

Processo Tecnológico para Tratamento de Esgotos

Empreendimentos Gaia

Trata-se de uma estação de tratamento de efluentes domésticos do tipo SBR (Sequence Batch Reactor), com remoção de nutrientes do esgoto gerado pelos empreendimentos Espaço Gaia Ar e Espaço Gaia Terra, com estimativa de 5.000 usuários, com previsão para ampliação modular para até 20.000 usuários dos novos empreendimentos Gaia.

Características consideradas do Esgoto Afluente à ETE para o projeto

As principais características do esgoto sanitário afluente à ETE, considerando um fator de segurança, podendo dispensar o balanço de massas para incluir os líquidos retornados do tratamento da fase sólida para a entrada da ETE, são as apresentadas na Tabela abaixo

Tabela Características do esgoto afluente adotadas para dimensionamento da ETE

PARÂMETRO	CENÁRIO		
	A	B	C
Usuários atendidos (nº de usuários)	2.500	3.750	5.000
Vazão média (L/s)	2,025	3,038	4,050
Vazão média total (m3/dia)	175	263	350
Vazão dia maior contribuição (L/s)	2,31	3,47	4,63
Vazão dia maior contrib. (m3/dia)	200	300	400
Vazão máxima (L/s)	4,66	6,99	9,32
Carga DBO (kg/dia)	75	112,5	150
Concentração DBO (mg/L)	429	429	429
Carga DQO (kg/dia)	150	225	300
Concentração DQO (mg/L)	857	857	857
Carga SS (kg/dia)	75	112,5	150
Concentração SS (mg/L)	429	429	429
Carga SSV (kg/dia)	62	93	125
Concentração SSV (mg/L)	356	356	356

PARÂMETRO	CENÁRIO		
	A	B	C
Carga N-NKT (kg/dia)	13,1	19,6	26,1
Concentração N-NKT (mg/L)	75	75	75
Carga de Fósforo (kg/dia)	1,88	2,81	3,75
Concentração de P (mg/L)	10,7	10,7	10,7

Para a estimativa das cargas foram adotados os valores presentes na Tabela. Tais valores foram baseados em dados de casos similares anteriores, monitorados pelo Grupo EPA Ltda. (ETE em indústrias), projetista da ETE.

Tabela Valores de referência per capita utilizados para dimensionamento da ETE

PARÂMETRO	Usuários Atendidos
DBO (g/usuário.dia)	30
DQO (g/usuário.dia)	60
SST (g/usuário.dia)	30
N-NKT (g/usuário.dia)	5,2
P (g/usuário.dia)	0,75

O Corpo Receptor e Necessidade de Tratamento

O corpo receptor dos efluentes da ETE é o Córrego Ribeirão do Pinhal, há cerca de 2 km a montante de desaguar no Rio Atibaia. A vazão mínima estimada para o corpo receptor é $Q_{7,10} = 70 \text{ L/s}$. Já o Rio Atibaia, ao receber a vazão efluente do Córrego Ribeirão do Pinhal tem vazão mínima estimada de $Q_{7,10} = 4.445 \text{ L/s}$.

As vazões mínimas foram determinadas pelo método de regionalização hidrológica utilizando software disponível em <http://www.sigrh.sp.gov.br/cgi-bin/regnet.exe?lig=podfp>, pertencente ao Governo do Estado de São Paulo.

Tanto o Rio Atibaia como o Córrego Ribeirão do Pinhal estão enquadrados como Classe 2, cujos padrões de qualidade são apresentados na Resolução CONAMA Nº 357 de 2005 (vide Tabela)

Tabela Padrões de Qualidade para corpo hídrico Classe 2

Parâmetro	Padrões de Qualidade
OD	$\geq 5,0 \text{ mgO}_2/\text{L}$
DBO	$\leq 5,0 \text{ mgO}_2/\text{L}$
N-amoniacal	$\leq 3,7 \text{ mgN/L}$ para $\text{pH} \leq 7,5$
N-nitrato	$\leq 10 \text{ mgN/L}$
Fósforo Total	$\leq 0,10 \text{ mgP/L}$.
Clorofila a	$\leq 30 \text{ }\mu\text{g/L}$
Densidade de Cianobactérias	$\leq 50.000 \text{ cel/mL}$ ou $5 \text{ mm}^3/\text{L}$
NMP de coliformes fecais	$\leq 1.000 \text{ CF/100mL}$

Destaca-se ainda que o efluente da ETE, em vista dos padrões de efluente de acordo com o Decreto Estadual 8.468/1.976, deverá apresentar $\text{DBO} \leq 60 \text{ mgO}_2/\text{L}$, ou a ETE deverá apresentar 80% de eficiência de remoção de DBO. Para o caso, prevalece a necessidade de remoção de 80% de DBO, que levaria a um efluente com concentração máxima de DBO de $85 \text{ mgO}_2/\text{L}$.

Com relação à DBO do corpo receptor, com nascente relativamente próxima ao empreendimento, sua concentração no ponto de lançamento de $2,0 \text{ mgO}_2/\text{L}$.

A concentração de DBO do efluente da ETE para 5.000 usuários seria de no máximo $56 \text{ mgO}_2/\text{L}$, o que já recomendaria um tratamento com unidade biológica aeróbia.

Com relação ao N-amoniacal, considerando-se o corpo receptor com $0,5 \text{ mgN/L}$, a máxima concentração no efluente da ETE aceitável seria de 59 mgN/L . Esta concentração poderia ser atingida em um sistema de tratamento com unidade biológica aeróbia, mesmo operando com taxas relativamente altas, sem nitrificação.

Com relação ao fósforo, se desprezada sua concentração no corpo receptor antes do lançamento, a máxima concentração aceitável no efluente da ETE, para se manter o limite no rio de $0,1 \text{ mgP/L}$, seria de $1,7 \text{ mgP/L}$. Isto implica em um tratamento específico para a

remoção de fósforo, que é feito com aplicação de produtos químicos como o Policloreto de Alumínio no sistema de tratamento biológico aeróbio, resultando em um efluente com concentração de fósforo inferior a 1,0 mgP/L. Este tipo de tratamento vem sendo requerido para ETE's da bacia do Rio Atibaia pelo órgão de controle ambiental do Estado de São Paulo, uma vez que o Rio Atibaia está em processo de preservação e recuperação da qualidade de suas águas.

Por outro lado, o empreendimento não admite qualquer potencial de odores mais ofensivos na ETE e faz o reuso de parte de suas águas servidas, seja para descargas de bacias sanitárias, lavagem de ruas ou até mesmo a rega de jardins, o que requer que o efluente tratado no sistema de tratamento biológico aeróbio passe por um processo de filtração antes de ser encaminhado para o reuso.

Pelo porte da ETE, não se justificam unidades em separado para estabilização do lodo, devendo então o tratamento biológico aeróbio ser realizado por lodos ativados com aeração prolongada. Por maior facilidade operacional para remoção de nitrogênio, será utilizado sistema de lodos ativados com operação em bateladas sequenciais. Após o tratamento biológico aeróbio, é feita a utilização de filtro de areia e carvão para promoção da filtração do efluente tratado a ser encaminhado para reuso.

Dimensionamento das Unidades

Peneiramento / Gradeamento

O gradeamento do afluente é feito através de peneira estática (modelo PE- 40, com abertura de tela de 1 mm, da PROMINAS). Em seguida será utilizado uma caixa de areia com dois canais, sendo um de reserva. A caixa de areia terá largura de 0,260 m, por canal, e comprimento de 2,7 m. Tais valores foram obtidos impondo-se que a velocidade no canal fosse, em média, de 0,3 m/s. As dimensões estipuladas atendem a condição de taxa de escoamento superficial da NBR 12.209 (entre 600 e 1.300 m³/m².dia), sendo seu valor de 1.152 m³/m².dia. Supondo um volume de areia no afluente de 0,03 L/m³ de esgoto, sugere-se um rebaixo na caixa de areia de 15 cm, o que levando a um intervalo de tempo de cerca de 10 dias para a limpeza da caixa.

Como sistema reserva, usa-se gradeamento com limpeza manual (grade média e fina) seguida de caixa de areia conforme especificado na **Tabela**

Tabela Dimensões das grades

Item	Espaçamento (mm)	Espessura das grades (mm)
Grade média	30	9,5
Grade fina	20	9,5

Estação Elevatória de Esgotos

A estação se localiza a jusante da Calha Parshall, e é composta de:

- Poço de sucção;
- Conjunto motor-bomba hidráulica;
- Tubulação de recalque.

A vazão efluente é bombeada para os tanques reatores biológicos.

Utiliza-se bombas do tipo submersível para o recalque do efluente. Esse tipo de equipamento não necessita de tubulação de sucção para bombear o fluido por se localizar dentro do poço de sucção, em contato com o fluido.

Diâmetro da Tubulação de Recalque

Adotou-se tubulação de 75 mm de diâmetro, pois este é o único diâmetro comercial que atende a restrição de velocidades no recalque da NBR 12.208 (Projeto de Estações Elevatórias de Esgoto Sanitário).

Bomba

A bomba escolhida para operar o sistema é do tipo BCS-350 (2 cv), da Schneider Motobombas. São utilizadas 02 bombas, sendo 01 de reserva.

Tratamento Biológico - Lodos Ativados por Aeração Prolongada

O tratamento biológico é operado pelo processo de lodos ativados – variante aeração prolongada – que opera nas seguintes condições:

- Idade do lodo $R_s = 18$ a 30 dias
- Fator de carga $f = 0,05$ a 0,1

Foram considerados 03 ciclos de operação diários (03 ciclos/dia), com duração de 08 horas/ciclo, de modo a permitir alimentação sem aeração, para a desnitrificação e garantir um período aerado não inferior ao período de alimentação, atendendo 5.000 usuários.

Tendo-se por base que nas 12 horas de maior vazão do dia tem-se, aproximadamente, 67% do volume diário, é considerado para um ciclo crítico um volume de 45% do volume do dia de maior contribuição.

Número de Tanques Reatores

De modo a se obter boa flexibilidade para implantação e operação da ETE, foram adotados 04 tanques reatores, que foram instalados em função do número de usuários atendidos.

Na **Tabela** são apresentados os ciclos de operação dos tanques reatores, em função do número de tanques em uso. Um ciclo terá duração de 8 horas.

Tabela Caracterização dos ciclos de 8 horas

ETAPA DO CICLO	Duração de cada etapa (minutos)		
	2 TANQUES	3 TANQUES	4 TANQUES
Número de Usuários	2.500	3.750	5.000
Alimentação / Reação sem aeração	120	120	120
Alimentação / Reação com aeração	120	40	0
Reação / Aeração	120	200	240
Decantação	50	50	50

Descarte do efluente	60	60	60
“Descanso” / Descarte de Lodo	10	10	10
Tempo total do ciclo	480	480	480
Tempo de aeração por ciclo	240	240	240

Observação: O descarte de excesso de lodo é feito por até 10 minutos, com o N.A mínimo no reator e com os misturadores ligados. Portanto, são 3 descargas de lodo por dia, de cada tanque reator.

Para 2.500 usuários (total de 2 tanques instalados), apenas 01 tanque estará com aeração, com necessidade máxima para os ciclos críticos, de 6,9 kgO₂/hora.

Para 3.750 usuários (total de 3 tanques instalados), alternadamente 01 e 02 tanques estarão com aeração, com necessidade máxima para os ciclos críticos, de 6,9 kgO₂/hora por tanque e quando 2 tanques em operação simultânea 13,8 kgO₂/hora.

Para 5.000 usuários (total de 4 tanques instalados) apenas 02 tanques usam aeração ao mesmo tempo, a necessidade máxima de O₂ para a ETE será de 13,8kgO₂/hora.

As necessidades de oxigênio são resumidas na **Tabela**

Tabela Necessidade de oxigênio

Número de Usuários	Rs	Necessidade de Oxigênio	
	dias	Na média kgO ₂ /dia	No pico kgO ₂ /hora
2500	27	121,4	6,9
3750	27	179,1	6,9 / 13,8
5000	27	237,5	13,8

Tanques Reatores Escolhidos

Levando em consideração o terreno disponível e a implantação em etapas, os tanques reatores padrão escolhidos terão:

.	Largura:	8,0 m
.	Comprimento:	4,3 m
.	Área da base:	34,4 m ² /tanque reator

IMPLANTAÇÃO DOS TANQUES REATORES

Tabela Dimensões dos tanques reatores

Número de Usuários	Tanques Reatores implantados
2.500	02 tanques com: - comprimento = 8,0m - largura = 4,3m - altura útil = 5,5m
3.750	03 tanques com: - comprimento = 8,0m - largura = 4,3m - altura útil = 5,5m
5.000	04 tanques com: - comprimento = 8,0m - largura = 4,3m - altura útil = 5,5m

Sistema de Aeração

São necessários, aproximadamente, 3,2 Nm³Ar/minuto por tanque reator com área de 34,4 m² (tanques de 8,0m x 4,3m). Os difusores de ar são do tipo tubos difusores de membrana flexível.

Para atender a 5.000 usuários (4 tanques implantados)- 03 sopradores (sendo 01 de reserva), com as características de 7,5 cv cada.

Cada conjunto motor / soprador tem inversor de frequência para variar a sua rotação, de modo a se ter controle da vazão de ar de acordo com a necessidade para atender à demanda dos reatores em operação. O consumo máximo estimado é de 6,1 cv por conjunto motor / soprador.

Misturadores Necessários para Operação Anóxica

Durante a fase de alimentação dos tanques reatores, sem aeração, será necessário misturar o conteúdo do reator, de modo a se ter a reação de desnitrificação.

Para a mistura dos reatores são utilizados misturadores, com hélices, implantados nas paredes dos tanques, abaixo do N.A. mínimo.

Aplicação de Policloreto de Alumínio para Remoção de Fósforo

A dosagem de Policloreto de Alumínio, fica na faixa de 60 a 100 mg/L. Em média, estima-se dosagem de 90 mg/L.

Para essa demanda há duas bombas dosadoras com capacidade de 4 a 12 L/hora.

Remoção do Efluente Tratado

A remoção do efluente tratado, como base de projeto, é feito através de canaletas vertedouras acopladas a peças flutuantes e conectadas a tubulações flexíveis (tipo “decanter”).

Consumo de alcalinidade e necessidade de cal

A nitrificação consome 7,14 kg de alcalinidade como CaCO_3 por kg de N- amoniacal transformado em N-nitrato. Na desnitrificação, recupera-se 3,57 kg de alcalinidade como CaCO_3 por kg de N-nitrato transformado em N_2 .

Para 5.000 usuários, a quantidade de N disponível para nitrificação foi determinada em 20 kgN/dia e a quantidade de N- NO_3 desnitrificada foi estimada em 16,5 kgN/dia.

A ETE, tem instalado um sistema de dosagem de cal que conta com:

- 2 bombas dosadoras de com vazão de 3 à 5 l/h;
- 1 Tanque de cal;
- 1 misturador vertical rápido para preparação do leite de cal.

A dosagem de cal será feita diretamente nos tanques reatores.

Remoção do Excesso de Lodos Ativados – Tanques de Recebimento do Excesso de Lodos Ativados

O descarte de excesso de lodo ativado de referência é de 3,7% do volume do tanque reator, por dia. Durante o descarte de excesso de lodo, o reator está com os misturadores em operação.

Bomba de Descarte de Excesso de Lodos Ativados

O excesso de lodo ativado será bombeado para o tanque de recebimento de lodo que também opera como tanque de regularização de vazão.

Para descarte de excesso de lodo ativado são utilizadas: 02 (01 + 01 reserva) bombas para até 4 L/s. Com 3 descartes de excesso de lodo por dia, um por ciclo, cada descarga com 1,77 m³, tem duração de, aproximadamente, 7,38 minutos.

Desinfecção do Efluente Final

Sendo o lançamento do efluente da ETE em um pequeno córrego, enquadrado como Classe 2 e com muito baixa capacidade de diluição, além de parte de o efluente ser encaminhada para filtração terciária para reuso, torna-se indispensável a desinfecção do efluente final da ETE.

A desinfecção é feita por cloração e, para sistemas de lodos ativados por aeração prolongada, a dosagem de cloro varia, normalmente, na faixa de 2 a 8 mgCl₂/L, podendo-se considerar a média de 4 mgCl₂/L. Usa-se hipoclorito de sódio a 12%. Para a dosagem de hipoclorito de sódio a 12%, usa-se: 02 (01 + 01 reserva) bombas dosadoras de cloro para até 5 L/hora;

Câmara de Contato de Cloro

A Câmara proporciona um tempo de detenção ≥ 30 minutos, para a vazão máxima. Este tanque deve ser utilizado, também, como tanque de regularização de vazão para alimentação dos filtros terciários, que tem capacidade, para até 50% da vazão da ETE (175 m³/dia). Para 20h/dia de operação dos filtros, com vazão de 8,75 m³/h, é utilizado um tanque de contato de cloro e de regularização de vazão de 80 m³, para o atendimento a 5.000 usuários.

Filtração Terciária

Para a filtração terciária são utilizados filtros de areia e carvão ativado. A capacidade dos filtros é de 175 m³/dia, para aproveitamento de, aproximadamente, 150 m³/dia, para atender a 5.000 usuários.

O sistema de filtração, opera 20 horas por dia. A água de retro-lavagem dos filtros deverá ir para a entrada da ETE.

Tratamento da Fase Sólida

Tanques de Recebimento de Excesso de Lodos Ativados

O lodo removido dos tanques reatores é muito diluído, com vazão alta e com pequena duração. O lodo deverá sofrer adensamento antes de ser encaminhado para desaguamento. O tanque de recebimento de excesso de lodo ativado deve ser utilizado como tanque de regularização de vazão para alimentação dos adensadores de lodo.

Volume do Tanque de Recebimento / Regularização de Vazão de Excesso de Lodos Ativados

São utilizados 02 tanques com volume de aproximadamente 2,3 m³, que com segurança poderá receber 1,77 m³ em ~7,4 min., a cada 2 horas.

Remoção do Lodo do Tanque de Recebimento de Excesso de Lodos Ativados

Operando basicamente como tanque de recebimento de excesso de lodo e de regularização de vazão para alimentação dos adensadores, a vazão regularizada de saída desse tanque é de $0,885 \text{ m}^3/\text{h}$.

Lodo para Adensamento

Pelo porte da ETE e para se utilizar um sistema de operação mais simples, o adensamento do lodo será por gravidade, embora tal sistema apresente limitações de um lodo adensado dificilmente superior a 2%.

- Volume útil total do adensador = $20,8 \text{ m}^3$

Quantidade de Lodo Adensado Produzido

O adensador por gravidade apresenta uma recuperação de sólidos de aproximadamente 90%, e produz um lodo adensado com concentração de sólidos de cerca de 20 kg/m^3 . (O uso de polímero pode melhorar a recuperação de sólidos e o teor de sólidos no lodo adensado).

Tanque de Lodo Adensado

O tanque de lodo adensado tem capacidade para reter o lodo por um período de aproximadamente 1 dia. Isto resulta na necessidade de um volume para tanque de lodo adensado de cerca de 5 m^3 . O tanque de lodo adensado está próximo ao filtro prensa, e é alimentado por tubulações saindo diretamente do fundo do adensador.

Principais Dimensões do Tanque de Lodo Adensado

São utilizados dois tanques para armazenamento de lodo, cilíndricos de altura 1,85 m e diâmetro de 1,35 m, o que representa um volume de armazenamento de $2,65 \text{ m}^3$ por tanque

(5,30 m³ no total).

Mistura do Tanque de Lodo Adensado

Está sendo utilizado um misturador de parede no tanque de recebimento de lodo em excesso proveniente do adensador de lodo, para evitar possível decantação.

Desaguamento do Lodo

São utilizados 02 filtros prensa (modelo SE500CD15, da Andritz), sendo um de reserva.

O filtro prensa a ser utilizado é tipo Câmara de formato de 500 mm x 500 mm, contendo 29 unidades de placas câmara de polipropileno e ainda meia placa de encosto e meia placa móvel. O volume do filtro é de 119,4 litros, a área de livre filtração é de 10,65 m² e a espessura da torta gerada é de 25 mm.

A capacidade de ampliação dos filtro prensa é de até 40 câmaras, podendo então passar a ter um volume de filtro de 159,20 litros e área de filtração livre de 14,2 m².

Anexo – Fluxograma