efluente	P sol Efl	9,58	mgP/L	
Taxa Crescim. Bactérias Nitrificantes (cond. ideais)	μ'	0,250	dia^{-1}	$\mu_{max}.(NTK_E/(K_N+NTK_E)$
Correções por Fatores Ambientais				
• temperatura	$\mu_{max(T)}$	0,413	dia^{-1}	$\mu_{max}.1,10^{(T-20)}$
• pH	$\mu_{max(pH)}$	0,334	dia^{-1}	$\mu_{max}.[1-083.(7,2-pH)]$
• oxigênio	$\mu_{max(O_2)}$	0,443	dia^{-1}	$\mu_{max}.(OD/(K_0+OD)$
Taxa Crescim. Bact. Nitrific. (cond. operacionais)	μ_N	0,12	dia^{-1}	$\mu_{max(T)}.\mu_{max(pH)}.\mu_{max(O_2)}.\mu'$
Idade de Lodo Mínima	θ_{Cmin}	8,2	dias	$1/\mu_N$
Produção de Sólidos Voláteis:	P_{SSV}	94,7	gSSV/m³.dia	Xc/θc
Produção de Bactérias Nitrificantes	X_N	0,2	kgX_N/dia	Yn*NTKox
Carga de NTK no lodo excedente		0,3	kg/dia	0,12.pxv liq

Fração de Bact. Nitrificantes nos Sólidos Voláteis	f_N	0,060	gX_N/gX_C	$X_N/V.P_{SSV}$
Pxv	Pxv	2,881	kgSSV/d	
Taxa de Nitrificação	T_{NIT}	244,8	$gNTK/m^3.dia$	$f_N.(X_c.\mu_N)/Y_N$
Carga de NTK a ser Oxidado	NTK_{OX}	2,17	kg/dia	$(\Delta NTK-0,12.V.P_{SSV})$
Carga de NTK passível de Oxidação	L_{NTK}	5,87	kgNTK/dia	$(V.f_N.(X_c.\mu_N)/Y_N)/1000$
Eficiência da Nitrificação	E_{NIT}	100,0	%	
Taxa de crescimento das BOA	yn	0,15	g SSVg H-NH4	
Nitrato gerado		5,66	mgNitrato/L	
O2 Requerido Nitrificação		9,71	kgO2/dia	4,57*NTKox
O2 requerido DBO	O2req	12,38	kgO2/dia	1,46*St1-1,42*pxv
Vazão disponivel	Qar	105,01	Nm^3/h	
% ar aplicada ao tanque	Qar usada	10,40		
Numero de difusores	Ndif	14,00		
Vazão aplicada /m difusor	Qdif	10,00	$Nm^3/h/m$ difusor	(2 a 10)
Coeficiente de transf O2/m difusor		17,29	$gO2/Nm^3*m$ dif	
Ar necessário	O2 req	18,35	Nm^3/h	
	OD	6,11		

concentração de BOA no biofilme	XBF	0,2582	gSSV/m^3
Nitrogenio restante após sintese de DBO	NH0	19,0	gN/m^3
Remoção de amonia no tq nitrificação	JN20	5,07	gN/m^2*d
Remoção de amonia no tq nitrificação (limitação amonia)	JN15	0,396	gN/m^2*d
Amonia Efluente p/nitrificação ultimo tq nitrificação	N	0,30	g/m^3
coeficiente de oxidação	bh20	0,12	g/g*d
fator de correcao para bn	bn20	0,17	
fator de correção temp limitação OD	ΘOD	1,40	
fator de correção temp limitação Amõnia	Θnh4	1,59	
correçao de temperatura para bH	ɵ	1,04	
	ƒd	0,7	
coeficiente de crescimento máx	µmax20	0,9	gSSV/gSSV*d
temperatura do liquido no inverno	Tinv	18	°C
coeficiente bH para 18 (inverno)	bh18	0,1109	g/g*d
coeficiente µmax para 18 graus (inverno)	µmax18	0,7832	g/g*d
coeficiente bn para 18 graus (inverno)	bn18	0,1606	g/g*d
fluxo limitado pela concentração de OD	JN18OD	16,8575	gN/m^2*d

fluxo nitrificação limitado pela amonia	JN18NH4	1,5800	gN/m²*d		
Taxa de nitrificação do biofilme limitado pela DBO		0,0000	gN/m²*d		
Nitrificação pelo Biofilme		0,0	gN*d		
Tanque 4 e 8					
Carga Orgânica Afluente (entrada):	S_{0t3}	149	mg/l	COT/Q	
Carga Fósforo(entrada):	P3	9,6	mg/L		
NTK entrada	NTK3	19,0	mgN/L	17,87084	
Demanda quimica de oxigenio	DQO3	268	mg/L		
Demanda quimica de oxigenio biodegradável	DQOb3	238	mg/L		
Taxa aplicação dqobio		103	gdqobio/m² dia	0,5	
Taxa de remoção dqoBio/m²		27	mgDQObio/m²		
DBO possivel de remoção considerando DQObio	St1	39,019	mg/l		161
DBO removida considerando solidos dispersos	Stdisp	10,86	mg/l		
Fração de Preenchimento	fp1	0,015	%		
Volume do meio suporte		0,36	m³		
Tempo de detenção hidráulica		1,54	h		
Taxa de aplicação		65	gDBO/m² dia		
Área da midia	Amidia	864	m²		
DBO removida pelo MBBR	Stdisp	10,56	mg/l		
	bina	0,20			
	Dw, acetato	8,00E-05	m²/d		
Coeficiente de destacamento	kd	30	[1 d-1 m-1]		
	L_{crit}	93,4E-6	m		

Espessura de inicio de calculo	L_F	400,0E-6	m	Recomendado xx um para não entupir
Coeficiente de difusão no biofilme	D_F	80,0E-6	(L^2/T)	m^2/d
	ud,s	4,80E-06		
concentração do substrato no biofilme	C_F	7,40	(M/L^3)	mg/L
	$k_{1,F}$	1,67	para $C_F>>K_C$	m^3/gCOD.d
densidade do biofilme	X_F	5500	$gCOD/m^3$	
	TRSbiofilme	0,77	d	
	C_{LF}	267,74	mgCOD/l	
	$k_{1,A}$	0,86		
	ε	0,23		
	$J_{LF,1}$	229,19	$gCOD/m^2.d$	
	$J_{LF,0,p}$	28,02	$gCOD/m^2.d$	
	$J_{LF,0,f}$	7,33	$gCOD/m^2.d$	
	MONOD	7,28	$gCOD/m^2.d$	
	JLF a usar	7,33	$gCOD/m^2.d$	

taxa de conversão de substrato por volume de biofilme	r_F	67816,89	kg/m^3.d (M/L^3 T)		
	μ_{max}	1,5			
	Yh	0,45	gCOD/gCOD		
	Ks	2			
	$L_{F/Lcrit}$	4,3			
	β	3,82	para β<=1 usar JLF,0,p para β>=1 usar JLF,0,f para β=1 usar JLF,1		
	$k_{0,F}$	3,33	1/d		
	Lf	400,0E-6			
	$k_{0,p.A}$	1,71			
	Lf	400,0E-6			
	$k_{0,f,A}$	7,33			
	Lf	400,0E-6			
	βLF	8,41			
Concentração Celular relativa	Xc1	2394	gSSV/m^3	Adotado *	NBR-12209 *§6.6.15*
Concentração Celular no Tanque de Aeração	Xdisp3	2185	gSSV/m^3		
Concentração Celular aderida	Xader3	16128	gSSV/m^3 mbbr		
Quantidade de solidos aderida		13,22	gSSV/m^2	363 um = 12 gSSV/m^2	
Concentração de Sólidos Suspensos Totais	X	3510	mg SSTTA/l	Xc/(SSV/SST)	
Taxa de Utilização do Substrato:	U2	0,14	kg DBO$_R$/ kg SSVTA.dia	F/M*E	

Idade do Lodo SUSPENSO	TRSas	1,50	d		
Idade do Lodo no BIOFILME	TRSBF	14,39			
Relação Alimento/Microrganismo:	F/M	0,97	kg DBO/kg SSVTA.dia	$CO_T/(V_{TA}.X_C)$ *	*NBR-12209 §6.6.13*
Fração de P nos solidos em suspensão voláteis	fa	0,81	mg/L		
fração mássica do lodo anaeróbio	fan	0,1	%		
fracao de P nos solidos em suspensao	pf	1,5			
fração de P na biomassa ativa	P/Xa	0,15	mgP/mgXc		
fração de P nos sólidos em suspensão totais calculado	P/Xv calc	0,0823	mgP/mgSS		
limite menor fração de P nos sólidos em suspensão totais	menor p/X	0,02	mgP/mgSS		
fração de P nos sólidos em suspensão totais admitido	P/Xv	0,03	mgP/mgSSV		
Concentração de P removido no lodo excedente	Prem	0,1	mgP/L		
P sol efluente	P sol Efl	9,43	mgP/L		
Taxa Crescim. Bactérias Nitrificantes (cond. ideais)	μ'	0,250	dia^{-1}	$\mu_{max}.(NTK_E/(K_N+NTK_E)$	
Correções por Fatores Ambientais					
• temperatura	$\mu_{max(T)}$	0,413	dia^{-1}	$\mu_{max}.1,10^{(T-20)}$	

• pH	$\mu_{max(pH)}$	0,334	dia^{-1}	$\mu_{max}.[1-083.(7,2-pH)]$
• oxigênio	$\mu_{max(O_2)}$	0,445	dia^{-1}	$\mu_{max}.(OD/(K_0+OD)$
Taxa Crescim. Bact. Nitrific. (cond. operacionais)	μ_N	0,12	dia^{-1}	$\mu_{max(T)}.\mu_{max(pH)}.\mu_{max(O_2)}.\mu'$
Idade de Lodo Mínima	θ_{Cmin}	8,1	dias	$1/\mu_N$
Produção de Sólidos Voláteis:	P_{SSV}	78,0	gSSV/m³.dia	X_c/θ_c
Produção de Bactérias Nitrificantes	X_N	0,2	kgX_N/dia	Yn*NTKox
Carga de NTK no lodo excedente		0,2	kg/dia	0,12.pxv liq
Fração de Bact. Nitrificantes nos Sólidos Voláteis	f_N	0,086	gX_N/gX_C	$X_N/V.P_{SSV}$
Pxv	Pxv	2,052	kgSSV/d	
Taxa de Nitrificação	T_{NIT}	287,3	gNTK/m³.dia	$f_N.(X_c.\mu_N)/Y_N$
Carga de NTK a ser Oxidado	NTK_{OX}	2,20	kg/dia	(ΔNTK-0,12.V.P_{SSV})
Carga de NTK passível de Oxidação	L_{NTK}	6,90	kgNTK/dia	$(V.f_N.(X_c.\mu_N)/Y_N)/1000$
Eficiência da Nitrificação	E_{NIT}	100,0	%	
Taxa de crescimento das BOA	yn	0,15	g SSVg H-NH4	

Nitrato gerado		5,66	mgNitrato/L	
O2 Requerido Nitrificação		9,93	kgO2/dia	4,57*NTKox
O2 requerido DBO	O2req	8,81	kgO2/dia	1,46*St1-1,42*pxv
Vazão disponivel	Qar	105,01	Nm^3/h	
% ar aplicada ao tanque	Qar usada	10,40		
Numero de difusores	Ndif	14,00		
Vazão aplicada /m difusor	Qdif	10,00	$Nm^3/h/m$ difusor	(2 a 10)
Coeficiente de transf O2/m difusor		17,29	$gO2/Nm^3*m$ dif	
Ar necessário	O2 req	15,58	Nm^3/h	
	OD	6,48		
concentração de BOA no biofilme	XBF	0,2582	$gSSV/m^3$	
Nitrogenio restante após sintese de DBO	NH0	8,0	gN/m^3	
Remoção de amonia no tq nitrificação	JN20	4,07	gN/m^2*d	
Remoção de amonia no tq nitrificação (limitação amonia)	JN15	0,396	gN/m^2*d	
Amonia Efluente p/nitrificação ultimo tq nitrificação	N	0,30	g/m^3	
coeficiente de oxidação	bh20	0,12	g/g*d	
fator de correcao para bn	bn20	0,17		
fator de correção temp limitação OD	ΘOD	1,44		

fator de correção temp limitação Amõnia	Θnh4	1,68		
correçao de temperatura para bH	ɵ	1,04		
	ƒd	0,7		
coeficiente de crescimento máx	µmax20	0,9	gSSV/gSSV*d	
temperatura do liquido no inverno	Tinv	18	°C	
coeficiente bH para 18 (inverno)	bh18	0,1109	g/g*d	
coeficiente µmax para 18 graus (inverno)	µmax18	0,7832	g/g*d	
coeficiente bn para 18 graus (inverno)	bn18	0,1606	g/g*d	
fluxo limitado pela concentração de OD	JN18OD	19,5062	gN/m^2*d	
fluxo nitrificação limitado pela amonia	JN18NH4	1,8653	gN/m^2*d	
Taxa de nitrificação do biofilme limitado pela DBO		0,0000	gN/m^2*d	
Nitrificação pelo Biofilme		0,0	gN*d	
Tanque 5 e 9				
Carga Orgânica Afluente (entrada):	S0t3	127	mg/l	COT/Q
Carga Fósforo(entrada):	P3	9,4	mg/L	
NTK entrada	NTK3	8,0	mgN/L	17,16144
Demanda quimica de oxigenio	DQO3	229	mg/L	
Demanda quimica de oxigenio biodegradável	DQOb3	204	mg/L	
Taxa aplicação dqobio		78	gdqobio/m^2 dia	0,5

Taxa de remoção dqoBio/m^2		28	mgDQObio/m^2		
DBO possivel de remoção considerando DQObio	St1	45,772	mg/l		142
DBO removida considerando solidos dispersos	Stdisp	9,32	mg/l		
Fração de Preenchimento	fp1	0,017	%		
Volume do meio suporte		0,41	m^3		
Tempo de detenção hidráulica		1,54	h		
Taxa de aplicação		49	gDBO/m^2 dia		
Área da midia	Amidia	979	m^2		
DBO removida pelo MBBR	Stdisp	11,97	mg/l		
	bina	0,20			
	Dw, acetato	8,00E-05	m^2/d		
Coeficiente de destacamento	kd	31	[1 d-1 m-1]		
	L_{crit}	93,4E-6	m		
Espessura de inicio de calculo	L_F	400,0E-6	m	Recomendado xx um para não entupir	
Coeficiente de difusão no biofilme	D_F	80,0E-6	(L^2/T)	m^2/d	
	ud,s	4,96E-06			
concentração do substrato no biofilme	C_F	6,33	(M/L^3)	mg/L	
	$k_{1,F}$	1,67	para C_F>>K_C	m^3/gCOD.d	

densidade do biofilme	X_F	5500	$gCOD/m^3$	
	TRSbiofilme	0,77	d	
	C_{LF}	229,19	mgCOD/l	
	$k_{1,A}$	0,86		
	ε	0,23		
	$J_{LF,1}$	196,19	$gCOD/m^2.d$	
	$J_{LF,0,p}$	25,93	$gCOD/m^2.d$	
	$J_{LF,0,f}$	7,33	$gCOD/m^2.d$	
	MONOD	7,27	$gCOD/m^2.d$	
	JLF a usar	7,33	$gCOD/m^2.d$	
taxa de conversão de substrato por volume de biofilme	r_F	58050,68	$kg/m^3.d$	$(M/L^3\ T)$
	μ_{max}	1,5		
	Yh	0,45	gCOD/gCOD	
	Ks	2		
	$L_{F/Lcrit}$	4,3		
	β	3,54	para β<=1 usar JLF,0,p para β>=1 usar JLF,0,f para β=1 usar JLF,1	
	$k_{0,F}$	3,33	1/d	
	Lf	400,0E-6		
	$k_{0,p.A}$	1,71		
	Lf	400,0E-6		
	$k_{0,f,A}$	7,33		
	Lf	400,0E-6		
	βLF	7,78		

Concentração Celular relativa	Xc1	2379	gSSV/m^3	Adotado *	NBR-12209 *§6.6.15*
Concentração Celular no Tanque de Aeração	Xdisp3	1874	gSSV/m^3		
Concentração Celular aderida	Xader3	31559	gSSV/m^3 mbbr		
Quantidade de solidos aderida		13,22	gSSV/m^2	363 um = 12 gSSV/m^2	
Concentração de Sólidos Suspensos Totais	X	3488	mg SSTTA/l	X_C/(SSV/SST)	
Taxa de Utilização do Substrato:	U2	0,14	kg DBO_R/ kg SSVTA.dia	F/M*E	
Idade do Lodo SUSPENSO	TRSas	1,50	d		
Idade do Lodo no BIOFILME	TRSBF	14,39			
Relação Alimento/Microrganismo:	F/M	0,84	kg DBO/kg SSVTA.dia	CO_T/(V_{TA}.X_C) *	*NBR-12209 §6.6.13*
Fração de P nos solidos em suspensão voláteis	fa	0,81	mg/L		
fração mássica do lodo anaeróbio	fan	0,1	%		
fracao de P nos solidos em suspensao	pf	0,9			
fração de P na biomassa ativa	P/Xa	0,12	mgP/mgXc		
fração de P nos sólidos em suspensão totais calculado	P/Xv calc	0,0656	mgP/mgSS		

limite menor fração de P nos sólidos em suspensão totais	menor p/X	0,02	mgP/mgSS	
fração de P nos sólidos em suspensão totais admitido	P/Xv	0,03	mgP/mgSSV	
Concentração de P removido no lodo excedente	Prem	0,1	mgP/L	
P sol efluente	P sol Efl	9,31	mgP/L	
Taxa Crescim. Bactérias Nitrificantes (cond. ideais)	μ'	0,250	dia^{-1}	$\mu_{max}.(NTK_E/(K_N+NTK_E)$
Correções por Fatores Ambientais				
• temperatura	$\mu_{max(T)}$	0,413	dia^{-1}	$\mu_{max}.1,10^{(T-20)}$
• pH	$\mu_{max(pH)}$	0,334	dia^{-1}	$\mu_{max}.[1-083.(7,2-pH)]$
• oxigênio	$\mu_{max(O_2)}$	0,449	dia^{-1}	$\mu_{max}.(OD/(K_0+OD)$
Taxa Crescim. Bact. Nitrific. (cond. operacionais)	μ_N	0,12	dia^{-1}	$\mu_{max(T)}.\mu_{max(pH)}.\mu_{max(O_2)}.\mu'$
Idade de Lodo Mínima	θ_{Cmin}	8,1	dias	$1/\mu_N$
Produção de Sólidos Voláteis:	P_{SSV}	66,9	gSSV/m³.dia	Xc/θc
Produção de Bactérias Nitrificantes	X_N	0,2	kgX_N/dia	Yn*NTKox
Carga de NTK no lodo excedente		0,2	kg/dia	0,12.pxv liq

Fração de Bact. Nitrificantes nos Sólidos Voláteis	f_N	0,087	gX_N/gX_C	$X_N/V.P_{SSV}$
Pxv	Pxv	2,039	kgSSV/d	
Taxa de Nitrificação	T_{NIT}	252,1	$gNTK/m^3.dia$	$f_N.(X_c.\mu_N)/Y_N$
Carga de NTK a ser Oxidado	NTK_{OX}	2,21	kg/dia	(ΔNTK-0,12.V.P_{SSV})
Carga de NTK passível de Oxidação	L_{NTK}	6,05	kgNTK/dia	$(V.f_N.(X_c.\mu_N)/Y_N)/1000$
Eficiência da Nitrificação	E_{NIT}	100,0	%	
Taxa de crescimento das BOA	yn	0,15	g SSVg H-NH4	
Nitrato gerado		5,66	mgNitrato/L	
O2 Requerido Nitrificação		9,71	kgO2/dia	4,57*NTKox
O2 requerido DBO	O2req	8,76	kgO2/dia	1,46*St1-1,42*pxv
Vazão disponivel	Qar	60,08	Nm^3/h	
% ar aplicada ao tanque	Qar usada	5,95		
Numero de difusores	Ndif	8,00		
Vazão aplicada /m difusor	Qdif	10,01	$Nm^3/h/m$ difusor	(2 a 10)
Coeficiente de transf O2/m difusor		17,29	$gO2/Nm^3*m$ dif	
Ar necessário	O2 req	7,28	Nm^3/h	
	OD	6,87		

concentração de BOA no biofilme	XBF	0,2582	$gSSV/m^3$
Nitrogenio restante após sintese de DBO	NH0	-1,5	gN/m^3
Remoção de amonia no tq nitrificação	JN20	2,07	gN/m^2*d
Remoção de amonia no tq nitrificação (limitação amonia)	JN15	0,396	gN/m^2*d
Amonia Efluente p/nitrificação ultimo tq nitrificação	N	0,30	g/m^3
coeficiente de oxidação	bh20	0,12	g/g*d
fator de correcao para bn	bn20	0,17	
fator de correção temp limitação OD	ΘOD	1,48	
fator de correção temp limitação Amõnia	Θnh4	1,77	
correçao de temperatura para bH	ɵ	1,04	
	ƒd	0,7	
coeficiente de crescimento máx	µmax20	0,9	gSSV/gSSV*d
temperatura do liquido no inverno	Tinv	18	°C
coeficiente bH para 18 (inverno)	bh18	0,1109	g/g*d
coeficiente µmax para 18 graus (inverno)	µmax18	0,7832	g/g*d
coeficiente bn para 18 graus (inverno)	bn18	0,1606	g/g*d
fluxo limitado pela concentração de OD	JN18OD	22,2960	gN/m^2*d

fluxo nitrificação limitado pela amonia	JN18NH4	2,1901	gN/m^2*d	
Taxa de nitrificação do biofilme limitado pela DBO		0,0000	gN/m^2*d	
Nitrificação pelo Biofilme		0,0	gN/m^3*d	
Saída				
Carga Orgânica Afluente (entrada):	S_{0t3}	106	mg/l	CO_T/Q
Carga Fósforo(entrada):	P3	9,3	mg/L	
NTK entrada	NTK3	0,0	mgN/L	18,96628

ANEXO 1.3- MEMORIAL DE CÁLCULO 750 m^3/dia FP 11%

Dimensionamento espessura Biofilme				
		Fim de plano		
Vazão de entrada	Q1	375,00	m^3/dia	
Superficie especifica disponível	SSA	2400	m^2/m^3	
Volume do tanque	Vt	24,000	m^3	
Tanque 2 e 6				
Carga Orgânica Afluente (entrada):	S_{0t1}	240	mg/l	CO_T/Q
Carga Fósforo(entrada):	P1	10,0	mg/L	
NTK entrada	NTK1	50,0	mgN/L	
Demanda quimica de oxigenio	DQO1	432	mg/L	
Demanda quimica de oxigenio biodegradável	DQOb1	384	mg/L	
Taxa aplicação dqobio		23	gdqobio/m^2 dia	
Taxa de remoção dqoBio/m^2		13	gDQObio/m^2	
DBO possivel de remoção considerando DQObio	St1	139,363	mg/l	
DBO removida considerando solidos dispersos	Stdisp	18,27	mg/l	
Fração de Preenchimento	fp1	0,110	%	
Volume do meio suporte		2,64	m^3	
Tempo de detenção hidráulica		1,54	h	
Taxa de aplicação		14,205	gDBO/m^2 dia	

Área da midia	Amidia	6336	m^2	
DBO removida pelo MBBR	Stdisp	54,91	mg/l	
	bina	0,05		
	Dw, acetato	8,00E-05	m^2/d	
Coeficiente de destacamento	kd	30	[1 d-1 m-1]	
	L_{crit}	69,3E-6	m	
Espessura de inicio de calculo	L_F	156,0E-6	m	Recomendado xx um para não entupir
Coeficiente de difusão no biofilme	D_F	80,0E-6	(L^2/T)	m^2/d
	ud,s	7,30E-07		
concentração do substrato no biofilme	C_F	89,92	(M/L^3)	mg/L
	$k_{1,F}$	1,67	para $C_F>>K_C$	m^3/gCOD.d
densidade do biofilme	X_F	10000	$gCOD/m^3$	
	TRSbiofilme	x	d	
	C_{LF}	432,00	mgCOD/l	
	$k_{1,A}$	1,13		
	ε	0,43		
	$J_{LF,1}$	487,91	$gCOD/m^2.d$	
	$J_{LF,0,p}$	48,00	$gCOD/m^2.d$	

	$J_{LF,0,f}$	5,20	gCOD/m^2.d		0,55
	MONOD	5,18	gCOD/m^2.d		
	JLF a usar	5,20	gCOD/m^2.d		
taxa de conversão de substrato por volume de biofilme	r_F	1498629,41	kg/m^3.d	(M/L^3 T)	
	μ_{max}	1,5			
	Yh	0,45	gCOD/gCOD		
	Ks	2			
	$L_{F/Lcrit}$	2,3			
	β	9,23	para β<=1 usar JLF,0,p para β>=1 usar JLF,0,f para β=1 usar JLF,1		
	$k_{0,F}$	3,33	1/d		
	Lf	156,0E-6			
	$k_{0,p.A}$	2,31			
	Lf	156,0E-6			
	$k_{0,f,A}$	5,20			
	Lf	156,0E-6			
	βLF	14,40			
Concentração Celular relativa	Xc1	8179	gSSV/m^3	Adotado *	
Concentração Celular no Tanque de Aeração	Xdisp1	3676	gSSV/m^3		
Concentração Celular aderida	Xader1	44611	gSSV/m^3 mbbr		
Quantidade de solidos aderida	XH	5,16	gSSV/m^2	363 um = 12 gSSV/m^2	
Concentração de Sólidos Suspensos Totais Relativa		11994	mg/L SST	Xc/(SSV/SST)	

Taxa de Utilização do Substrato:	U1	0,14	kg DBO$_R$/ kg SSVTA.dia	F/M*E	
Idade do Lodo SUSPENSO	TRSas	1,40	d		
Idade do Lodo no BIOFILME	TRSBF	26,600	d		
Relação Alimento/Microrganismo:	F/M	0,46	kg DBO/kg SSVTA.dia	$CO_T/(V_{TA}.X_c)$ *	*NBR-12209 §6.6.13*
Fração de P nos solidos em suspensão voláteis	fa	0,81			
fração mássica do lodo anaeróbio	fan	0,1			
fracao de P nos solidos em suspensao	pf	4,0			
fração de P na biomassa ativa	P/Xa	0,24	mgP/mgXc		
fração de P nos sólidos em suspensão totais calculado	P/Xv calc	0,1321	mgP/mgSS		
limite menor fração de P nos sólidos em suspensão totais	menor p/X	0,02	mgP/mgSS		
fração de P nos sólidos em suspensão totais admitido	P/Xv	0,03	mgP/mgSSV		
Concentração de P removido no lodo excedente	Prem	0,2	mgP/L		
P sol efluente	P sol Efl	9,75	mgP/L		

Taxa Crescim. Bactérias Nitrificantes (cond. ideais)	μ'	0,250	dia^{-1}	$\mu_{max}.(NTK_E/(K_N+NTK_E)$
Correções por Fatores Ambientais				
• temperatura	$\mu_{max(T)}$	0,413	dia^{-1}	$\mu_{max}.1,10^{(T-20)}$
• pH	$\mu_{max(pH)}$	0,334	dia^{-1}	$\mu_{max}.[1-083.(7,2-pH)]$
• oxigênio	$\mu_{max(O_2)}$	0,421	dia^{-1}	$\mu_{max}.(OD/(K_0+OD)$
Taxa Crescim. Bact. Nitrific. (cond. operacionais)	μ_N	0,12	dia^{-1}	$\mu_{max(T)}.\mu_{max(pH)}.\mu_{max(O_2)}.\mu'$
Idade de Lodo Mínima	θ_{Cmin}	8,6	dias	$1/\mu_N$
Produção de Sólidos Voláteis:	P_{SSV}	131,3	$gSSV/m^3.dia$	X_c/θ_c
Produção de Bactérias Nitrificantes	X_N	0,2	kgX_N/dia	Yn*NTKox
Carga de NTK no lodo excedente		0,8	kg/dia	0,12.pxv liq
Fração de Bact. Nitrificantes nos Sólidos Voláteis	f_N	0,024	gX_N/gX_C	$X_N/V.P_{SSV}$
Pxv	Pxv	7,011	kgSSV/d	
Taxa de Nitrificação	T_{NIT}	129,1	$gNTK/m^3.dia$	$f_N.(X_c.\mu_N)/Y_N$
Carga de NTK a ser Oxidado	NTK_{OX}	2,12	kg/dia	$(\Delta NTK-0,12.V.P_{SSV})$

Carga de NTK passível de Oxidação	L_{NTK}	3,10	kgNTK/dia	$(V.f_N.(X_c.\mu_N)/Y_N)/1000$
Eficiência da Nitrificação	E_{NIT}	100,0	%	
Taxa de crescimento das BOA	yn	0,15	g SSVg H-NH4	
Nitrato gerado		5,66	mgNitrato/L	
O2 Requerido Nitrificação		9,69	kgO2/dia	4,57*NTKox
O2 requerido DBO	O2req	30,11	kgO2/dia	1,46*St1-1,42*pxv
Vazão disponivel	Qar	74,72	Nm^3/h	
% ar aplicada ao tanque	Qar usada	7,40		
Numero de difusores	Ndif	10,00		
Vazão aplicada /m difusor	Qdif	9,96	$Nm^3/h/m$ difusor	(2 a 10)
Coeficiente de transf O2/m difusor		17,31	$gO2/Nm^3*m$ dif	
Ar necessário	O2 req	33,05	Nm^3/h	
	OD	2,34		
concentração de BOA no biofilme	XBF	0,2998	$gSSV/m^2$	
Nitrogenio restante após sintese de DBO	NH0	32,1	gN/m^3	
Remoção de amonia no tq nitrificação	JN20	5,07	gN/m^2*d	
Remoção de amonia no tq nitrificação (limitação amonia)	JN15	0,396	gN/m^2*d	

Amonia Efluente p/nitrificação ultimo tq nitrificação	N	0,30	g/m^3	
coeficiente de oxidação	bh20	0,12	g/g*d	
fator de correcao para bn	bn20	0,17	g/g*d	
fator de correção temp limitação OD	ΘOD	0,70		
fator de correção temp limitação Amõnia	Θnh4	0,63		
correçao de temperatura para bH	ɵ	1,04		
	ƒd	0,7		
coeficiente de crescimento máx	µmax20	0,9	gSSV/gSSV*d	
temperatura do liquido no inverno	Tinv	18	°C	
coeficiente bH para 18 (inverno)	bh18	0,1109	g/g*d	
coeficiente µmax para 18 graus (inverno)	µmax18	0,7832	g/g*d	
coeficiente bn para 18 graus (inverno)	bn18	0,1606	g/g*d	
fluxo limitado pela concentração de OD	JN18OD	0,7970	gN/m^2*d	
fluxo nitrificação limitado pela amonia	JN18NH4	0,0971	gN/m^2*d	
Taxa de nitrificação do biofilme limitado pela DBO		0,0000	gN/m^2*d	
Nitrificação pelo Biofilme		0,0	gN*d	
Tanque 3 e 7				
Carga Orgânica Afluente (entrada):	S_{0t2}	167	mg/l	CO_T/Q
Carga Fósforo(entrada):	P2	9,8	mg/L	

NTK entrada	NTK1	32,1	mgN/L	
Demanda quimica de oxigenio	DQO2	300	mg/L	
Demanda quimica de oxigenio biodegradável	DQOb2	267	mg/L	
Taxa aplicação dqobio		16	gdqobio/m^2 dia	
Taxa de remoção dqoBio/m^2		10	mgDQObio/m^2	
DBO possivel de remoção considerando DQObio	St1	102,403	mg/l	
DBO removida considerando solidos dispersos	Stdisp	12,70	mg/l	
Fração de Preenchimento	fp1	0,110	%	
Volume do meio suporte		2,64	m^3	
Tempo de detenção hidráulica		1,54	h	
Taxa de aplicação		10	gDBO/m^2 dia	
Área da midia	Amidia	6336	m^2	
DBO removida pelo MBBR	Stdisp	52,80	mg/l	
	bina	0,05		
	Dw, acetato	8,00E-05	m^2/d	
Coeficiente de destacamento	kd	30	[1 d-1 m-1]	
	L_{crit}	69,3E-6	m	
Espessura de inicio de calculo	L_F	150,0E-6	m	Recomendado xx um para não entupir
Coeficiente de difusão no biofilme	D_F	80,0E-6	(L^2/T)	m^2/d
	ud,s	6,75E-07		

concentração do substrato no biofilme	C_F	68,01	(M/L^3)	mg/L
	$k_{1,F}$	1,67	para $C_F>>K_C$	m^3/gCOD.d
densidade do biofilme	X_F	10000	$gCOD/m^3$	
	TRSbiofilme	h	d	
	C_{LF}	300,26	mgCOD/l	
	$k_{1,A}$	1,12		
	ε	0,45		
	$J_{LF,1}$	337,70	$gCOD/m^2.d$	
	$J_{LF,0,p}$	40,02	$gCOD/m^2.d$	
	$J_{LF,0,f}$	5,00	$gCOD/m^2.d$	
	MONOD	4,97	$gCOD/m^2.d$	
	JLF a usar	5,00	$gCOD/m^2.d$	
taxa de conversão de substrato por volume de biofilme	r_F	1133510,66	$kg/m^3.d$	$(M/L^3\ T)$
	μ_{max}	1,5		
	Yh	0,45	gCOD/gCOD	
	Ks	2		
	$L_{F/Lcrit}$	2,2		
	β	8,00	para β<=1 usar JLF,0,p para β>=1 usar JLF,0,f para β=1 usar JLF,1	
	$k_{0,F}$	3,33	1/d	

	Lf	150,0E-6			
	$k_{0,p.A}$	2,31			
	Lf	150,0E-6			
	$k_{0,f,A}$	5,00			
	Lf	150,0E-6			
	βLF	12,01			
Concentração Celular relativa	Xc1	7320	gSSV/m^3 tq	Adotado *	NBR-12209 *§6.6.15*
Concentração Celular no Tanque de Aeração	Xdisp1	2555	mg SSVTA/l		
Concentração Celular aderida	Xader1	45874	kg		
Quantidade de solidos aderida	XH	4,96	gSSV/m^2		
Concentração de Sólidos Suspensos Totais	X	10734	mg SSTTA/l	Xc/(SSV/SST)	
Taxa de Utilização do Substrato:	U2	0,14	kg DBOR/ kg SSVTA.dia	F/M*E	
Idade do Lodo SUSPENSO	TRSas	1,40	d		
Idade do Lodo no BIOFILME	TRSBF	14,49			
Relação Alimento/Microrganismo:	F/M	0,36	kg DBO/kg SSVTA.dia	COT/(VTA.Xc) *	*NBR-12209 §6.6.13*
Fração de P nos solidos em suspensão voláteis	fa	0,81	mg/L		
fração mássica do lodo anaeróbio	fan	0,1	%		
fracao de P nos solidos em suspensao	pf	2,0			

fração de P na biomassa ativa	P/Xa	0,17	mgP/mgXc	
fração de P nos sólidos em suspensão totais calculado	P/Xv calc	0,0947	mgP/mgSS	
limite menor fração de P nos sólidos em suspensão totais	menor p/X	0,02	mgP/mgSS	
fração de P nos sólidos em suspensão totais admitido	P/Xv	0,03	mgP/mgSSV	
Concentração de P removido no lodo excedente	Prem	0,2	mgP/L	
P sol efluente	P sol Efl	9,58	mgP/L	
Taxa Crescim. Bactérias Nitrificantes (cond. ideais)	μ'	0,250	dia^{-1}	$\mu_{max}.(NTK_E/(K_N+NTK_E)$
Correções por Fatores Ambientais				
• temperatura	$\mu_{max(T)}$	0,413	dia^{-1}	$\mu_{max}.1,10^{(T-20)}$
• pH	$\mu_{max(pH)}$	0,334	dia^{-1}	$\mu_{max}.[1-083.(7,2-pH)]$
• oxigênio	$\mu_{max(O_2)}$	0,443	dia^{-1}	$\mu_{max}.(OD/(K_0+OD)$
Taxa Crescim. Bact. Nitrific. (cond. operacionais)	μ_N	0,12	dia^{-1}	$\mu_{max(T)}.\mu_{max(pH)}.\mu_{max(O_2)}.\mu'$
Idade de Lodo Mínima	θ_{Cmin}	8,2	dias	$1/\mu_N$
Produção de Sólidos Voláteis:	P_{SSV}	91,3	$gSSV/m^3.dia$	$Xc/\theta c$

Produção de Bactérias Nitrificantes	X_N	0,2	kgX_N/dia	Yn*NTKox
Carga de NTK no lodo excedente		0,8	kg/dia	0,12.pxv liq
Fração de Bact. Nitrificantes nos Sólidos Voláteis	f_N	0,028	gX_N/gX_C	X_N/V.P_{SSV}
Pxv	Pxv	6,274	kgSSV/d	
Taxa de Nitrificação	T_{NIT}	108,6	gNTK/m³.dia	f_N.(X_C.μ_N)/Y_N
Carga de NTK a ser Oxidado	NTK_{OX}	2,18	kg/dia	(ΔNTK-0,12.V.P_{SSV})
Carga de NTK passível de Oxidação	L_{NTK}	2,61	kgNTK/dia	(V.f_N.(X_C.μ_N)/Y_N)/1000
Eficiência da Nitrificação	E_{NIT}	100,0	%	
Taxa de crescimento das BOA	yn	0,15	g SSVg H-NH4	
Nitrato gerado		5,66	mgNitrato/L	
O2 Requerido Nitrificação		9,69	kgO2/dia	4,57*NTKox
O2 requerido DBO	O2req	26,95	kgO2/dia	1,46*St1-1,42*pxv
Vazão disponivel	Qar	105,01	Nm³/h	
% ar aplicada ao tanque	Qar usada	10,40		
Numero de difusores	Ndif	14,00		
Vazão aplicada /m difusor	Qdif	10,00	Nm³/h/m difusor	(2 a 10)

Coeficiente de transf O2/m difusor		17,29	gO2/Nm³*m dif
Ar necessário	O2 req	30,45	Nm³/h
	OD	4,49	
concentração de BOA no biofilme	XBF	0,2588	gSSV/m³
Nitrogenio restante após sintese de DBO	NH0	19,6	gN/m³
Remoção de amonia no tq nitrificação	JN20	5,07	gN/m²*d
Remoção de amonia no tq nitrificação (limitação amonia)	JN15	0,396	gN/m²*d
Amonia Efluente p/nitrificação ultimo tq nitrificação	N	0,30	g/m³
coeficiente de oxidação	bh20	0,12	g/g*d
fator de correcao para bn	bn20	0,17	
fator de correção temp limitação OD	ΘOD	1,16	
fator de correção temp limitação Amõnia	Θnh4	1,18	
correçao de temperatura para bH	ɵ	1,04	
	ƒd	0,7	
coeficiente de crescimento máx	µmax20	0,9	gSSV/gSSV*d
temperatura do liquido no inverno	Tinv	18	°C
coeficiente bH para 18 (inverno)	bh18	0,1109	g/g*d
coeficiente µmax para 18 graus (inverno)	µmax18	0,7832	g/g*d

coeficiente bn para 18 graus (inverno)	bn18	0,1606	g/g*d		
fluxo limitado pela concentração de OD	JN18OD	7,0614	gN/m^2*d		
fluxo nitrificação limitado pela amonia	JN18NH4	0,6552	gN/m^2*d		
Taxa de nitrificação do biofilme limitado pela DBO		0,0000	gN/m^2*d		
Nitrificação pelo Biofilme		0,0	gN*d		
Tanque 4 e 8					
Carga Orgânica Afluente (entrada):	S0t3	101	mg/l	COT/Q	
Carga Fósforo(entrada):	P3	9,6	mg/L		
NTK entrada	NTK3	19,6	mgN/L	17,87084	
Demanda quimica de oxigenio	DQO3	182	mg/L		
Demanda quimica de oxigenio biodegradável	DQOb3	162	mg/L		
Taxa aplicação dqobio		10	gdqobio/m^2 dia	0,5	
Taxa de remoção dqoBio/m^2		6	mgDQObio/m^2		
DBO possivel de remoção considerando DQObio	St1	66,055	mg/l		161
DBO removida considerando solidos dispersos	Stdisp	7,71	mg/l		
Fração de Preenchimento	fp1	0,110	%		
Volume do meio suporte		2,64	m^3		
Tempo de detenção hidráulica		1,54	h		
Taxa de aplicação		6	gDBO/m^2 dia		
Área da midia	Amidia	6336	m^2		
DBO removida pelo MBBR	Stdisp	51,39	mg/l		

	bina	0,05		
	Dw, acetato	8,00E-05	m^2/d	
Coeficiente de destacamento	kd	30	[1 d-1 m-1]	
	L_{crit}	69,3E-6	m	
Espessura de início de calculo	L_F	146,0E-6	m	Recomendado xx um para não entupir
Coeficiente de difusão no biofilme	D_F	80,0E-6	(L^2/T)	m^2/d
	ud,s	6,39E-07		
concentração do substrato no biofilme	C_F	43,69	(M/L^3)	mg/L
	$k_{1,F}$	1,67	para $C_F>>K_C$	m^3/gCOD.d
densidade do biofilme	X_F	10000	$gCOD/m^3$	
	TRSbiofilme	x	d	
	C_{LF}	182,36	mgCOD/l	
	$k_{1,A}$	1,12		
	ε	0,46		
	$J_{LF,1}$	204,44	$gCOD/m^2.d$	
	$J_{LF,0,p}$	31,19	$gCOD/m^2.d$	
	$J_{LF,0,f}$	4,87	$gCOD/m^2.d$	

	MONOD	4,81	gCOD/m^2.d			
	JLF a usar	4,87	gCOD/m^2.d			
taxa de conversão de substrato por volume de biofilme	r_F	728175,15	kg/m^3.d	(M/L^3 T)		
	μ_{max}	1,5				
	Yh	0,45	gCOD/gCOD			
	Ks	2				
	$L_{F/Lcrit}$	2,1				
	β	6,41		para β<=1 usar JLF,0,p para β>=1 usar JLF,0,f para β=1 usar JLF,1		
	$k_{0,F}$	3,33	1/d			
	Lf	146,0E-6				
	$k_{0,p.A}$	2,31				
	Lf	146,0E-6				
	$k_{0,f,A}$	4,87				
	Lf	146,0E-6				
	βLF	9,36				
Concentração Celular relativa	Xc1	6605	gSSV		Adotado *	NBR-12209 *§6.6.15*
Concentração Celular no Tanque de Aeração	Xdisp1	1552	mg SSVTA/l			
Concentração Celular aderida	Xader1	47494	g			
Quantidade de solidos aderida	XH	4,83	gSSV/m^2			
Concentração de Sólidos Suspensos Totais	X	9686	mg SSTTA/l		X_C/(SSV/SST)	
Taxa de Utilização do Substrato:	U2	0,14	kg DBO_R/ kg SSVTA.dia	F/M*E		

Idade do Lodo SUSPENSO	TRSas	1,40	d		
Idade do Lodo no BIOFILME	TRSBF	14,49			
Relação Alimento/Microrganismo:	F/M	0,24	kg DBO/kg SSVTA.dia	$CO_T/(V_{TA}.X_C)$ *	*NBR-12209 §6.6.13*
Fração de P nos solidos em suspensão voláteis	fa	0,81	mg/L		
fração mássica do lodo anaeróbio	fan	0,1	%		
fracao de P nos solidos em suspensao	pf	0,2			
fração de P na biomassa ativa	P/Xa	0,08	mgP/mgXc		
fração de P nos sólidos em suspensão totais calculado	P/Xv calc	0,0420	mgP/mgSS		
limite menor fração de P nos sólidos em suspensão totais	menor p/X	0,02	mgP/mgSS		
fração de P nos sólidos em suspensão totais admitido	P/Xv	0,03	mgP/mgSSV		
Concentração de P removido no lodo excedente	Prem	0,1	mgP/L		
P sol efluente	P sol Efl	9,48	mgP/L		
Taxa Crescim. Bactérias Nitrificantes (cond. ideais)	μ'	0,250	dia^{-1}	$\mu_{max}.(NTK_E/(K_N+NTK_E)$	
Correções por Fatores Ambientais					

• temperatura	$\mu_{max(T)}$	0,413	dia^{-1}	$\mu_{max}.1,10^{(T-20)}$
• pH	$\mu_{max(pH)}$	0,334	dia^{-1}	$\mu_{max}.[1-083.(7,2-pH)]$
• oxigênio	$\mu_{max(O_2)}$	0,445	dia^{-1}	$\mu_{max}.(OD/(K_0+OD)$
Taxa Crescim. Bact. Nitrific. (cond. operacionais)	μ_N	0,12	dia^{-1}	$\mu_{max(T)}.\mu_{max(pH)}.\mu_{max(O_2)}.\mu'$
Idade de Lodo Mínima	θ_{Cmin}	8,1	dias	$1/\mu_N$
Produção de Sólidos Voláteis:	P_{SSV}	55,4	gSSV/m³.dia	X_c/θ_c
Produção de Bactérias Nitrificantes	X_N	0,2	kgX_N/dia	Yn*NTKox
Carga de NTK no lodo excedente		0,7	kg/dia	0,12.pxv liq
Fração de Bact. Nitrificantes nos Sólidos Voláteis	f_N	0,032	gX_N/gX_C	$X_N/V.P_{SSV}$
Pxv	Pxv	5,662	kgSSV/d	
Taxa de Nitrificação	T_{NIT}	75,1	gNTK/m³.dia	$f_N.(X_c.\mu_N)/Y_N$
Carga de NTK a ser Oxidado	NTK_{OX}	2,23	kg/dia	(ΔNTK-0,12.V.P_{SSV})
Carga de NTK passível de Oxidação	L_{NTK}	1,80	kgNTK/dia	$(V.f_N.(X_c.\mu_N)/Y_N)/1000$
Eficiência da Nitrificação	E_{NIT}	100,0	%	

Taxa de crescimento das BOA	yn	0,15	g SSVg H-NH4	
Nitrato gerado		5,66	mgNitrato/L	
O2 Requerido Nitrificação		9,96	kgO2/dia	4,57*NTKox
O2 requerido DBO	O2req	24,32	kgO2/dia	1,46*St1-1,42*pxv
Vazão disponivel	Qar	105,01	Nm^3/h	
% ar aplicada ao tanque	Qar usada	10,40		
Numero de difusores	Ndif	14,00		
Vazão aplicada /m difusor	Qdif	10,00	$Nm^3/h/m$ difusor	(2 a 10)
Coeficiente de transf O2/m difusor		17,29	$gO2/Nm^3*m$ dif	
Ar necessário	O2 req	28,48	Nm^3/h	
	OD	4,75		
concentração de BOA no biofilme	XBF	0,2588	$gSSV/m^3$	
Nitrogenio restante após sintese de DBO	NH0	12,0	gN/m^3	
Remoção de amonia no tq nitrificação	JN20	4,07	gN/m^2*d	
Remoção de amonia no tq nitrificação (limitação amonia)	JN15	0,396	gN/m^2*d	
Amonia Efluente p/nitrificação ultimo tq nitrificação	N	0,30	g/m^3	
coeficiente de oxidação	bh20	0,12	g/g*d	
fator de correcao para bn	bn20	0,17		

fator de correção temp limitação OD	ΘOD	1,21		
fator de correção temp limitação Amõnia	Θnh4	1,25		
correçao de temperatura para bH	ɵ	1,04		
	ƒd	0,7		
coeficiente de crescimento máx	µmax20	0,9	gSSV/gSSV*d	
temperatura do liquido no inverno	Tinv	18	°C	
coeficiente bH para 18 (inverno)	bh18	0,1109	g/g*d	
coeficiente µmax para 18 graus (inverno)	µmax18	0,7832	g/g*d	
coeficiente bn para 18 graus (inverno)	bn18	0,1606	g/g*d	
fluxo limitado pela concentração de OD	JN18OD	8,3885	gN/m^2*d	
fluxo nitrificação limitado pela amonia	JN18NH4	0,7722	gN/m^2*d	
Taxa de nitrificação do biofilme limitado pela DBO		0,0000	gN/m^2*d	
Nitrificação pelo Biofilme		0,0	gN*d	
Tanque 5 e 9				
Carga Orgânica Afluente (entrada):	S0t3	42	mg/l	COT/Q
Carga Fósforo(entrada):	P3	9,5	mg/L	
NTK entrada	NTK3	12,0	mgN/L	17,16144
Demanda quimica de oxigenio	DQO3	76	mg/L	
Demanda quimica de oxigenio biodegradável	DQOb3	68	mg/L	

Taxa aplicação dqobio		4	gdqobio/m^2 dia	0,5	
Taxa de remoção dqoBio/m^2		3	mgDQObio/m^2		
DBO possivel de remoção considerando DQObio	St1	30,605	mg/l		142
DBO removida considerando solidos dispersos	Stdisp	3,21	mg/l		
Fração de Preenchimento	fp1	0,110	%		
Volume do meio suporte		2,64	m^3		
Tempo de detenção hidráulica		1,54	h		
Taxa de aplicação		2	gDBO/m^2 dia		
Área da midia	Amidia	6336	m^2		
DBO removida pelo MBBR	Stdisp	49,98	mg/l		
	bina	0,05			
	Dw, acetato	8,00E-05	m^2/d		
Coeficiente de destacamento	kd	31	[1 d-1 m-1]		
	L_{crit}	69,3E-6	m		
Espessura de inicio de calculo	L_F	142,0E-6	m	Recomendado xx um para não entupir	
Coeficiente de difusão no biofilme	D_F	80,0E-6	(L^2/T)	m^2/d	
	ud,s	6,25E-07			
concentração do substrato no biofilme	C_F	19,25	(M/L^3)	mg/L	

	$k_{1,F}$	1,67	para C_F>>K_C	m^3/gCOD.d
densidade do biofilme	X_F	10000	gCOD/m^3	
	TRSbiofilme	f	d	
	C_{LF}	75,97	mgCOD/l	
	$k_{1,A}$	1,12		
	ε	0,47		
	$J_{LF,1}$	84,86	gCOD/m^2.d	
	$J_{LF,0,p}$	20,13	gCOD/m^2.d	
	$J_{LF,0,f}$	4,73	gCOD/m^2.d	
	MONOD	4,61	gCOD/m^2.d	
	JLF a usar	4,73	gCOD/m^2.d	
taxa de conversão de substrato por volume de biofilme	r_F	320803,93	kg/m^3.d	(M/L^3 T)
	μ_{max}	1,5		
	Yh	0,45	gCOD/gCOD	
	Ks	2		
	$L_{F/Lcrit}$	2,0		
	β	4,25	para β<=1 usar JLF,0,p para β>=1 usar JLF,0,f para β=1 usar JLF,1	
	$k_{0,F}$	3,33	1/d	
	Lf	142,0E-6		

	$k_{0,p.A}$	2,31			
	Lf	142,0E-6			
	$k_{0,f,A}$	4,73			
	Lf	142,0E-6			
	βLF	6,04			
Concentração Celular relativa	Xc1	3779	gSSV	Adotado *	NBR-12209 *§6.6.15*
Concentração Celular no Tanque de Aeração	Xdisp1	646	mg SSVTA/l		
Concentração Celular aderida	Xader1	29128	kg		
Quantidade de solidos aderida	XH	4,69	$gSSV/m^2$		
Concentração de Sólidos Suspensos Totais	X	5542	mg SSTTA/l	X_C/(SSV/SST)	
Taxa de Utilização do Substrato:	U2	0,22	kg DBO_R/ kg SSVTA.dia	F/M*E	
Idade do Lodo SUSPENSO	TRSas	1,40	d		
Idade do Lodo no BIOFILME	TRSBF	8,70			
Relação Alimento/Microrganismo:	F/M	0,17	kg DBO/kg SSVTA.dia	$CO_T/(V_{TA}.X_C)$ *	*NBR-12209 §6.6.13*
Fração de P nos solidos em suspensão voláteis	fa	0,81	mg/L		
fração mássica do lodo anaeróbio	fan	0,1	%		
fracao de P nos solidos em suspensao	pf	-1,4			
fração de P na biomassa ativa	P/Xa	-0,05	mgP/mgXc		

fração de P nos sólidos em suspensão totais calculado	P/Xv calc	-0,0293	mgP/mgSS	
limite menor fração de P nos sólidos em suspensão totais	menor p/X	0,02	mgP/mgSS	
fração de P nos sólidos em suspensão totais admitido	P/Xv	0,03	mgP/mgSSV	
Concentração de P removido no lodo excedente	Prem	0,0	mgP/L	
P sol efluente	P sol Efl	9,43	mgP/L	
Taxa Crescim. Bactérias Nitrificantes (cond. ideais)	μ'	0,250	dia^{-1}	$\mu_{max}.(NTK_E/(K_N+NTK_E)$
Correções por Fatores Ambientais				
• temperatura	$\mu_{max(T)}$	0,413	dia^{-1}	$\mu_{max}.1,10^{(T-20)}$
• pH	$\mu_{max(pH)}$	0,334	dia^{-1}	$\mu_{max}.[1-083.(7,2-pH)]$
• oxigênio	$\mu_{max(O_2)}$	0,449	dia^{-1}	$\mu_{max}.(OD/(K_0+OD)$
Taxa Crescim. Bact. Nitrific. (cond. operacionais)	μ_N	0,12	dia^{-1}	$\mu_{max(T)}.\mu_{max(pH)}.\mu_{max(O_2)}.\mu'$
Idade de Lodo Mínima	θ_{Cmin}	8,1	dias	$1/\mu_N$
Produção de Sólidos Voláteis:	P_{SSV}	23,1	gSSV/m³.dia	Xc/θc
Produção de Bactérias Nitrificantes	X_N	0,2	kgX_N/dia	Yn*NTKox

Carga de NTK no lodo excedente		0,4	kg/dia	0,12.pxv liq
Fração de Bact. Nitrificantes nos Sólidos Voláteis	f_N	0,056	gX_N/gX_C	$X_N/V.P_{SSV}$
Pxv	Pxv	3,240	kgSSV/d	
Taxa de Nitrificação	T_{NIT}	56,3	gNTK/m³.dia	$f_N.(X_C.\mu_N)/Y_N$
Carga de NTK a ser Oxidado	NTK_{OX}	2,28	kg/dia	(ΔNTK-0,12.V.P_{SSV})
Carga de NTK passível de Oxidação	L_{NTK}	1,35	kgNTK/dia	$(V.f_N.(X_C.\mu_N)/Y_N)/1000$
Eficiência da Nitrificação	E_{NIT}	100,0	%	
Taxa de crescimento das BOA	yn	0,15	g SSVg H-NH4	
Nitrato gerado		5,66	mgNitrato/L	
O2 Requerido Nitrificação		9,69	kgO2/dia	4,57*NTKox
O2 requerido DBO	O2req	24,53	kgO2/dia	1,46*St1-1,42*pxv
Vazão disponivel	Qar	60,08	Nm³/h	
% ar aplicada ao tanque	Qar usada	5,95		
Numero de difusores	Ndif	8,00		
Vazão aplicada /m difusor	Qdif	10,01	Nm³/h/m difusor	(2 a 10)
Coeficiente de transf O2/m difusor		17,29	gO2/Nm³*m dif	

Ar necessário	O2 req	20,38	Nm^3/h
	OD	3,79	
concentração de BOA no biofilme	XBF	0,2157	$gSSV/m^3$
Nitrogenio restante após sintese de DBO	NH0	8,8	gN/m^3
Remoção de amonia no tq nitrificação	JN20	2,07	gN/m^2*d
Remoção de amonia no tq nitrificação (limitação amonia)	JN15	0,396	gN/m^2*d
Amonia Efluente p/nitrificação ultimo tq nitrificação	N	0,30	g/m^3
coeficiente de oxidação	bh20	0,12	g/g*d
fator de correcao para bn	bn20	0,17	
fator de correção temp limitação OD	ΘOD	1,03	
fator de correção temp limitação Amõnia	Θnh4	1,01	
correçao de temperatura para bH	ɵ	1,04	
	ƒd	0,7	
coeficiente de crescimento máx	µmax20	0,9	gSSV/gSSV*d
temperatura do liquido no inverno	Tinv	18	°C
coeficiente bH para 18 (inverno)	bh18	0,1109	g/g*d
coeficiente µmax para 18 graus (inverno)	µmax18	0,7832	g/g*d
coeficiente bn para 18 graus (inverno)	bn18	0,1606	g/g*d

fluxo limitado pela concentração de OD	JN18OD	4,1571	gN/m^2*d	
fluxo nitrificação limitado pela amonia	JN18NH4	0,4024	gN/m^2*d	
Taxa de nitrificação do biofilme limitado pela DBO		0,0775	gN/m^2*d	
Nitrificação pelo Biofilme		490,9	gN/m^3*d	
Saída				
Carga Orgânica Afluente (entrada):	S_{0t3}	8	mg/l	CO_T/Q
Carga Fósforo(entrada):	P3	9,4	mg/L	
NTK entrada	NTK3	2,0	mgN/L	18,96628

ANEXO 2- CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO MEDIDOR DE VAZÃO

incontrol®
intelligent control

incontrol intelligent control
Empresa certificada ISO9001

Ficha de calibração
Indicador totalizador de vazão ITS3000

Cliente: JARDIM BELLE VILLE EMPR.IMOBILIARIOS SPE LTDA.
P.I.: 06045
Nº série: NH047121
Tag: -
Modelo: ITS30522

N° série: NN048121
Modelo: SE020A511020
Comprimento do cabo: 20 metros

Dados do canal aberto
Faixa de vazão nom.: 2,8 - 194,4 m³/h
Nº serie:
Tamanho: 3" pol
Modelo:

Parâmetros inseridos no indicador de vazão

Calha Parshall:	3"			
Saída 4/20mA	0	m³/h		
	194,4	m³/h		
Mult (Multiplicação) :	1,012		Distância minima:	0,300 m
OFFS (Offset) :	0,477		Distância do sensor até o fundo do canal:	1,200 m

Dados Obtidos

Entrada em Nivel (mm)			Leitura (m³/h)			Saída 4/20 (mA)		
Esperado	Obtido	erro (%)	Esperado	Obtido	erro (%)	Esperado	Obtido	erro (%)
100	100	0,00	18,01	18,50	0,26	5,482	5,480	-0,01
200	200	0,00	52,70	52,70	0,00	8,337	8,388	0,32
300	300	0,00	98,73	99,00	0,15	12,126	12,185	0,37
400	400	0,00	154,10	154,80	0,38	16,683	16,707	0,15
450	450	0,00	185,90	185,60	-0,16	19,300	19,250	-0,32

Observação:
Totalização OK.

Atenção:
Conectar o Indicador Nº Série: NH047121 ao Transdutor Nº Série: NN048121

Instrumentos utilizados:

Equipamento	Modelo	N.R.C	VALIDADE
Multímetro	Fluke - 45	R0248/2019	Fevereiro / 2021
Trena - T20	Starrett	N41650/2020	Outubro / 2022

Calibrador: Levi Gomes Damasceno Ass: Levi Gomes Data: 08/01/21

INCONTROL IND. E COM. DE MEDIDORES DE VAZÃO E NÍVEL LTDA.
R. João Serrano, 250 - CEP 02551-060 - SP- Tel.: (11) 3488-8999 - WhatsApp: (11) 9-9382-6570
e-mail: vendas@levelcontrol.com.br - Visite o site: http://www.incontrol.ind.br

incontrol®
intelligent control

incontrol intelligent control
Empresa certificada ISO9001

Ficha de calibração

Indicador totalizador de vazão ITS3000

Cliente: JARDIM BELLE VILLE EMPR.IMOBILIARIOS SPE LTDA.
P.I.: 06045
Nº série: NH043121
Tag: -
Modelo: ITS30522

Nº série: NN044121
Modelo: SE020A511020
Comprimento do cabo: 20 metros

Dados do canal aberto

Faixa de vazão nom.: 2,8 - 194,4 m³/h
Nº serie:
Tamanho: 3" pol
Modelo:

Parâmetros inseridos no indicador de vazão

Calha Parshall:	3"			
Saída 4/20mA	0	m³/h		
	194,4	m³/h		
Mult (Multiplicação) :	1,013		Distância mínima:	0,300 m
OFFS (Offset) :	0,477		Distância do sensor até o fundo do canal:	1,200 m

Dados Obtidos

Entrada em Nivel (mm)			Leitura (m³/h)			Saida 4/20 (mA)		
Esperado	Obtido	erro (%)	Esperado	Obtido	erro (%)	Esperado	Obtido	erro (%)
100	100	0,00	18,00	18,00	0,00	5,481	5,513	0,20
200	200	0,00	52,48	52,70	0,12	8,319	8,327	0,05
300	300	0,00	98,73	98,49	-0,13	12,126	12,134	0,05
400	400	0,00	154,10	150,39	-2,00	16,683	16,675	-0,05
450	450	0,00	185,90	184,80	-0,59	19,300	19,325	0,15

Observação:

Totalização OK.

Atenção:

Conectar o Indicador Nº Série: NH043121 ao Transdutor Nº Série: NN044121

Instrumentos utilizados:

Equipamento	Modelo	N.R.C	VALIDADE
Multímetro	Fluke - 45	R0248/2019	Fevereiro / 2021
Trena - T20	Starrett	N41650/2020	Outubro / 2022

Calibrador: Levi Gomes Damasceno Ass: Levi Gomes Data: 08/01/21

INCONTROL IND. E COM. DE MEDIDORES DE VAZÃO E NÍVEL LTDA.
R. João Serrano, 250 - CEP 02551-060 - SP- Tel.: (11) 3488-8999 - WhatsApp: (11) 9-9382-6570
e-mail: vendas@levelcontrol.com.br - Visite o site: http://www.incontrol.ind.br

incontrol®
intelligent control

incontrol
Empresa certificada ISO9001

Ficha de calibração

Indicador totalizador de vazão ITS3000

Cliente: JARDIM BELLE VILLE EMPR.IMOBILIARIOS SPE LTDA.
P.I.: 06045
Nº série: NH045121
Tag: -
Modelo: ITS30522

N° série: NN046121
Modelo: SE020A511020
Comprimento do cabo: 20 metros

Dados do canal aberto

Faixa de vazão nom.: 2,8 - 194,4 m³/h
Nº serie:
Tamanho: 3" pol
Modelo:

Parâmetros inseridos no indicador de vazão

Calha Parshall: 3"
Saída 4/20mA 0 m³/h
194,4 m³/h
Mult (Multiplicação) : 1,012
OFFS (Offset) : 0,477
Distância minima: 0,300 m
Distância do sensor até o fundo do canal: 1,200 m

Dados Obtidos

Entrada em Nivel (mm)			Leitura (m³/h)			Saida 4/20 (mA)		
Esperado	Obtido	erro (%)	Esperado	Obtido	erro (%)	Esperado	Obtido	erro (%)
100	100	0,00	18,01	18,00	-0,01	5,482	5,480	-0,01
200	200	0,00	52,70	52,70	0,00	8,337	8,388	0,32
300	300	0,00	98,73	99,00	0,15	12,126	12,185	0,37
400	400	0,00	154,10	154,80	0,38	16,683	16,707	0,15
450	450	0,00	185,90	185,60	-0,16	19,300	19,298	-0,02

Observação:
Totalização OK.

Atenção:
Conectar o Indicador Nº Série: NH045121 ao Transdutor Nº Série: NN046121

Instrumentos utilizados:

Equipamento	Modelo	N.R.C	VALIDADE
Multímetro	Fluke - 45	R0248/2019	Fevereiro / 2021
Trena - T20	Starrett	N41650/2020	Outubro / 2022

Calibrador: Levi Gomes Damasceno Ass: Data: 08/01/21

INCONTROL IND. E COM. DE MEDIDORES DE VAZÃO E NÍVEL LTDA.
R. João Serrano, 250 - CEP 02551-060 - SP- Tel.: (11) 3488-8999 - WhatsApp: (11) 9-9382-6570
e-mail: vendas@levelcontrol.com.br - Visite o site: http://www.incontrol.ind.br

ANEXO 3- CÁLCULO DE VOLUME DE BIOMÍDIA DO FORNECEDOR

monera

ETE condomínio Belle Ville

Hidráulica		
Vazão afluente	8,7	L/s
Composição		
DBO5,20	250	gDBO5,20/m3
DQO	431	mgDQO/L
Compostos solúveis		
DQO	40	gDQO/m3
Compostos nitrogenados		
TKN	40	gN/m3
NH4	25	gN/m3
NO2	0	gN/m3
NO3	0	gN/m3
Compostos fosforados		
TP	10,0	gP/m3
PO4	8,0	gP/m3
Frações		
SSV/SST	0,8	gSSV/gSST
Frações		
DBO5,20s/DBO5,20	0,36	gsDBO5,20/gtDBO5,20
DBO5,20s/DQOs	0,61	gsDBO5,20/gsDQO
DBO5,20/DQO	0,58	gtDBO5,20/gtDQO
Frações de nitrogênio		
NKT solúvel	0,90	-
Composição		
SST	229	mg/L
SSV	172	mg/L
SSF	57	mg/L
Alcalinidade		
Alcalinidade total	267	mgCaCO3/L

TANQUE DE MBBR - Rem DBO

SST	229	mg/L
SSV	172	mg/L
DQO solúvel	148	mg/L
NH4	25,0	mgN/L
NO2	0,0	mgN/L
NO3	0,0	mgN/L
PO4	8,0	mgP/L
pH	7	
HRT	1,5	h
OD	2,00	mgO2/L
Vazão de ar	212	m3/h
Espessura do biofilme	0,17	mm

Massa aderida ao biofilme	553	kg
Área necessária para o tratamento	33.740	m2
SST / Área	16	g/m2
Percentual de mídia nos tanques	5,00	%
Quantidade de mídia	2,4	m3
Volume total dos tanques (2 unidades)	48	m3
F/M	0,55	kgDBO5,20/kgSSV.d
Tx de aplicação volumétrica	3,90	kgDBO5,20/m3
SALR	9,6	gDQO/m2/d

TANQUE DE MBBR - Rem Nitr

SST	185	mg/L
SSV	119	mg/L
DQO solúvel	40	mg/L
NH4	24,4	mgN/L
NO2	0,0	mgN/L
NO3	0,0	mgN/L
PO4	7,1	mgP/L
pH	7	
HRT	1,5	h
OD	3,0	mgO2/L
Vazão de ar	315	m3/h
Espessura do biofilme	0,16	mm
Massa aderida ao biofilme	502	kg
Área necessária para o tratamento	33.740	m2
SST / Área	15	g/m2
Percentual de mídia nos tanques	5	%
Quantidade de mídia	2,4	m3
Volume total dos tanques (2 unidades)	48	m3
F/M	0,32	kgDBO5,20/kgSSV.d
Tx de aplicação volumétrica	1,65	kgDBO5,20/m3
SALR	4,1	gDQO/m2/d

TANQUE DE MBBR - Rem Desnitr

SST	145	mg/L
SSV	82	mg/L
DQO solúvel	25	mg/L
NH4	1,5	mgN/L
NO2	5,5	mgN/L
NO3	9,6	mgN/L
PO4	7,6	mgP/L
pH	0	
HRT	0,0	h
OD	0,2	mgO2/L
Vazão de ar	16	m3/h
Espessura do biofilme	0,15	mm
Massa aderida ao biofilme	465	kg
Área necessária para o tratamento	0	m2
SST / Área	14	g/m2

Percentual de mídia nos tanques	2	%
Quantidade de mídia	1,0	m3
Volume total dos tanques (2 unidades)	48	m3
F/M	0,20	kgDBO5,20/kgSSV.d
Tx de aplicação volumétrica	0,85	kgDBO5,20/m3

monera
eco soluções

LODO ATIVADO - DIMENSIONAMENTO PELO PROCESSO DE MARAIS

	2.088	Hab.
População atendida	4,83	L/s
Q = Vazão afluente	418	m^3/d
	0,250	kg/m^3
S_o = DBO afluente	104	kg/d
	0,40	kg/m^3
S_o = DQO afluente	167	kg/d

LODO ATIVADO - DIMENSIONAMENTO PELO PROCESSO DE MARAIS

f_{us} (fração não biodegradável solúvel)	0,05	
f_{up} (fração não biodegradável particulada)	0,13	
Y_H (coef.de síntese celular - microrganismos heterotróficos	0,45	kgSSV/kgDQO
Y_N (coef.de síntese celular das bactérias nitrificantes	0,10	kgSSV/kgN
T_i (temperatura de inverno)	25,00	°C
T_v (temperatura de verão)	30,00	°C
b_{HO} (coef de decaimento endógeno a 20°C)	0,24	d^{-1}
b_{HO} no inverno	0,277	d^{-1}
b_{HO} no verão	0,319	d^{-1}
f_{DQO} (ou f_c)	1,48	kgDQO/kgSSV
f (fração não biod. da massa de lodo ativa no TA)	0,20	
θ_c (idade do lodo)	8,00	d

DIMENSIONAMENTO DO TANQUE DE AERAÇÃO

Massa de Bactérias Heterotróficas

Massa de SSVTA no inverno	338,699	kg SSVTA
Massa de SSVTA no verão	326,953	kg SSVTA
Taxa cresc. específico $\mu_{N,20}$	0,33	d^{-1}
$\mu_{N,inverno}$	0,589	d^{-1}
μ_{N} verão	1,053	d^{-1}
$b_{N,20}$ coef. resp. endóg. nitrificantes 20oC	0,04	d^{-1}
b_{N} inverno	0,046	d^{-1}
b_{N} verão	0,053	d^{-1}
IL mínima (no inverno)	2,21	d
IL mínima (no verão)	1,501	d
IL adotada	8,00	d
Massa de Bactérias Autotróficas (Nitrificação)		
Massa Lodo em Excesso Inv.	42,337	kg SSV/d
Massa Lodo em Excesso Verão	40,869	kg SSV/d
N-NTK afluente ao TA	16,704	kg N-NTK/d
N-disponível Inverno	12,470	kg N/d
N-disponível Verão	12,617	kg N/d
Massa SSVTA Autotróficas Inv.	7,286	kg SSVTA
Massa SSVTA Autotróficas Verão	7,079	kg SSVTA

Massa de Bactérias no TA

Massa SSVTA Inverno	345,986	kg SSVTA	
Massa SSTA Inverno	494,265	kgSSTA	
Massa SSVTA Verão	334,032	kg SSVTA	
Massa SSTA Verão	477,189	kgSSTA	
Massa de SSV formada na superficie do material de enchimento	12,00	gSSV/m³	adotado - NBR 12.209 d
Área superficial específica do material de enchimento	14.000	m²/m³	adotado
Percentual de preenchimento	5	%	adotado
Conc. de biomassa aderida nos tanques de aeração	7,708	kgSSV/m³	
Conc. de biomassa em suspensão nos tanques de aeração	0,31	kgSSV/m³	adotado
Conc. total de biomassa nos tanques de aeração	8,016	kgSSV/m³	
Volume necessário de tanques de aeração - Marais	43,161	m³	

ANEXO 3- CÁLCULO ÁREA DO BIOFILME SOLVER

L(m)	1	
H(m)	1	
C(m)	1	
r(m)	0,0004	
Àrea requerida(m^2)	2400	
D(m)	0,000603191	
N_intersecções	6	
V_esferas	1,221528768	
h	9,84044E-05	
V_Interseçoes	0,305398163	
Área calota esférica	2,47317E-07	
Área esfera	2,01062E-06	
Nesf	4556539254	
A total	2400,00	
area alvo	2400	
V=Volume Biofilme	0,916130604	
R1	0,000409	
A1	0,000000527	
V1	1,310277	

ANEXO 4- MEMORIAL APROVADO PELA SABESP

SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES
LODOS ATIVADOS tIPAS

DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA PARA DEGRADAÇÃO CARBONÁCEA

ETE Wh-750/240

BELLE VILLE

1. DADOS DO PROJETO:		símbolo	valor	unidade	modelo matemático
Carga Orgânica Total (DBO5,20):		COT	179,84	kg/dia	
Carga Total de NTK:		NTK	30,03	kg/dia	
Carga Total de P:		P	4,88	kg/dia	
Vazão de Tratamento (média):		Q	750,63	m³/dia	
Tempo de Operação (produção de esgotos):		t	24	h/dia	
2. CARACTERÍSTICAS DA ETE:					
Tanque de Aeração	• volume útil:	VTA	144,8	m³	$([(\pi.ØTA^2)/4].Hu].n_{TA}$
	• diâmetro:	ØTA	3,20	m	
	• altura total:	Ht	3,37	m	
	• altura ÚtEl:	Hu	3,00	m	
	• quantidade de tanques:	nTA	6	unid.	
	• Fração do total	fração aera	0,67		
Tanques anoxicos	• qtde	Nanox	1,00	unid.	
	• Diametro	ØTAnox	3,20	m	
	• Volume	V anox	24,13	m³	
	• Tempo de detenção	T det	46,29	min	
	• Fração do total	fração anox	0,11	%	
	• correção de volume	C	1,14		
Tanques desnitri	• qtde	Nanox	2,00	unid.	
	• Diametro	ØTAnox	3,20	m	
	• Volume	V anox	24,13	m³	
	• Tempo de detenção	T det	92,59	min	
	• Fração do total	fração anox	0,22	%	
	• correção de volume	C	1,22		
Decantador Sec circular	• diâmetro:	ØD	4,00	m	
	• altura pescoço	hp	0,50	m	
	• área superficial:	ASD	12,57	m²	$(\pi.Ød^2)/4$
	• volume útil:	VD	15,73	m³	
	• quantidade de tanque(s):		4	unid.	
	• tempo de detenção		2,01	h	
Tanque de Lodo	• diâmetro:	ØAD	3,20	m	
	• qtde tanques lodo:	ntaqlodo	1	unid.	
	• área superficial:	ASAD	8,04	m²	$(\pi.ØAD^2)/4$
	• volume	Vtq Lodo	27,10	m³	
	• dias de retenção		1,2	dia	
Tanque Seletor	• volume útil:	VSEL	24,13	m³	$[(p.Øsel^2)/4].Hu].n_{SEL}$
	• diâmetro:	ØSEL	3,20	m	
	• altura total:	Ht	3,34	m	
	• altura útil:	Hu	3,00	m	
	• quantidade de tanques:	nSEL	1	unid.	
	• relação F/M:	F/M	3,11	kg DBO/kg SSVTA.d (> 1,8)	COT/(VsetXc) * NBR 12209 10.5.14
	• tempo de detenção	θsel	46	min	
3. PARÂMETROS ADOTADOS :					
Carga Orgânica Afluente (entrada):		So	240	mg/l	COT/Q
Carga Orgânica Efluente (saída):		S	11	mg/l	Calculo monera
Concentração Celular no Fluido Tanque de Aeração		Xc	2.400	mg SSVTA/l	Calculo Monera
Concentração Celular Relativa		X	2.995	mg SSVTA/l	
Relação entre Sólidos Voláteis e Totais:		SSV/SST	0,75		
Sólidos suspensos Efluente		SSE	30,00	mg SS/l	
Eficiência do processo:		E	95,4	%	(So-S)/S
Relação Alimento/Microrganismo:		F/M	0,38	kg DBO/kg SSVTA.dia	U*E
Coeficiente de Respiração Endógena:		kd	0,042	dia-1	
coeficiente de Produção celular		Yh(dqo)	0,45	gSSV/gDQO	
coeficiente de Produção celular		Yh(DBO)	0,81	gSSV/gDBO	
Relação DQO/DBO		DQO/DBO	1,8		adotado
Relação DQOb/DBO		DQOb/DBO	1,6		adotado
Demanda química de oxigenio		DQO	431	mg/L	
		DQOb	383	mg/L	
Massa aderida ao MBBR			3000	mgSSV/m2	adotado
Massa aderida ao MBBR			47337820,11	mg	
Massa no fluido			458453422,6	mg	
Volume total MBBR			26,12	m3	
4. PARÂMETROS ADOTADOS MBBR :					
1° reator (REMOÇÃO DE DBO)					
Superficie especifica disponivel		SSA	604	m2/m3	
Altura útil do Tanque		Hu	2,88		
Volume do tanque		Vt	23,16	m3	
Fluxo DBO Aplicado 1° reator(calculo)		f	12,855	g DBO/m2*d	
Taxa de remoção DBO(calculo)			79,1	%	
fluxo de remoção de dbo 1° reator			10,17	gDBO/m2.d	
Área da mídia			6995	m2	
fração de preenchimento(adotado)		FP	0,50		
Volume do meio suporte			11,6	m3	
Tempo de detenção hidraulica			1,48	h	
Idade do Lodo Relativa		SRTas	0,562	d	
DBO Remanescente 1° reator		S	50,0	mg/l	

Cia. de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – SABESP
Diretoria de Sistemas Regionais - R
Unidade de Negócio Vale do Paraíba - RV
Depto. de Projetos e Desenvolvimento Operacional – RVPD

Projeto Substitutivo da ETE do "LOTEAMENTO RESIDENCIAL BELLE VILLE"

Taubaté - SP
Dezembro 2019/2020
Certificado GRAPROHAB nº 05/2013

APROVADO
Carta de Formalização nº 55/2020 – RVO de 09/06/2020
Ricardo Rodrigues Jacob - Matrícula 31.722-6 - Ger. de Departamento

Eng. Luiz Antonio Papp
CREASP-5062188376
Winston Ame.

ANEXO 5- ESPECIFICAÇÃO QUANTIDADE BIOMÍDIAS PROJETO

Wharton ambiental

ITEM	DESCRIÇÃO DO EQUIPAMENTO	LOCAL DE INSTALAÇÃO	QUANT.
14	Conjunto taques fibra de vidro ETE Ø3,20 x 3,37 com camada protetora química ortofitálica. Tq. Anóxico, Tq. Rem. DBO, Tq. Nitrificação, Tq. Desnitrificação, Tq, Contato, Tq. Lodo	Tratamento ETE	11
15	Conjunto taques fibra de vidro ETE Ø4,00 x 3,09 com camada protetora química ortofitálica. Decantadores 01,02,03 e 04	Tratamento ETE	04
16	Grade retenção MBBR fixa por único ponto	Sistema de Aeração	03
17	Grade retenção MBBR fixa por dois pontos	Sistema de Aeração	06
18	Sensor de nível hidrostático com saída 4-20mA e pressão de leitura 10 mca.	Tanques de Aeração, Tanques de Contato e Tanque de Lodo	04
19	Analisador para sensor de OD modelo para medição em tanque TO-401 Sensor de OD para tanque com 1,5m THO-11	Tanque de Aeração	02 (01 reserva)
20	Analisador para sensor de pH modelo para medição em tanque TH-401 Sensor de pH para tanque com 1,5m TS-11-LP	Tanque Nitrificação	02(01 reserva)
21	Filtro de areia e carvão ativado com dupla camada Ø0,95 m taxa filtração máx 360 m^3/m^2dia	Filtro de areia ETE	05
22	Saco desaguador de Lodo $1m^3$	Saída ETE	02
23	Pêndulos de inox para sensor de nível e boia de nível elétrica 220V 10 1NA	Tanques ETE	12
24	Válvula de retenção tipo portinhola 45° com flange 5" ANSI B16.10	Saída ETE	02
25	Válvula esfera 2 vias Ø 1 1/2" com rosca BSP Válvula esfera 2" ANSI B16.10 Válvula esfera 5" ANSI B16.10	Tratamento	10 02 02
26	*Válvula esfera 3/4" conexão com rosca* Válvula esfera c/ flange DN 2" norma B16.1 150 Libras Válvula gaveta 3" ANSI B16.10	Tratamento	03 10 08
27	*Midia para formação de Biofilme com superfície especifica de 604 m2/m3*	Tanques de aeração Opção entre os dois modelos dependendo da disponibilidade de mercado quando adquirido	56,19 m3
	Midia para formação de Biofilme com superfície especifica de 20000 m2/m3		12,28 m3

Cia. de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – SABESP
Diretoria de Sistemas Regionais - R
Unidade de Negócio Vale do Paraíba - RV
Depto. de Gestão e Desenvolvimento Operacional – RVG

Projeto Substitutivo da ETE do "LOTEAMENTO RESIDENCIAL BELLE VILLE"

Taubaté - SP
Dossiê 2009/058.157
Certificado GRAPROHAB nº 05/2013
APROVADO
Carta de Formalização nº 05/2020 – RVG de 08/06/2020
Ricardo Rodrigues Jacob - Matrícula:31.722-9 - Ger. de Departamento

ANEXO 6- RELATÓRIO DE DADOS ANALITICOS POR TANQUES- DSMA

DSMA	Relatório de Ensaio Analítico		Rev.00
	REM_ 2023.094.239	Relatório de Ensaio Analítico	Pág.1 /2

Solicitante: Reinaldo
E-mail: reinaldo@whartonambiental.com.br Fone: -
Endereço: -
CNPJ: -

Proposta Comercial:	-
Data de Recebimento da amostra:	27/08/2023
Data de Entrega de Relatório:	19/12/2023

1. Objetivos

- Quantificação de Demanda Química de Oxigênio (DQO); Quantificação de Nitrogênio; Nitrato e Amônia, e Quantificação de Sólidos Totais (ST), Sólidos Suspensos Totais (SST), Sólidos Suspensos Voláteis (SSV).

2. Amostras

Tabela 1. Amostras enviadas pelo solicitante.

N° DSMA	Descrição do Cliente	Tipo
2023.0937	Tq3	Lodo
2023.0938	Tq5	Lodo
2023.0939	Tq6	Lodo
2023.0940	Tq4	Lodo
2023.0941	Saida Decantador	Lodo
2023.0942	Tq8	Lodo
2023.0943	Tq9	Lodo
2023.0944	Tq7	Lodo
2023.0945	Entrada	Lodo
2023.0946	Tq2	Lodo

3. Resultados

3.1 Demanda Química de Oxigênio, Nitrogênio, Nitrato e Amônia.

Tabela 2. Quantificação de Demanda Química de Oxigênio (DQO) e Nitrogênio; Nitrato e Amônia

N° DSMA	DQO (mg/L)	Nitrogênio (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Amônia (mg/L)
2023.0937	700	40	170	50
2023.0938	<1	110	490	130
2023.0939	424	40	160	40
2023.0940	153	60	260	70
2023.0941	<1	0	10	0

Nº DSMA	DQO (mg/L)	Nitrogênio (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Amônia (mg/L)
2023.0942	145	10	60	20
2023.0943	<1	0	0	0
2023.0944	793	100	450	120
2023.0945	<1	10	40	10
2023.0946	350	30	120	30

3.2 Sólidos Totais (ST), Sólidos Suspensos Totais (SST) e Sólidos Suspensos Voláteis (SSV).

Todas as amostra apresentaram 100% de umidade para volumes de 1ml e 3ml de amostra.

Mogi das Cruzes, 19 de dezembro de 2023.

MBSanchez

MSc. Marília Bixilia Sanchez
CRBio 1ª Região: 074487/01-D

Nº DSMA	DQO (mg/L)	Nitrogênio (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Amônia (mg/L)
2023.0942	145	10	60	20
2023.0943	<1	0	0	0
2023.0944	793	100	450	120
2023.0945	<1	10	40	10
2023.0946	350	30	120	30

3.2 Sólidos Totais (ST), Sólidos Suspensos Totais (SST) e Sólidos Suspensos Voláteis (SSV).

Todas as amostra apresentaram 100% de umidade para volumes de 1ml e 3ml de amostra.

Mogi das Cruzes, 19 de dezembro de 2023.

MBSanchez

MSc. Marília Bixilia Sanchez
CRBio 1ª Região: 074487/01-D

DADOS DE SÓLIDOS ADERIDOS NAS BIOMÍDIAS - DSMA

Nº DSMA	**Amostra**	**Volume coletado (ml)**	**Amostra para secar (ml)**	**Peso do filtro (mg)**	**Secagem 104ºC (mg)**	**Mufla 1h (mg)**	**Mufla + 30min (mg)**	**Sólidos Suspensos Totais (mg)**	**Sólidos Suspensos Voláteis (mg/L)**
2024.0279	M2-1	910	18,2	90,9	110,9	94	93,9	1098,9	934,1
2024.0280	M2-2	950	19,0	90,5	109,7	94,9	94,8	1010,5	784,2
2024.0281	M2-3	920	18,4	90,3	105,9	93,2	93,1	847,8	695,7
2024.0282	M3-1	970	19,4	89,8	107,5	94,7	94,7	912,4	659,8
2024.0283	M3-2	920	18,4	90,0	107,4	94,5	94,7	945,7	690,2
2024.0284	M3-3	900	18,0	90,0	111,0	95,3	95,2	1166,7	877,8
2024.0285	M4-1	760	15,2	90,8	100,6	93,4	93,3	644,7	480,3
2024.0286	M4-2	960	19,2	90,5	99,5	92,6	92,6	468,8	359,4
2024.0287	M4-3	790	15,8	90,6	101,2	92,6	92,6	670,9	544,3
2024.0288	M5-1	920	18,4	90,7	95,9	92,6	92,6	282,6	179,3
2024.0289	M5-2	860	17,2	90,0	95,4	91,5	91,5	314,0	226,7
2024.0290	M5-3	920	18,4	91,5	95,7	92,8	92,8	228,3	157,6
2024.0291	M6-1	990	19,8	91,7	127,0	104	104	1782,8	1161,6
2024.0292	M6-2	860	17,2	91,5	119,4	103	102,9	1622,1	959,3
2024.0293	M6-3	900	18,0	91,1	122,7	102,7	102,5	1755,6	1122,2
2024.0294	M7-1	1000	20,0	91,4	126,8	106,3	106,2	1770,0	1030,0
2024.0295	M7-2	900	18,0	91,6	131,6	107,1	106,8	2222,2	1377,8
2024.0296	M7-3	745	14,9	91,2	137,0	110,4	110,3	3073,8	1791,9
2024.0297	M8-1	910	18,2	90,2	111,6	97,5	97,4	1175,8	780,2
2024.0298	M8-2	850	17,0	90,8	110,9	97,8	97,7	1182,4	776,5

Nº DSMA	**Amostra**	**Volume coletado (ml)**	**Amostra para secar (ml)**	**Peso do filtro (mg)**	**Secagem 104ºC (mg)**	**Mufla 1h (mg)**	**Mufla + 30min (mg)**	**Sólidos Suspensos Totais (mg)**	**Sólidos Suspensos Voláteis (mg/L)**
2024.0299	M8-3	780	15,6	92,0	113,6	101,1	101,1	1384,6	801,3
2024.0300	M9-1	810	16,2	91,3	98,6	92,4	92,4	450,6	382,7
2024.0301	M9-2	840	16,8	91,4	97,5	92,5	92,2	363,1	315,5
2024.0302	M9-3	770	15,4	91,7	98,3	92,7	92,6	428,6	370,1

DIMENSÕES DAS AMOSTRAS COLETADAS - DSMA

	B	**L**	**H**	**B**	**L**	**H**	**B**	**L**	**H**	**B**	**L**	**H**	**B**	**L**	**H**	**B**	**L**	**H**	**B**	**L**	**H**	**B**	**L**	**H**	**B**	**L**	**H**
Biomidia	1			**2**			**3**			**4**			**5**			**6**			**7**			**8**			**9**			**10**		
M2-1	23,9	25	10	23,8	25	10,5	24	24,2	10	25,2	25,2	10	24,3	25,5	10	24,4	24,9	8	23,8	24,1	10,1	23,5	24	8	24,5	26	10	24,2	20	7,8
M2-2	24,3	25,1	10	25,1	25,1	10,1	25,2	24,2	10	24,9	25,3	10,2	23,8	23,6	10	24,5	25	10,1	25,4	26,8	10,4	24,6	24,8	8	24,5	24,5	8	24,3	24	8
M2-3	24,7	24,4	7,9	25	25,1	7,9	25,3	25,7	7,9	25,2	24,1	8	24,1	24,1	10	23,5	24,1	10,1	25,3	23,4	8	24	24,2	10	25	25,2	9,9	25,2	23,1	8
M3-1	24,4	24,4	10	24,1	24,9	10	22,9	25,1	9,7	24	25	10	25,5	24,9	9,9	23,8	23,2	9,8	24,4	25,4	9,9	24,5	24	7,8	26	23,2	9,7	24,1	24,7	10
M3-2	25	24	10	25,2	25,5	7,9	26	24,2	7,8	24,8	24	9,9	24,8	25,2	9,8	24,3	24,2	10,3	24	25	10	25	23,8	9,7	24,1	25	10	23,7	25,2	10
M3-3	24,4	24	9,7	25,3	25	10,1	23,5	25	9,8	24	23,8	10,6	24,5	23,5	9,8	23	24,4	10,2	24,9	25,8	10	24,8	25	10	24,4	24,5	8	24,3	22,5	9,8
M4-1	24,4	25,2	10,3	25,2	26	10,1	24,8	23,8	10	25,2	24,3	8,1	25,4	28,1	10	24,6	24,2	8	25	25,3	9,7	24,8	24,5	10	24,4	24,3	8	24,5	25,2	7,9
M4-2	24,2	24	9,8	25	24	10	23,6	25	11	25,4	24,2	8	24,5	25	10	24,5	25	8	23,7	25	8,1	24,3	25	10	23,8	23,5	10	25,8	25,3	7,8
M4-3	24,8	23,7	10	23,3	24,7	7,9	23,6	25,5	7,9	24,4	25,4	10	25,2	24,7	8	25	24,2	8	24,7	24,8	10,1	25,7	25,4	10	24	24,5	9,9	24,1	23	9,8
M5-1	24,2	24,3	9,9	23,7	25,5	9,8	24,2	25,2	10	24,7	24,6	10,1	24,5	24,6	10	24	24,6	12,4	24	24	10	25	23,5	10	23,7	23,7	9,9	24,3	23,4	10
	B	**L**	**H**	**B**	**L**	**H**	**B**	**L**	**H**	**B**	**L**	**H**	**B**	**L**	**H**	**B**	**L**	**H**	**B**	**L**	**H**	**B**	**L**	**H**	**B**	**L**	**H**	**B**	**L**	**H**

Biomidia	1			2			3			4			5			6			7			8			9			10		
M5-2	24,2	23,7	10,4	25,2	24,1	9,9	26	23,7	9,8	24,1	25	10,1	21,3	23,6	10	23,7	25,4	9,5	24	25	9,8	25	23,6	10	24,1	25,4	10	23,6	25,8	10
M5-3	24,9	25,2	10	24,2	24,8	9,8	14,9	23,5	10	25	24,1	10	24,1	23,5	9,9	24,3	23,8	11,1	24,2	25,3	10	25,1	25,3	9,9	24,4	25,5	9,9	24	25,5	8
M6-1	27,3	25	9,6	25	24	9,9	22,2	24,2	10	25	24	10	24,6	24,4	11	24,6	25	9,8	24,9	24,1	10,6	25	23,2	7,6	25,1	23,6	9,8	24,3	24,4	9,4
M6-2	25,5	24	10,2	24,6	25	9,8	23,9	25,3	10,3	25,6	23,6	11,2	21	24	9,9	23,6	24,3	8,3	25,3	24	10,3	24,4	25	10	24,8	25,5	11	25,3	24,2	10
M6-3	23,6	24,9	10,5	24,2	25	10	24,3	25	10	23,5	25,1	10	24	25	10	25	24,9	9,6	24,1	24,8	9,7	24,3	23,7	9,7	24,5	24,4	10	24,2	24,2	10
M7-1	24,9	25,2	10,1	25,7	25,2	10,5	24	23,8	8	25,3	24,8	10	25,9	25,2	9,8	24,5	24	11	25	24,2	10,1	24,3	26,1	10	24,6	24,2	8	24	24,2	10
M7-2	25	24	10	23,2	25	10	22,8	20,8	10,3	25,7	25	10	23	24	9,9	23,9	25,8	10,7	26	25,5	8	24,5	24,5	10	25,4	24,6	10	26,7	17,5	10
M7-3	23,8	24	10	25,3	24,2	10	24,2	23,8	10,1	24,1	25,3	9,9	23,6	24,8	11	23,8	25,4	10,2	24,4	23,9	11	25	24,2	13	25,3	24,3	10	24,4	25,2	10
M8-1	24,1	24,1	8	26,1	23,5	9,9	25,2	25,2	10	24	24,4	10	25,3	24,3	10	23,3	24,2	10,6	24	25,5	10	24	23,8	10	23,7	24,2	11	25,9	25,4	10
M8-2	24,6	24,3	10	24,2	25,5	9,8	25,9	24,5	9,8	24,8	24,3	10	24,2	24,2	10	24,6	25,6	7,6	24,3	24,4	8	23,9	24,2	10	24,3	25	10	23,7	25	8
M8-3	24,1	23,1	10	24,1	25,1	10	25,2	24	9,5	24,5	23,8	8	25,4	24,5	9,7	25,8	23,6	10	24,2	24,2	9,6	23,9	26	9,9	24,9	24,4	9,7	25,4	25	10
M9-1	24,8	24,2	8	24	25,5	9,5	24,1	24,5	7,2	24,2	24,8	10	24,9	25,2	7,9	25	24,2	10	24,2	24,2	10,8	24,8	25,4	9,7	25,8	23,3	10	23,5	23	8
M9-2	24,6	18,2	10,4	25,8	23,7	10	25,3	25,4	10,1	24,6	24,1	9,8	25,3	25,3	9,8	24,3	26,4	10	24,2	25,3	8	25,3	25,3	8	25,5	26	9,8	23,7	24,5	8
M9-3	24	25,6	10	24,4	23,8	10,5	25,2	24	7,8	24,5	24,1	8,1	23,3	23,2	7,8	25,2	24	10	25	24,3	10,1	24,6	24	7,8	24,5	23	10	24,1	25	10