

VIABILIDADE TÉCNICA
CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO
“SOLUÇÃO DE REFERÊNCIA”

05 de março de 2021

Sumário

1. ESTUDOS TÉCNICOS	1
1.1. Conhecimento do Problema.....	1
2.1. Premissas de Projeto.....	2
2.2.1. Vazões do Projeto.....	2
2.2.2. Descrição do Processo de Tratamento.....	5
3. CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO.....	9
3.1. Estação de Produção de Água de Reúso – Polo Industrial.....	9
3.1.1. Dimensionamento do Sistema MBR e Osmose Reversa	12
3.2. Localização da EPAR – Polo Industrial	18
3.3. Emissários e Adutora.....	19
3.3.1. Emissário de Esgoto Bruto – ETE Camburi – EPAR - Polo Industrial	19
3.3.2. Adutora (Água de Reúso) – ETE - Polo Industrial - Ponto de Entrega.....	20
3.3.3. Emissário de Efluente Salino	22
3.4. Estação Elevatória de Esgoto Bruto	23
4. OUTRAS ESTRUTURAS.....	23
4.1. ETE Camburi.....	24
5. PLANO DE IMPLANTAÇÃO	24
5.1. Estação de Produção de Água de Reúso - Polo Industrial	24



5.2.	Estação Elevatória de Esgoto Bruto	25
5.3.	Emissário de Esgoto Bruto – Camburi - Polo Industrial	25
5.4.	Adutora de Água de Reúso – EPAR - Polo Industrial-Ponto de Entrega	26
5.5.	Emissário de Efluente Salino	26
5.6.	ETE Camburi – Desativação e Remediação	26
6.	ESTIMATIVA DOS INVESTIMENTOS.....	29
6.1.	Premissas dos Estudos de Custos	29
6.2.	Quadro resumo dos investimentos	30

1. Estudos Técnicos

O objetivo do estudo de viabilidade técnica é possibilitar o tratamento de esgotos sanitários para fins de reúso industrial com capacidade final de 200 L/s e entrega nas coordenadas 20°13'49.04"S e 40°15'27.58"W, compreendendo:

- a. Implantação de um novo sistema de tratamento para a ETE Camburi, localizada no sítio aeroportuário do Aeroporto de Vitória – Eurico de Aguiar Salles, no Jardim Camburi; e
- b. Desativação e remediação do sistema atual.

A necessidade total de fornecimento de 200 L/s de água de reúso será atendida para o horizonte de 2047, com fornecimento inicial médio de 150 L/s, a partir do início de operação.

1.1. Conhecimento do Problema

Atualmente, a CESAN opera a ETE Camburi dentro do sítio aeroportuário do Aeroporto de Vitória – Eurico de Aguiar Salles, projetada para uma capacidade de 370 L/s e está composta por: Tanques de tratamento Primário, de uma lagoa aerada e duas lagoas facultativas, totalizando uma área ocupada de, aproximadamente, 140.000 m². O Convênio para Uso desta Área – nº 06.2011.023.0001, firmado entre a CESAN e a INFRAERO e atualmente vigente – tem prazo de validade até agosto de 2021, findo o qual a área deverá ser devolvida à INFRAERO ou reduzida a 40.000 m² de ocupação, o que implica na necessidade de instalação de um novo sistema de tratamento em substituição ao existente, que atualmente recebe uma vazão média de 212 L/s de esgoto doméstico.

Para disponibilizar a vazão no final do plano de 200 L/s de água de reúso às empresas instaladas no Porto de Tubarão, bem como atender à exigência da

INFRAERO de devolução da área, foi desenvolvido o presente estudo, que será detalhado a seguir.

2. Descrição Técnica das Soluções de Engenharia

Construção de uma estação de produção de água de reúso denominada EPAR - Polo Industrial, dotada de Tratamento Primário, Sistema de Membranas (MBR), com membranas módulos de membrana de fibra oca da Koch Membranes ou similar e Osmose Reversa com tecnologia Dupont ou similar.

2.1. Premissas de Projeto

A vazão de contribuição para a EPAR - Polo Industrial será composta pela vazão de esgoto da ETE Camburi, cuja vazão média no ano de 2019, de acordo com dados disponibilizados pela CESAN, Quadro 1, foi de 212 L/s.

Quadro 1 - Vazões de esgoto afluyente à Estação de Camburi em 2019

	Vazão (L/ s)		
	Bruta	Tratada	Entrada
Camburi	212,00		212,00
TOTAL			212,00

Após a entrada em operação da EPAR - Polo Industrial, a ETE Camburi será desativada.

2.2.1. Vazões do Projeto

Partindo como premissa inicial que a cobertura na rede de coleta de esgotos em Vitória é exemplar e alcança índices próximos a 95% da população, foi considerado que o crescimento populacional da última década será refletido no

futuro próximo e que esse crescimento orgânico médio, considerado linear, será acompanhado pelo crescimento nos volumes de esgoto coletado e tratado.

A estimativa da vazão de esgotos foi feita considerando-se a expectativa de crescimento da população do município de Vitória-ES, com base na projeção do crescimento médio da população nos anos de 2011 e 2020, na base SIDRA do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6579#resultado>).

- População em 2011 – 330.526 habitantes;
- População em 2020 – 365.855 habitantes;

Utilizando os dados disponíveis, considerando-se a metodologia de cálculo do IBGE para a obtenção da taxa de crescimento, equação 1, pode-se obter a variação anual do crescimento populacional no período.

$$r = \sqrt[n]{\frac{P_T}{P_R}} - 1 \quad (1)$$

Na qual:

r – taxa de crescimento anual;

n – número de anos considerados para a variação;

P_T = população no ano de final

P_R = população no ano de referência;

Com base nos dados disponíveis, a taxa média anual de crescimento no período foi de 1,135%. Utilizando-se este valor e a informação sobre a vazão média de esgoto gerada em 2020, obtém-se os dados apresentados no Quadro 2, para o cálculo da vazão de água de reúso foi considerada uma recuperação de água de 70% no sistema de Osmose Reversa. A Figura 1 mostra a evolução da disponibilidade de água de reúso em função do ano de operação EPAR – Polo Industrial.

A capacidade de projeto da estação de produção de água de reúso foi definida em **200 L/s** e deverá ser constituída por dois módulos com capacidade de 100 L/s cada. Como a disponibilidade de esgoto será menor que a necessária para a produção da vazão de entrega, até que a capacidade de projeto seja atingida, as unidades integrantes da estação de produção de água de reúso terão os seus parâmetros operacionais ajustados em função da disponibilidade de esgoto bruto.

Quadro 2 - Vazões de esgoto e de água de reúso em função do crescimento populacional

Atividade	ANO	Vazão (l/s)			
		Bruta	Perda (MBR)	Perda (OR)	Entregue
	2020	212,00	1,50	63,20	147
Engenharia / Licenças - ano 1	2021	214,40	1,50	63,90	149
Obras Cíveis e Procurement - ano 2	2022	216,80	1,50	64,60	151
Obras Cíveis, Fornecimento e Montagem - ano 3	2023	219,30	1,50	65,30	153
Início Operação - ano 4	2024	221,80	1,60	66,10	154
ano 5	2025	224,30	1,60	66,80	156
ano 6	2026	226,80	1,60	67,60	158
ano 7	2027	229,40	1,60	68,30	160
ano 8	2028	232,00	1,60	69,10	161
ano 9	2029	234,60	1,60	69,90	163
ano 10	2030	237,30	1,70	70,70	165
ano 11	2031	240,00	1,70	71,50	167
ano 12	2032	242,70	1,70	72,30	169
ano 13	2033	245,50	1,70	73,10	171
ano 14	2034	248,30	1,70	74,00	173
ano 15	2035	251,10	1,80	74,80	175
ano 16	2036	253,90	1,80	75,60	177
ano 17	2037	256,80	1,80	76,50	179
ano 18	2038	259,70	1,80	77,40	181
ano 19	2039	262,60	1,80	78,20	183
ano 20	2040	265,60	1,90	79,10	185
ano 21	2041	268,60	1,90	80,00	187
ano 22	2042	271,60	1,90	80,90	189
ano 23	2043	274,70	1,90	81,80	191
ano 24	2044	277,80	1,90	82,80	193
ano 25	2045	281,00	2,00	83,70	195
ano 26	2046	284,20	2,00	84,70	198
ano 27	2047	287,40	2,00	85,60	200
ano 28	2048	290,70	2,00	86,60	202
ano 29	2049	294,00	2,10	87,60	204

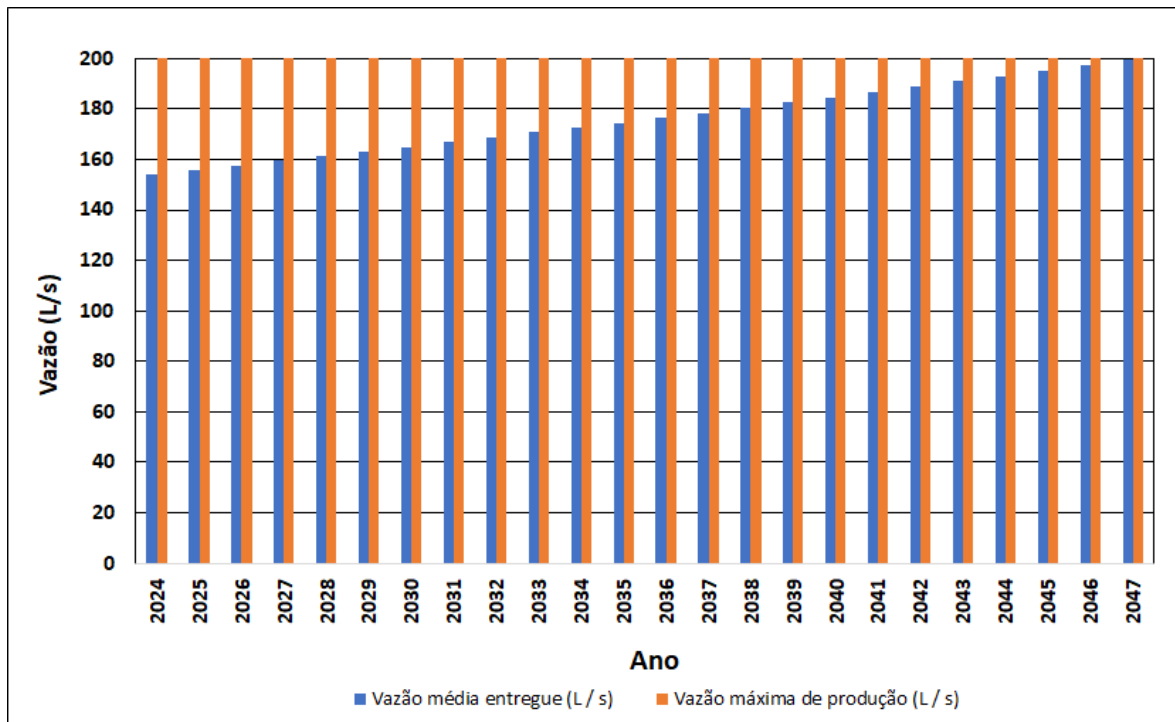


Figura 1 - Vazão média entregue e capacidade de produção de água de reúso

2.2.2. Descrição do Processo de Tratamento

No Apêndice A do Edital publicado pela CESAN estão descritas as características dos esgotos tratados a serem utilizados para reúso e dentre os parâmetros listados, destacamos:

- Condutividade; e
- DBO

A condutividade é oriunda de sólidos dissolvidos presentes no efluente e o limite imposto para o esgoto tratado destinado a reúso é de 90 a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, valor relativamente baixo, significativamente inferior à do esgoto bruto que será tratado. Já a DBO não possui limite de concentração explicitado, mas a experiência demonstra que, na maioria dos casos, não é possível o reúso de “água” com valores elevados de DBO em processos industriais.

Os demais parâmetros, quando do tratamento para remoção de condutividade e DBO, serão reduzidos aos valores desejados.

Assim, a proposta para o tratamento de esgoto para produção de água de reúso se resume a:

- Remoção de DBO; e
- Remoção de Sólidos Dissolvidos.

2.2.2.1. Remoção de DBO

A DBO presente nos esgotos sanitários é função da matéria orgânica lançada nos esgotos sanitários.

Dentre as alternativas para remoção de DBO podemos citar:

- Oxidação Química;
- Oxidação Biológica (aeróbia);
- Oxidação Biológica (anaeróbia).

A oxidação química pode ser feita através de agentes oxidantes fortes, tais como ozônio ou compostos com cloro livre. Via de regra o consumo de reagentes é extremamente elevado, inviabilizando economicamente esse tipo de tratamento.

A oxidação biológica aeróbia, principalmente o sistema de lodos ativados, é o principal sistema de tratamento utilizado para redução de DBO de esgotos sanitários e efluentes industriais. Esse processo é realizado por bactérias aeróbias que degradam a matéria orgânica (DBO), tendo eficiência de remoção de DBO acima de 90%.

A oxidação biológica aeróbia se dá em um tanque (tanque de aeração), que necessita de introdução de oxigênio no sistema de forma a garantir o processo aeróbio.

Os microrganismos do tanque de aeração formam flocos que são passíveis de separação gravitacional (decantador).

A oxidação biológica aeróbia tem por desvantagens o alto consumo de energia elétrica e a geração de lodo (crescimento dos microrganismos que necessita ser removido do sistema).

A oxidação biológica anaeróbia utiliza bactérias anaeróbias que degradam a matéria orgânica, mas tem uma desvantagem em relação aos sistemas aeróbios, pois para esgoto sanitário a eficiência de remoção de DBO é em torno de 50%, sendo necessária a complementação do tratamento para remoção de DBO.

Ressalta-se que os tratamentos para remoção de DBO não removem os sólidos dissolvidos inorgânicos presentes no esgoto, sendo necessário um tratamento complementar para remoção desses sólidos.

2.2.2.2. Remoção de Sólidos Dissolvidos

Dentre as formas para remoção de sólidos dissolvidos podemos citar:

- Evaporação e condensação;
- Dispositivos de troca iônica; e
- Osmose reversa.

A evaporação e condensação demandam uma quantidade de energia que inviabiliza economicamente a remoção de sólidos dissolvidos do esgoto tratado.

A troca iônica é um sistema muito utilizado em processos que necessitam de água com baixa salinidade, sendo um processo onde o esgoto tratado sem matéria orgânica e sem sólidos suspensos (não dissolvidos) é enviado a um leito de resina onde ocorre a substituição dos íons (sólidos dissolvidos) por moléculas de água.

O leito de resina ao longo do tempo tende a ficar saturado, ou seja, perde sua capacidade de efetuar a troca dos íons e quando isso ocorre, para recuperar a capacidade da resina é feita a regeneração dela com ácido e base fortes, gerando um efluente com extrema salinidade.

A regeneração da resina é função diretamente proporcional à quantidade de sólidos dissolvidos presentes na água a ser tratada e na vazão dela, ou seja, quanto maior a concentração de sólidos dissolvidos na água a ser tratada, maior será o número de regenerações.

Assim, águas ou esgoto, mesmo que tratados, com elevados teores de sólidos dissolvidos, não devem ser tratados com dispositivos de troca iônica, em função do grande número de regenerações, que é o caso do esgoto sanitário avaliado no presente estudo.

A osmose reversa, de maneira simplificada, é um sistema que consiste em um filtro com porosidade extremamente reduzida que tem a capacidade de reter compostos em função do tamanho de suas moléculas. Nele, as moléculas de água passam por esses pequenos poros, enquanto as moléculas de sólidos dissolvidos são retidas.

A osmose reversa gera uma água de altíssima qualidade, mas tem por inconvenientes: a necessidade de a água de alimentação ser totalmente isenta de sólidos suspensos e a geração de um rejeito que pode representar até 30% da vazão de entrada (para cada 100 litros de água de alimentação, 70 litros são de água tratada e até 30 litros são rejeito com alta salinidade).

Conforme citado, a água de alimentação da osmose reversa não pode conter sólidos suspensos e, no caso de esgoto, ainda que tratado em sistemas convencionais, este possui uma quantidade de sólidos que impedem que ele seja enviado diretamente a osmose reversa. Assim, é necessário “polir” o esgoto tratado de forma a remover os sólidos suspensos, e a melhor forma de tratamento para isso é o envio do esgoto tratado em sistema convencional para um dispositivo de ultrafiltração, ou utilizar um sistema tipo MBR (*membrane bioreactor*), onde as membranas de ultrafiltração são instaladas no tanque de aeração, gerando um esgoto tratado praticamente isento de sólidos em suspensão.

3. Caracterização do Empreendimento

As estruturas a serem construídas serão as seguintes:

1. Estação de Produção de Água de Reúso - Polo Industrial;
2. Emissário de Esgoto Bruto – Camburi-EPAR – Polo Industrial;
3. Adutora de Água de Reúso – EPAR - Polo Industrial-Ponto de Entrega;
4. Emissário de Efluente Salino – EPAR - Polo Industrial-Lagoa de Lançamento.

O detalhamento de cada uma das estruturas será descrito a seguir.

3.1. Estação de Produção de Água de Reúso – Polo Industrial

Para atender às premissas impostas pela CESAN e no intuito de proporcionar a melhor solução técnico-econômica, concebemos a solução de implantação de uma Estação de Produção de Água de Reúso localizada no terreno a ser disponibilizado pela CESAN, com capacidade para tratar o afluyente bruto que hoje alimenta a ETE Camburi. Este arranjo proporcionará um volume de aproximadamente 150 L/s no 1º ano de operação (ano 4 do projeto). Considerando o crescimento orgânico médio de 1,135% a.a. (fonte IBGE), a vazão de 200 L/s será atingida gradativamente até o final de plano, ou seja, ano de 2047. Caso a data de início da operação seja postergada por qualquer razão, a vazão de entrega aumentará proporcionalmente ao crescimento populacional dos últimos anos.

A EPAR - Polo Industrial será composta por equipamentos e tanques em concreto armado, incluindo tratamento preliminar, seguido pelo tratamento biológico com membranas submersas, ou do inglês “*Membrane Bioreactor*” (MBR), para redução da carga orgânica, com tecnologia Koch ou similar, e tratamento terciário por processo de osmose reversa (OR), para remoção de sais dissolvidos, com tecnologia **Dupont** ou similar. Dentre os critérios empregados para a definição das tecnologias selecionadas devem ser destacados:

- Tecnologia – a mais avançada disponível;
- Consumo de energia elétrica – alta eficiência com o menor consumo;
- Custo e periodicidade de substituição das membranas – a melhor relação benefício/custo operacional.

Além dos sistemas descritos, a EPAR – Polo Industrial será dotada de sistema de condicionamento de lodo e terá sua operação totalmente automatizada.

Assim, a EPAR - Polo Industrial, que atende às exigências da CESAN para o presente estudo, será composta de:

- **Tratamento Preliminar**
 - **Grade automatizada**

As grades terão a função de reter os materiais grosseiros, de forma a proteger os equipamentos à jusante delas. As grades serão do tipo mecanizada, com abertura de 20 mm entre as barras e capacidade para absorver possíveis vazões de pico.

- **Dispositivo para remoção de detritos**

A instalação do dispositivo para a remoção de detritos (terra, areia, sólidos inorgânicos maiores, óleo e gordura), é necessária para evitar assoreamento de reatores e tanques e também proteger os equipamentos instalados à jusante da mesma, bem como evitar a ocorrência de formação de espuma no reator biológico em decorrência da hidrólise de óleo e gordura;

- **Peneira rotativa**

Serão utilizadas peneiras rotativas para a remoção de sólidos em suspensão com tamanho superior à 1 mm e fibras, que podem resultar em acúmulo nas membranas do sistema MBR.

- **Tratamento Secundário**
 - **Sistema MBR**

O Sistema MBR tem a função de remover a matéria orgânica presente no afluente e promover a nitrificação do nitrogênio oxidável, sendo precedido do sistema de tratamento preliminar. Será constituído por tanque atóxico, tanque de aeração e tanque de membranas. Todos os tanques serão construídos em concreto, com revestimento em material polimérico para minimizar a corrosão e liberação de sílica para a fase líquida. O tanque anóxico deverá ser dotado de agitador mecânico para manter a massa de micro-organismos em suspensão. O tanque de aeração será dotado de difusores tipo bolha fina instalados na base dele, para assegurar a manutenção da massa de micro-organismos em suspensão e fornecer o oxigênio necessário para o processo de oxidação da matéria orgânica. Os difusores serão alimentados por sopradores instalados em compartimento com revestimento acústico. No tanque de membranas serão instalados os módulos de membranas com o respectivo sistema de aeração. Entre o reator biológico e o tanque de membranas deverão ser instalados impelidores de fluxo axial para viabilizar a vazão de recirculação do conteúdo do reator aeróbio para o reator anóxico. A recirculação deverá ser assegurada por meio da instalação de canaletas laterais entre o tanque de membranas e o reator anóxico, para permitir a desaeração da corrente de recirculação antes de chegar ao reator anóxico.

Os módulos de membranas são dotados de tubulação de conexão com uma bomba para possibilitar a extração do efluente tratado, o qual será direcionado para um tanque de armazenagem. Também deverá ser prevista na estrutura do sistema de membrana uma unidade de contra lavagem e limpeza química, a qual deverá ser detalhada pelo fornecedor do sistema de membranas.

Na operação do sistema MBR deverá ocorrer o descarte do lodo, o que será feito utilizando uma bomba para a remoção de uma parcela do lodo do tanque de membranas, onde a sua concentração é maior. O lodo descartado será conduzido para um sistema de condicionamento e secagem.

- **Tratamento Terciário**
 - **Tanque de Armazenagem**

Essa unidade receberá o esgoto tratado biologicamente e, através de bombas centrífugas, fará o recalque deles ao dispositivo de osmose reversa.

- **Osmose Reversa**

Essa unidade receberá o efluente do sistema MBR e promoverá o seu tratamento para a remoção de sais dissolvidos, obtendo-se uma água com as características desejadas pela CESAN para o presente estudo.

No processo de osmose reversa parte da alimentação deverá ser descartada como concentrado, ou rejeito, o qual deverá ser lançado no meio ambiente em conformidade com a legislação ambiental aplicável. Recomenda-se que após a implantação do sistema seja verificada a possibilidade da utilização do rejeito da osmose para lavagem de ruas, reserva contra incêndio e outros usos possíveis.

- **Tratamento do Lodo**
 - **Desaguamento de Lodo**

O lodo descartado do sistema MBR será encaminhado para um tanque de armazenagem e condicionamento, dotado de misturador e deste para um conjunto de centrífugas do tipo *decanter*, que terão a função de concentrar o lodo por meio da eliminação da água livre, para posterior disposição final. A água removida do lodo deverá retornar para a entrada do sistema biológico de tratamento.

3.1.1. Dimensionamento do Sistema MBR e Osmose Reversa

Para possibilitar o levantamento dos custos de implantação da EPAR – Polo Industrial, foi elaborado o dimensionamento dos principais componentes que irão integrar a unidade de produção da água de reúso.

3.1.1.1. Sistema MBR

O sistema MBR foi dimensionado com base de conceitos fundamentais sobre tratamento de esgotos e de processos de separação por membranas, considerando-se a vazão de esgoto necessária para produção de 200 L/s de água de reúso para o horizonte de projeto. Todos os cálculos relativos ao dimensionamento são apresentados em anexo e as principais características do sistema MBR são apresentadas no Quadro 3.

Quadro 3 - Principais características do sistema MBR da EPAR – Polo Industrial

Parâmetro	Valor
Número de unidades em paralelo	2
Vazão de projeto de cada unidade (m ³ /h)	518
DQO afluente (mg O ₂ /L)	664
N-Kjeldahl no afluente (mg N-NKT/L)	43
Vazão de permeado (m ³ /h)	514,5
DQO efluente (mg O ₂ /L)	0,33
N-Amoniacal no efluente (mg N-NH ₄ /L)	0,36
N-Nitrato no efluente (mg N-NO ₃ /L)	10,0
Concentração de SSV no licor misto no reator aeróbio (g/m ³)	8.000
Concentração de SSV no licor misto no reator anóxico (g/m ³)	7.982
Vazão de descarte de lodo do tanque de membranas (m ³ /d)	84,7
Concentração de Sólidos Totais no lodo descartado (g/m ³)	13.165
Volume do reator aeróbio (m ³)	3.766
Volume da câmara anóxica (m ³)	753
Vazão específica de ar para o reator aeróbio (m ³ /h.m ³)	2,14

Com base nos dados do dimensionamento e também a utilização de módulos de membranas de fibra oca, foi definida a utilização de módulos de membranas da empresa Koch Membranes, ou similar, resultando nos dados apresentados no Quadro 4.

Quadro 4 - Características dos módulos de membrana do sistema MBR

Característica	Especificação
Tipo de módulo	Puron PHS-1800
Número de módulos	12
Área total de membranas	21.600 m ²
Taxa de aeração (m ³ /h.m ² a 20°C)	0,25

Considerando-se as recomendações para a instalação dos módulos nos tanques de membranas, foram obtidos os volumes de cada compartimento do reator biológico, Quadro 5.

Quadro 5 - Volumes dos compartimentos do sistema biológico

Componente	Volume útil (m ³)
Câmara anóxica	753
Reator aeróbio	3.463
Tanque de membranas	303

Admitindo-se uma profundidade de 4 m, para cada um dos compartimentos é possível obter o arranjo dos reatores, Figura 2. O fluxograma de processo do sistema MBR é apresentado na Figura 3.

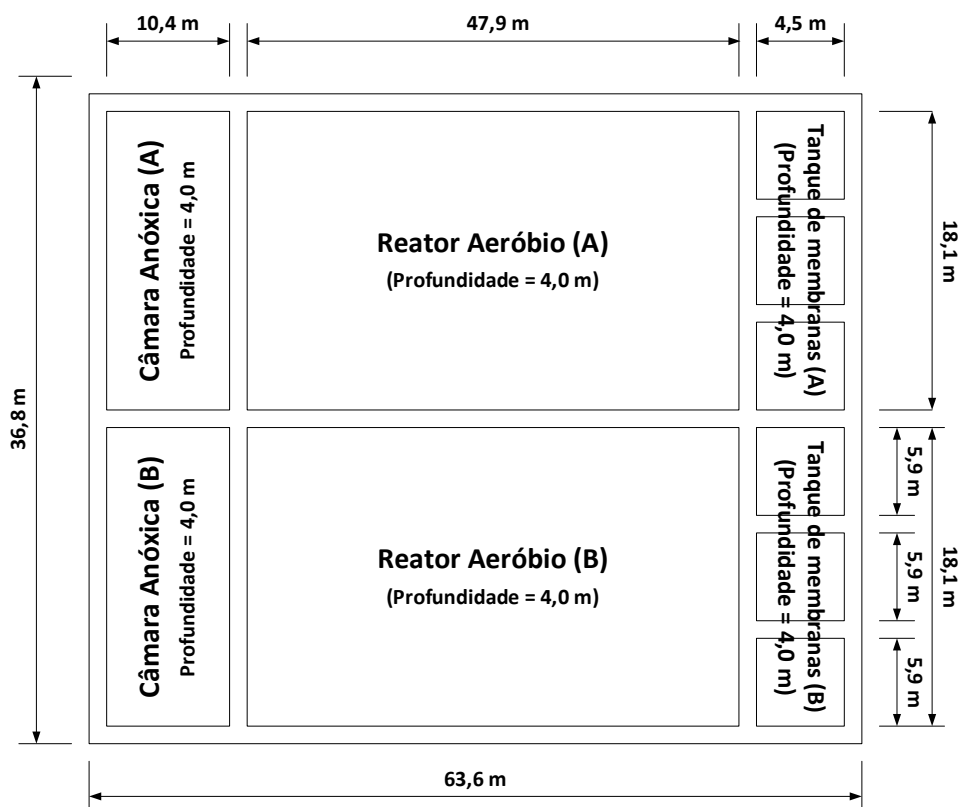


Figura 2 - Arranjo do sistema biológico com dois módulos de tratamento com capacidade de 500 m³/h cada

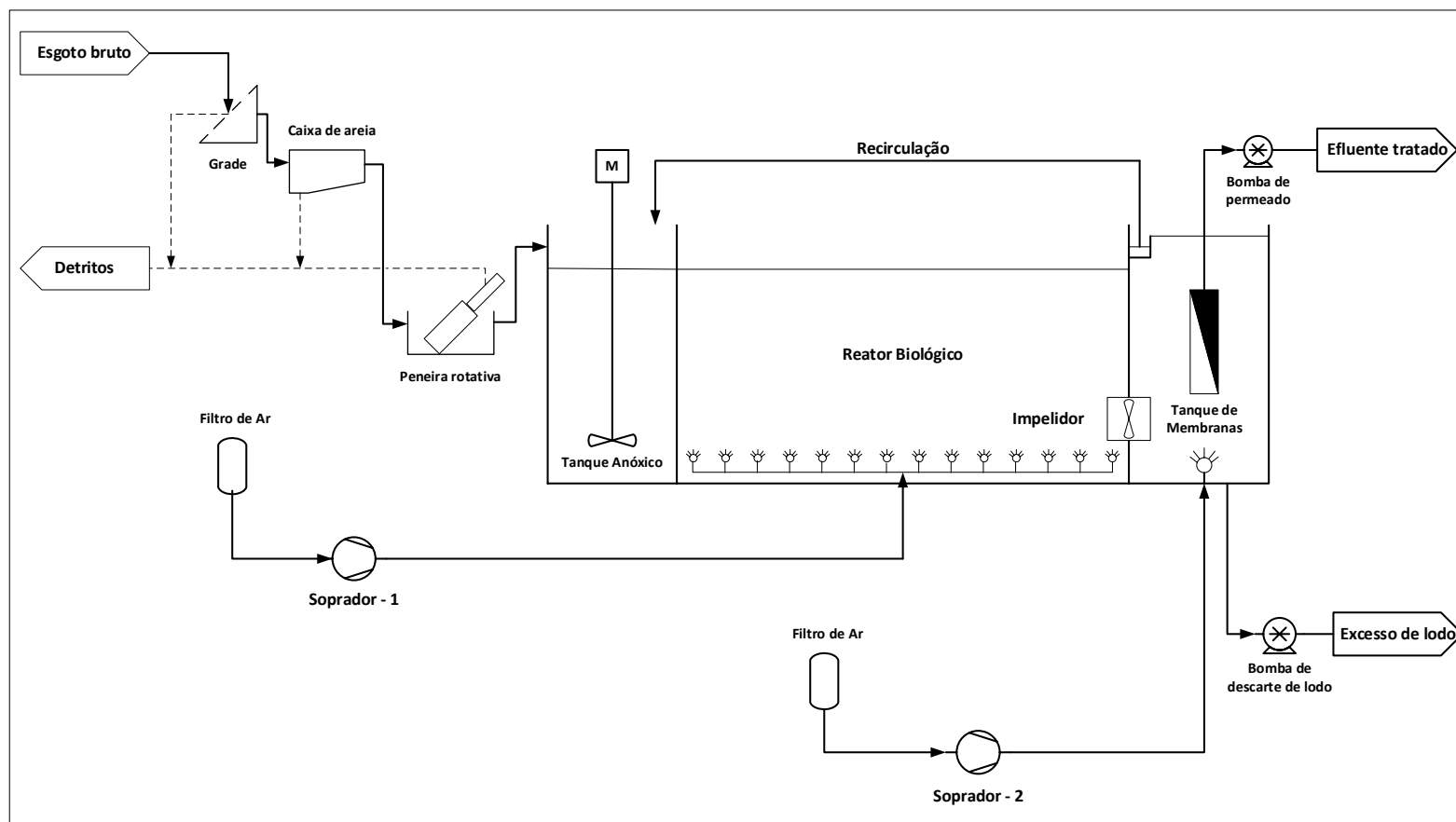


Figura 3 - Fluxograma de processo do sistema MBR

3.1.1.2. Unidade de Osmose Reversa

O dimensionamento da unidade de osmose reversa foi feito utilizando-se o aplicativo Wave, disponibilizado pela Empresa DuPont de Nemours Inc., versão 1.77.774, com os dados de alimentação apresentados no Quadro 6.

Quadro 6 - Parâmetros para dimensionamento da unidade de osmose reversa

Parâmetro	Valor	Unidade
Vazão de permeado	720	m ³ /h
Temperatura de projeto	24,8	°C
pH	6,8	--X--
Amônia	0,3	mg/L
Sódio	298,5	
Magnésio	9,7	
Cálcio	24,0	
Carbonato	0,22	
Bicarbonato	216,1	
Nitrato	10,0	
Cloreto	358,6	
Sulfato	56,4	
Sílica	15,0	
Turbidez	0,1	
SDI	< 3	--X--

Foi considerado um sistema com dois estágios para possibilitar uma recuperação de água de 70% em relação à alimentação. Para esta condição foi adotada a instalação de 7 módulos de membranas ECO PLATINUM 440i, de oito polegadas de diâmetro por vaso de pressão. O resumo do dimensionamento do sistema é apresentado no Quadro 7 e os resultados detalhados do dimensionamento estão em anexo.

Quadro 7 - Resultados da simulação do dimensionamento da unidade de osmose reversa

Parâmetro		Valor
Vazão de alimentação (m ³ /h)		1029
Vazão de permeado (m ³ /h)		720
Vazão de concentrado (m ³ /h)		309
Concentração de sais dissolvidos no permeado (mg/L)		17,15
Configuração do sistema		Dois estágios
Tipo de membrana		Eco Platinum 440i
Número de membranas por vaso de pressão		7
Número de vasos de pressão	1º Estágio	90
	2º Estágio	60
Número total de membranas		1050
Consumo específico de energia (kWh/m ³)		0,32

Os resultados de qualidade do permeado e do concentrado são apresentados no Quadro 8.

Quadro 8 - Resultados de qualidade do permeado e do concentrado da Unidade de Osmose Reversa

Constituinte	Concentrações (mg/L)	
	Permeado	Concentrado para descarte
Amônio (NH ₄ ⁺)	0,01	0,98
Sódio	5,42	982,30
Magnésio	0,07	32,21
Cálcio	0,17	79,71
Carbonato	0,00	0,73
Bicarbonato	4,68	537,50
Nitrato	0,42	32,35
Cloreto	6,01	1.282,00
Sulfato	0,28	187,20
Sílica	0,08	49,82
Sólidos Dissolvidos Totais	17,15	3.185,00
pH	5,10	6,90

3.2. Localização da EPAR – Polo Industrial

A instalação da EPAR – Polo Industrial deverá ser feita em área a ser disponibilizada pela CESAN, próxima ao Polo Industrial da ArcelorMittal, nas coordenadas apresentadas no Quadro 9, totalizando 10.000 m². Uma imagem da área previamente selecionada é mostrada na Figura 4.

Quadro 9 - Coordenadas da área proposta para a implantação da

Ponto	Latitude	Longitude
Vértice superior esquerdo (A)	20°13'31.75"S	40°15'50.67"W
Vértice superior direito (B)	20°13'30.99"S	40°15'47.88"W
Vértice inferior esquerdo (C)	20°13'35.38"S	40°15'49.62"W
Vértice inferior direito (D)	20°13'34.58"S	40°15'46.73"W

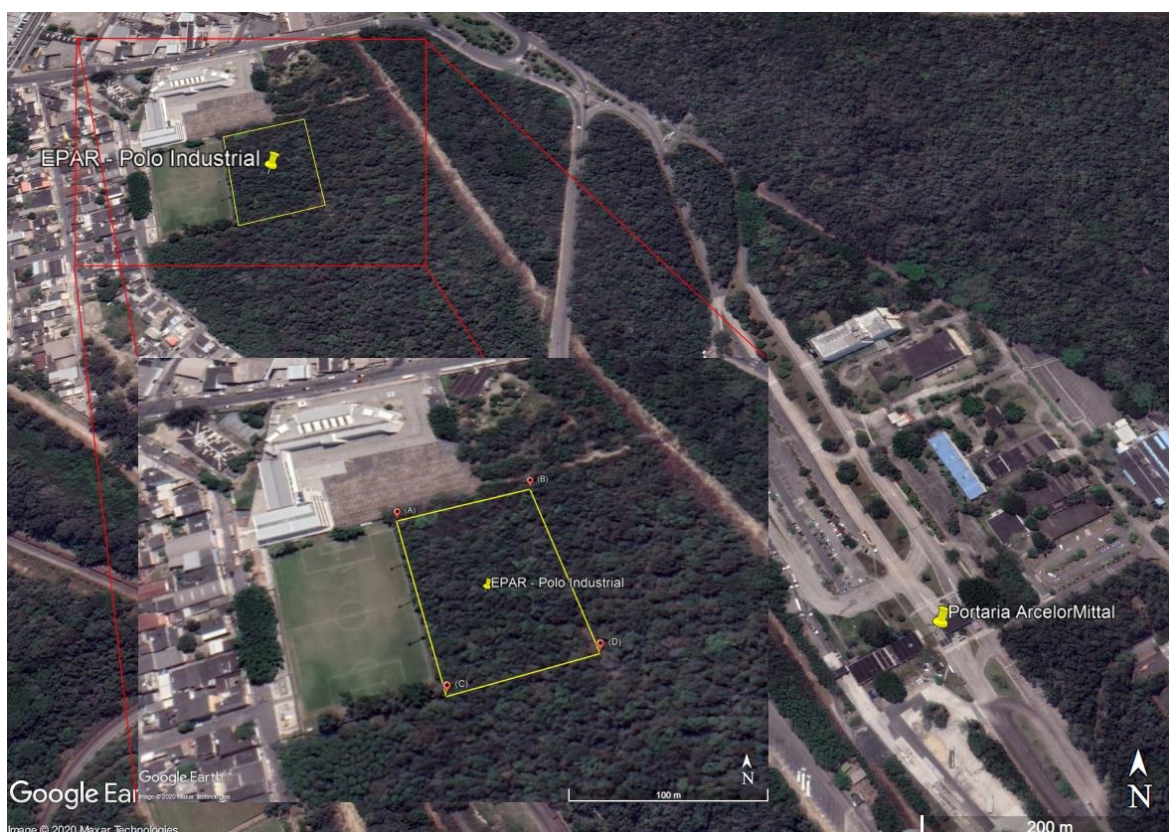


Figura 4 - Localização da área para a implantação da EPAR - Polo Industrial

3.3. Emissários e Adutora

3.3.1. Emissário de Esgoto Bruto – ETE Camburi – EPAR - Polo Industrial

Para transportar o esgoto bruto que hoje alimenta a ETE Camburi até a EPAR – Polo Industrial, a ser construída, faz-se necessária a implantação de uma linha de emissário em PEAD liso, com 6.500 m de extensão e diâmetro de 400 mm com traçado pela Av. Dante Michelini - Rua Gelu Vervloet dos Santos – Av. José Maria Vivácqua Santos – Rodovia Norte-Sul – Av. Carapebus – Rua Presidente Vargas. A Figura 5 apresenta a proposta do traçado do emissário de esgotos e a Figura 6 o seu perfil planialtimétrico.



Figura 5 - Proposta de traçado para o emissário de esgotos da ETE Camburi até a EPAR-Polo Industrial



Figura 6 - Perfil planialtimétrico do emissário de esgotos da ETE Camburi (menor cota) até a EPAR-Polo Industrial (maior cota)

3.3.2. Adutora (Água de Reúso) – ETE - Polo Industrial - Ponto de Entrega

Para entregar a água de reúso produzida na nova ETE – Polo Industrial, a ser construída, foi considerada a opção de entrega no tanque de água tratada do usuário. Esta condição implica na construção de uma adutora em PEAD para água, com uma extensão estimada de 2.100 m e diâmetro de 350 mm, ligando a nova ETE - Polo Industrial ao Ponto de Entrega definido pela CESAN nas coordenadas 20°13'59.79"S e 40°15'9.86"W, na área da atual estação de tratamento de água da ArcelorMittal. A Figura 7 apresenta a proposta do traçado da adutora de água de reúso e a Figura 8 o seu perfil planialtimétrico.

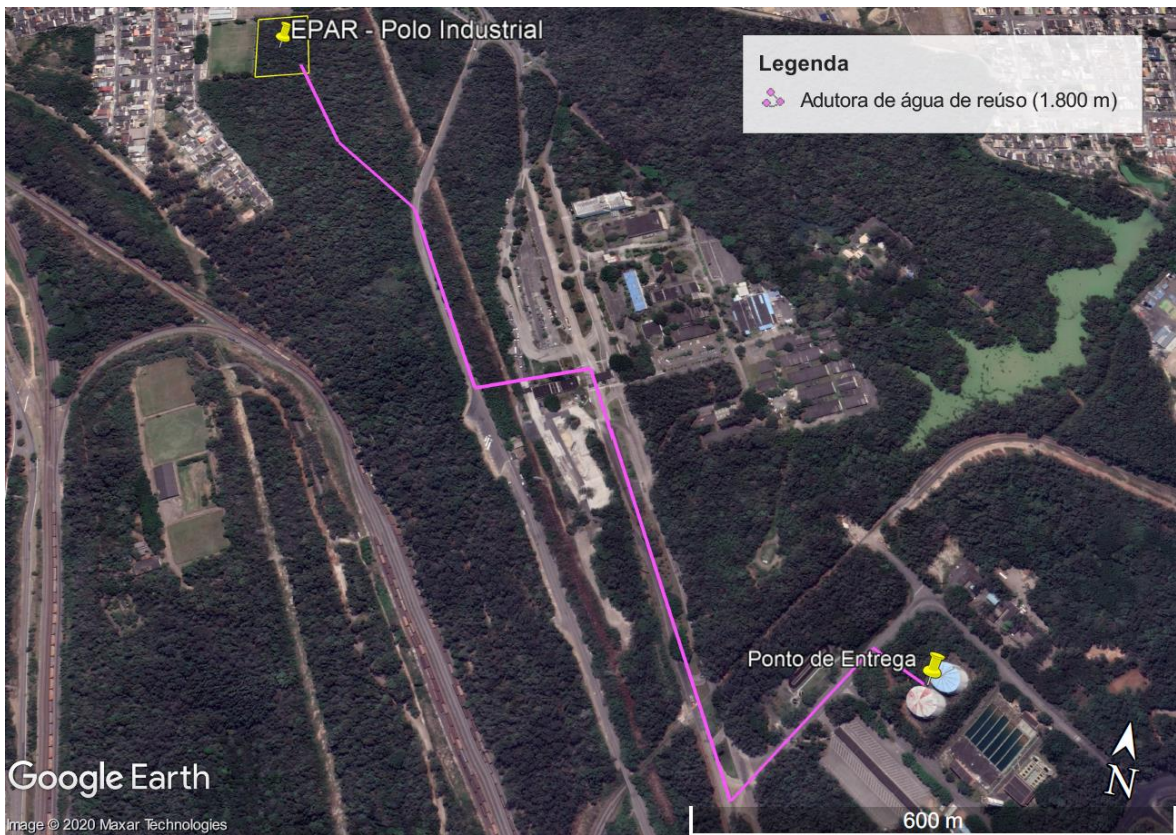


Figura 7 - Proposta de traçado para a adutora de água de reúso da EPAR-Polo Industrial até o Ponto de Entrega



Figura 8 - Perfil planialtimétrico da adutora de água de reúso da EPAR-Polo Industrial (maior cota) até o ponto de entrega (menor cota)

3.3.3. Emissário de Efluente Salino

O processo de Osmose Reversa – necessário para garantir a qualidade da água de reúso nos parâmetros fornecidos pela CESAN – gera um excedente salino avaliado em, aproximadamente, 82 L/s no pico de produção. Para descartar esse efluente, faz-se necessária a implantação de um emissário em PEAD liso, com 6500 m de extensão e diâmetro de 250 mm, ligando a ETE - Polo Industrial à Lagoa de Carapebus, nas coordenadas 20°13'6.33"S e 40°13'10.23"W. Desta lagoa o concentrado será lançado no mar. A Figura 9 apresenta a proposta do traçado do emissário de concentrado e a Figura 10 o seu perfil planialtimétrico.



Figura 9 - Proposta do traçado do emissário de concentrado as Unidade de OR da EPAR – Polo Industrial



Figura 10 - Perfil planialtimétrico do emissário de concentrado da unidade de osmose reversa da EPAR – Polo Industrial (maior cota) até a Lagoa de Carapebus (menor cota)

Alternativamente, o lançamento do concentrado da unidade de osmose reversa poderá ser feito juntamente com o esgoto tratado da Estação de Tratamento de Esgotos Manguinhos, nas coordenadas 20°12'31.35"S e 40°13'8.36"W, com uma extensão aproximada de 6.000 m. Outra opção é o lançamento do concentrado no Córrego Manguinhos, nas coordenadas 20°13'1.11"S e 40°15'9.52"W, com extensão aproximada de 2.260 metros.

3.4. Estação Elevatória de Esgoto Bruto

Como existe uma diferença de cota de, aproximadamente, 30 metros entre as lagoas da ETE Camburi e a EPAR – Parque Continental, haverá a necessidade de uma estação elevatória para possibilitar o recalque do esgoto. Esta estação elevatória deverá ser projetada com uma capacidade de bombeamento para a vazão de 287,4 L/s, sendo previstas a utilização de três bombas, duas em operação e uma reserva, instaladas um tanque pulmão com capacidade de 210 m³.

4. Outras Estruturas

As estruturas a serem **desativadas** serão:

4.1. ETE Camburi

O presente estudo prevê a **desativação** da ETE Camburi, atualmente em operação dentro da área aeroportuária do Aeroporto de Vitória.

5. Plano de Implantação

O projeto terá seu início a partir da assinatura do Contrato de cessão (JV, Concessão pura.

Este marco será o gatilho a disparar as ações em 2 frentes simultâneas e distintas, a saber:

- Licenciamento do Projeto, junto aos órgãos municipais e estaduais envolvidos – Ambiental, Licença de Instalação, Outras Licenças; e
- Engenharia (Projetos básico e executivo).

De posse do Projeto Básico de Engenharia será possível obter um orçamento mais preciso de equipamentos e serviços necessários à completa implantação do Projeto, seguida do Planejamento Inicial das Aquisições (*Procurement*), visando garantir os prazos para a entrega dos Equipamentos e materiais especiais, principalmente aqueles não disponíveis no mercado nacional.

O Projeto Executivo tem a finalidade de disponibilizar todas as informações para permitir a contratação das obras e serviços necessários para a implantação completa e exata da EPAR – Polo Industrial, viabilizando o seu comissionamento e operação, incluindo todas as estruturas complementares.

5.1. Estação de Produção de Água de Reúso - Polo Industrial

A execução da EPAR tem início com a limpeza e remoção da vegetação existente na área, tomando-se as providências prévias de licenciamento para a eventual supressão, bem como para o manejo e transporte do material lenhoso, obedecendo às Leis Federais e Estaduais correspondentes.

As obras deverão sempre ser executadas por empresas idôneas e previamente selecionadas dentre aquelas comprovadamente experientes em suas respectivas áreas de atuação, dividindo-se principalmente em:

- Limpeza da Área, Terraplenagem e Drenagem Superficial;
- Estruturas em Concreto Armado;
- Edificações;
- Instalações elétricas;
- Montagem especializada das instalações de Membrana – MBR e Osmose Reversa – OR;
- Montagens diversas (equipamentos definitivos, subestação elétrica);
- Arruamento e Pavimentação;
- Acabamentos, paisagismo e iluminação externa.

5.2. Estação Elevatória de Esgoto Bruto

A estação elevatória de esgoto bruto deverá ser implantada a partir do ano 2 do projeto, inicialmente com a construção apenas do tanque pulmão para as bombas, com duração estimada de 1 mês para viabilizar a construção do emissário de esgoto bruto. Os componentes mecânicos e elétricos deverão ser instalados apenas no ano 3, com duração prevista de 2 meses.

5.3. Emissário de Esgoto Bruto – Camburi - Polo Industrial

A tubulação foi prevista a ser implantada no ano 2 do projeto, com duração estimada entre 4 e 12 meses. O ritmo médio de avanço (*takt*) previsto é bastante folgado, sendo os possíveis riscos de atrasos de implantação desta estrutura mitigados pela possibilidade de abertura de mais de uma frente simultânea de ataque e a tubulação situar-se em área sem necessidade de remanejamentos de interferências ou desvios de tráfego.

5.4. Adutora de Água de Reúso – EPAR - Polo Industrial-Ponto de Entrega

A tubulação em foi prevista para ser implantada entre os anos 2 e 3 do projeto, com duração estimada entre 2 e 4 meses. Foi adotado o ritmo médio de avanço (*takt*) de 500 m a 1 km/mês, perfeitamente factível de ser atingido. Também neste caso há a possibilidade de abertura de frentes simultâneas de ataque, o que elimina eventuais riscos de atraso ao projeto.

5.5. Emissário de Efluente Salino

De modo similar às demais frentes de condutos (emissários e adutora), este emissário em, previsto para ser implantado no ano 3 do projeto, não apresenta risco de atrasos ao projeto. Seu prazo entre 6 e 12 meses. Foi adotado o ritmo médio de avanço (*takt*) de 500 m a 1 km/mês, perfeitamente factível de ser atingido, permitindo que esta frente possa ser considerada “folgada” para o projeto, em termos de caminho crítico. O efluente tem características de salinidade inferior à das águas residentes na Lagoa de Carapebus, o que torna seu descarte inócuo sob o ponto de vista ambiental.

5.6. ETE Camburi – Desativação e Remediação

A ETE Camburi existente dentro da área do Aeroporto de Vitória somente será desativada quando a EPAR - Polo Industrial estiver em operação. O prazo estimado para os trabalhos é de aproximadamente 6 meses, podendo ser ampliado sem qualquer impacto aos marcos do projeto, não podendo ser superior a 12 meses devido a condições contratuais entre a Cesan e a Infraero.

Foram previstos os seguintes serviços:

- Desmontagem dos Equipamentos e Demolição das Estruturas;
- Esgotamento das Lagoas;
- Remoção do lodo e da impermeabilização do fundo;

- Aterro das lagoas com material proveniente de áreas de empréstimo, a serem identificadas.

Deverá ser previsto pelo licitante, os custos para a remoção dos sólidos presentes nas lagoas de aeração e lagoas de decantação, bem como o aterramento das mesmas e a remediação de possíveis passivos ambientais presentes na área da referida ETE Camburi. O projeto executivo deverá prever todas as condicionantes necessárias e possíveis, para a desativação da ETE atual, incluindo batimetria das lagoas existentes, bem com uma análise do passivo ambiental na área da ETE. Foi feita uma estimativa dos custos para esta atividades, a qual está apresentada na planilha de custos do projeto.

5.6.1. Premissas para Desativação da ETE Camburi

Deverá prever o adiantamento das atividades de desmobilização, não havendo necessidade de conclusão das obras da EPAR – Polo Industrial, como a batimetria das lagoas, dentre outros.

Deverá ser elaborado um plano de desativação detalhado, com o descritivo de cada atividade constante no cronograma. O Plano de Desativação da ETE Camburi deverá seguir as diretrizes dos órgãos ambientais, o qual deverá ser submetido para aprovação.

Deverá ser consideradas formas de mitigação alternativa, em caso de reclamação de odor da população, de modo a evitar transtornos para a imagem da CESAN.

Deverá ser considerado, para a atividade de remoção de lodos, a alternativa que cause menos transtornos a população do entorno, como impacto nas vias públicas e que ocorra em menor tempo, pois quanto maior o tempo de execução da atividade, maior a exposição de lodos e a possibilidade de geração de odores.



Deverá ser considerado nas atividades de desmobilização da ETE o uso futuro da área, e optar pela alternativa com melhor custo-benefício, a ser discutida e aprovada pela CESAN.

Deverão ser respondidas pela empresa contratada todas as solicitações dos órgãos fiscalizadores, relativas às atividades de desativação da ETE.

Deverá ser considerada na etapa de desmontagem dos equipamentos, que os mesmos serão reaproveitados em outras unidades operacionais, os quais deverão ser devolvidos a CESAN.

Deverá ser considerada na etapa de esgotamento das lagoas, a alternativa que gere menos impacto ambiental no corpo receptor, como não esvaziar a primeira lagoa diretamente para o corpo receptor, assim como não utilizar descarga de fundo das lagoas.

Deverá ser considerada a disposição adequada de todos os resíduos, inclusive os gerados na demolição das estruturas civis, em local licenciado com apresentação dos comprovantes de destinação final, para apresentação à CESAN e órgãos ambientais.

Por ser uma estação do tipo lagoas, com uma extensa área, a probabilidade de emanção de odores, principalmente em períodos de manutenção é bastante significativa e com o crescimento do bairro Jardim Camburi e a construção de residências mais próximas à estação, aumentaram as reclamações de odor por parte dos moradores, além de transeuntes que frequentam o calçadão da praia.

Vale destacar que a ETE Camburi iniciou a operação em 1990 e está situada em uma área adjacente ao bairro Jardim Camburi, em Vitória, o mais populoso do Estado do Espírito Santo. Conforme dados de ligações de água da CESAN, o bairro Jardim Camburi possui atualmente uma população atendida de 60.709 habitantes.

6. Estimativa dos Investimentos

6.1. Premissas dos Estudos de Custos

Normalmente, quando se dispõem de poucos elementos de projeto, as estimativas de custos são aproximadas e foram elaboradas a partir das informações disponíveis no projeto de concepção da EPAR – Polo Industrial e consulta à banco de dados específicos e à fornecedores.

Os valores apresentados no quadro 10 refletem o resultado das estimativas elaboradas de custos elaborada e a experiência em projetos similares implantados no Brasil. Dada a metodologia dos estudos, é esperado que existam variações para menor ou maior nos valores dos investimentos, o que não invalida as informações apresentadas. A ordem de grandeza dos valores constantes das simulações encontra-se na faixa observada em projetos de magnitude semelhante e permite que se tracem cenários com o grau de confiança correspondente ao estágio do projeto.

Os valores dos serviços e da mão de obra foram coletados nas tabelas do SINAPI-ES, quando disponíveis e complementados por valores referenciais de projetos de infraestrutura implantados nos últimos anos. Os equipamentos e sistemas foram cotados junto a fornecedores nacionais, ou os seus valores foram obtidos a partir de informações disponíveis.

Os quantitativos dos principais serviços foram estimados com base nas dimensões inicialmente adotadas para as estruturas que serão implantadas. As instalações elétricas, a instrumentação, os serviços menores e complementares foram adotados a partir de índices e tabelas de fabricantes e literatura especializada.

6.2. Quadro resumo dos investimentos

O Quadro 10, apresenta o resumo dos investimentos para a implantação da EPAR – Polo Industrial, com os valores apresentados em Reais (R\$), referentes a janeiro de 2020. Para a obtenção dos valores em R\$, sempre que necessário foi utilizado o valor médio do Dólar do mês de janeiro de 2020, disponibilizado pelo Banco Central do Brasil, US\$ 1,00 = R\$ 4,00.

Para cada uma das categorias de custos, foram feitas as considerações apresentadas a seguir.

- **Obras**

Os Investimentos para implantação da nova EPAR Polo Industrial foram estimados a partir das dimensões preliminares dos tanques, aplicando preços de tabela para os principais serviços.

- **Equipamentos**

Os principais equipamentos foram cotados junto a fornecedores especializados, com as cotações apresentadas em anexos.

A **DOW** foi a empresa selecionada para o desenvolvimento da tecnologia e o fornecimento dos equipamentos e membranas para a Fase de Osmose Reversa. Tal escolha privilegiou, além do estado da arte do sistema **DOW** como seus custos operacionais, mais baixos quando comparados a qualquer outro fornecedor, especialmente no que se refere a consumo de energia elétrica. A confiabilidade, a engenharia internacionalmente reconhecidas, o comissionamento, bem como a assistência e suporte técnico em todas as fases fazem com que a **DOW** seja a melhor escolha para o atendimento às grandes exigências impostas pela CESAN. Os detalhes do dimensionamento e demais dados técnicos referentes ao sistema, bem como fluxograma típico para o sistema Osmose Reversa usualmente implantado pela **DOW** em projetos similares, encontram-se em anexo.

Quadro 10 - Resumo dos investimentos para a implantação da EPAR - Polo Industrial

QUADRO RESUMO (revisão mai/2020 - valores em R\$ ref jan/2020)

Descrição	Valores (R\$)	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4
NOVA ETE	76.755.711,0	8.029.008,0	32.446.000,0	36.280.620,0	0,0
Estação elevatória de esgoto bruto	1.658.731,0	0,0	331.746,2	1.326.984,8	0,0
Tratamento preliminar	4.336.200,0	0,0	2.168.100,0	2.168.100,0	0,0
Obras Cívicas	281.100,0	0,0	140.550,0	140.550,0	0,0
Grades	83.400,0		41.700,0	41.700,0	
Caixa de Areia	197.700,0		98.850,0	98.850,0	
Equipamentos	4.055.100,0	0,0	2.027.550,0	2.027.550,0	0,0
Grade Mecanizada	1.507.800,0		753.900,0	753.900,0	
Peneira	2.547.300,0		1.273.650,0	1.273.650,0	
MBR	24.265.887,0	2.210.840,0	7.711.263,5	14.343.783,5	0,0
Obras Cívicas	2.157.487,0	0,0	1.078.743,5	1.078.743,5	0,0
Reator biológico / Tanque de Membranas	1.737.487,0		868.743,5	868.743,5	
Regulador de Vazão	420.000,0		210.000,0	210.000,0	
Equipamentos	22.108.400,0	2.210.840,0	6.632.520,0	13.265.040,0	0,0
Difusores / Sopradores / Bombas dos Digestores	4.028.400,0	402.840,0	1.208.520,0	2.417.040,0	
Membranas (Du Pont)	18.080.000,0	1.808.000,0	5.424.000,0	10.848.000,0	
Osmose Reversa (OR)	21.726.700,0	2.136.000,0	8.800.690,0	10.790.010,0	0,0
Obras Cívicas	366.700,0	0,0	256.690,0	110.010,0	0,0
Equipamentos	21.360.000,0	2.136.000,0	8.544.000,0	10.680.000,0	0,0
Benfeitorias	13.828.200,0	792.240,0	9.288.210,0	3.747.750,0	0,0
Serviços Preliminares, Terraplenagem e Drenagem	3.961.200,0	792.240,0	3.168.960,0		
Edifícios	3.540.000,0		2.124.000,0	1.416.000,0	
Subestação Elétrica	5.000.000,0		3.000.000,0	2.000.000,0	
Arruamento, Iluminação e Paisagismo	1.327.000,0		995.250,0	331.750,0	
Verbas (Engª, Adm Local)	10.940.000,0	2.890.000,0	4.146.000,0	3.904.000,0	0,0
Omissos	8%	5.580.000,0		2.790.000,0	
Instrumentação		1.210.000,0		726.000,0	484.000,0
Projeto de engenharia	4%	2.890.000,0	2.890.000,0		
Custo Indireto das Obras Cívicas (Adm Local)	8%	1.260.000,0		630.000,0	630.000,0
EMISSÁRIOS / ADUTORAS	19.899.200,0	710.000,0	13.013.140,0	6.176.060,0	0,0
Camburi - Nova ETE (6,5 km)	9.062.800,0		9.062.800,0		
Nova ETE - Ponto de Entrega (2,1 km)	3.797.900,0		2.278.740,0	1.519.160,0	
Emissário Nova ETE (6,5 km)	3.542.500,0			3.542.500,0	
Omissos	8%	1.426.000,0		855.600,0	570.400,0
Engenharia	4%	710.000,0	710.000,0		
Custo Indireto das Obras Cívicas (Adm Local)	8%	1.360.000,0		816.000,0	544.000,0
DESATIVÇÃO ETE CAMBURI	23.280.000,0	0,0	0,0	830.000,0	22.450.000,0
Desmontagem dos Equipamentos / Demolição das Estruturas	1.290.000,0				1.290.000,0
Esgotamento das Lagoas	1.620.000,0				1.620.000,0
Remoção da Impermeabilização e Lodo	1.510.000,0				1.510.000,0
Aterro das Lagoas	16.430.000,0				16.430.000,0
Projeto de engenharia	4%	830.000,0			830.000,0
Custo Indireto das Obras Cívicas (Adm Local)	8%	1.600.000,0			1.600.000,0
TOTAL	R\$119.934.918,0	R\$8.739.080,0	R\$45.459.149,7	R\$43.286.688,3	R\$22.450.000,0
VERBAS	14.970.000,0	1.782.000,0	7.380.000,0	4.890.000,0	918.000,0
Comissionamento	1.290.000,0			1.290.000,0	
Meio Ambiente	1.080.000,0	432.000,0			648.000,0
Remanejamento de Interferências	3.600.000,0	720.000,0	2.880.000,0		
Omissos, Incertezas, investigação e caracterização da área das lagoas de Camburi, custo de remediação e Contingências	7,5%	9.000.000,0	630.000,0	4.500.000,0	3.600.000,0
TOTAL	R\$134.904.918,0	R\$10.521.080,0	R\$52.839.149,7	R\$48.176.688,3	R\$23.368.000,0

- **Tubulações**

Os Investimentos para implantação da Tubulação em PEAD (Emissários e Adutora de Água de Reúso), a serem implantados através da escavação de valas a céu aberto, foram avaliados a partir das dimensões estimadas das valas, aplicando-se preços de tabela para os principais serviços.

- **Desapropriações e Remanejamento de Interferências**

- a) Área para a implantação da EPAR – Polo Industrial

A implantação da EPAR – Polo Industrial foi prevista em área de propriedade da CESAN (em regularização), dispensando a previsão de verbas de desapropriação.

Também não há previsão de remanejamento de interferências na área da futura implantação da EPAR - Polo Industrial.

- b) Implantação dos emissários e adutora

Emissário Camburi até a EPAR – Polo Industrial: O traçado foi previsto privilegiando a utilização de eixos viários, minimizando os impactos ambientais e possíveis desapropriações. Para o remanejamento de interferências foi prevista uma verba de R\$ 2,2 milhões.

Adutora de água de reúso da EPAR – Polo Industrial até o ponto de entrega: o traçado da adutora de água de reúso será feito por um trecho de mata e depois seguirá pelo eixo viário que dá acesso à ArcelorMittal, com uma outra parte do mesmo sendo executada em área interna da empresa, não sendo prevista a necessidade de desapropriações ou remoção de interferências.

Emissário de concentrado da unidade de osmose reversa: o traçado deste emissário também tem um trecho de mata e depois seguirá pelo eixo viário que dá acesso à ArcelorMittal, com uma outra parte sendo executada em área interna



da empresa, não sendo prevista a necessidade de desapropriações ou remoção de interferências.

- **Diversos**

Para fazer frente aos itens menores, miscelâneas e omissos, foi considerado um percentual de 10% sob a rubrica “Omissos”.

- **Despesas Ambientais (Aprovações, Licenciamento e Compensações)**

a) Licenciamento das Obras e Compensações Ambientais

Para as despesas relativas ao licenciamento das obras e questões ambientais previstas no presente estudo foi estimado o valor total de R\$ 1 milhão, incluindo despesas com coleta de dados / amostras, taxas de Prefeitura e INEA amostragem e caracterização do lodo, e demandas legais.

Para a recomposição da área atualmente ocupada pelas lagoas que integram a ETE Camburi, calculamos o plantio de 15.670 mudas de árvores nativas, e a manutenção delas por 2 anos. A compensação poderá ser executada conforme licença ambiental, até mesmo em área fora da Região Metropolitana da Grande Vitória, no estado do Espírito Santo.