



Figura 4.4: Proposição de Disposição no Rio Tavares – Demais Afluentes

– Rio Tapera:

Há também o Rio da Tapera que possui importância secundária uma vez que já se distâcia demasiadamente do ponto da ETE. Seria necessário um emissário de aproximadamente 10 km até o ponto próximo a foz do Rio Tapera, local onde o rio apresenta maior vazão para receber os efluentes da ETE.



Figura 4.5: Proposições de Disposição no Rio Tapera

– Lagoa Pequena:

A Lagoa do Pequena está localizada a Leste da ETE Rio Tavares. Foi identificado um possível ponto de lançamento na região central da lagoa, tendo como referência o acesso pela SC 406, como pode ser observado na Figura 4.6.



Figura 4.6: Proposições de Disposição na Lagoa Pequena

– Lagoa da Conceição:

A lagoa mais significativa de Florianópolis é a Lagoa da Conceição, nela deságuam vários pequenos cursos d'água e canais de drenagem. A Lagoa da Conceição possui ligação com o mar através da barra localizada na Praia da Barra da Lagoa, que se dá por processos dinâmicos naturais, em vista disso pode apresentar características de águas salobras. Possui importância destacada para comunidade local que a utiliza para pesca artesanal e esportiva além dos aspectos turísticos.

Foi identificado um ponto de lançamento, por proximidade da ETE Rio Tavares através do acesso da SC 406, conforme pode ser observado na Figura 4.7.

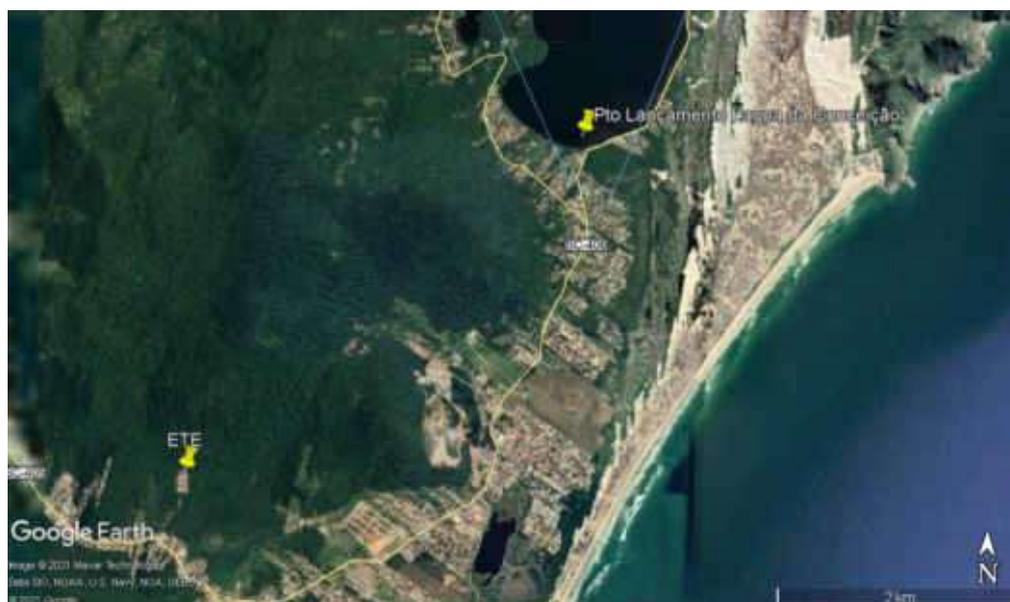


Figura 4.7: Proposições de Disposição na Lagoa da Conceição

– Lagoa do Peri:

A Lagoa do Peri está localizada mais ao Sul de Florianópolis, possui grande importância ambiental e também é utilizada para abastecimento público. A proposição estudada para lançamento do efluente tratado na lagoa foi levando em consideração considerando os acessos existentes e a proximidade da ETE (Figura 4.8).

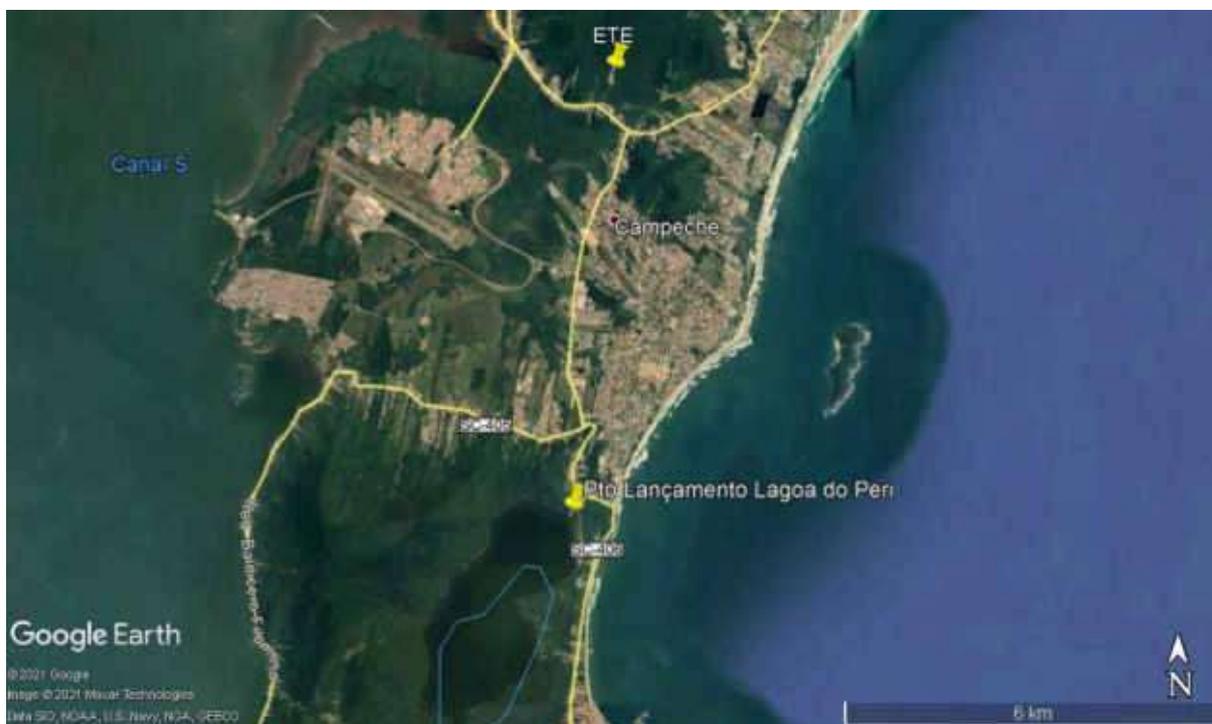


Figura 4.8: Proposição de Disposição na Lagoa do Peri

#### 4.1.3 Disposição no Solo

No caso da disposição do efluente tratado do SES Rio Tavares no solo (bacias de infiltração, poço de injeção na zona vadosa e poço de injeção direta no aquífero), foi primordial a seleção de áreas possíveis para esse uso. Nos relatórios RT2 e RT3 do estudo as alternativas de disposição no solo foram abordadas, nestes relatórios primeiramente foram selecionadas 16 áreas que apresentaram um ou mais critérios favoráveis para esse fim, destas, 12 áreas foram eleitas pela equipe multidisciplinar como tendo potencial significativo de serem utilizadas e então foram visitadas *in loco*. Após o reconhecimento *in loco* das áreas, foram enfim selecionadas regiões para o desenvolvimento dos levantamentos de campo e estudadas como alternativas.

Ressalta-se que muitos foram os impedimentos relacionados ao acesso das áreas para que fossem desenvolvidos os levantamentos de campo, já que a maior parte delas são de propriedades particulares. Ao final, foram desenvolvidos levantamentos de campo em 3 (três) áreas, sendo elas:

A primeira proposição de área selecionada para disposição de efluente tratado no solo está localizada ao lado da ETE Rio Tavares, possui aproximadamente 11 ha e já é de propriedade da CASAN.

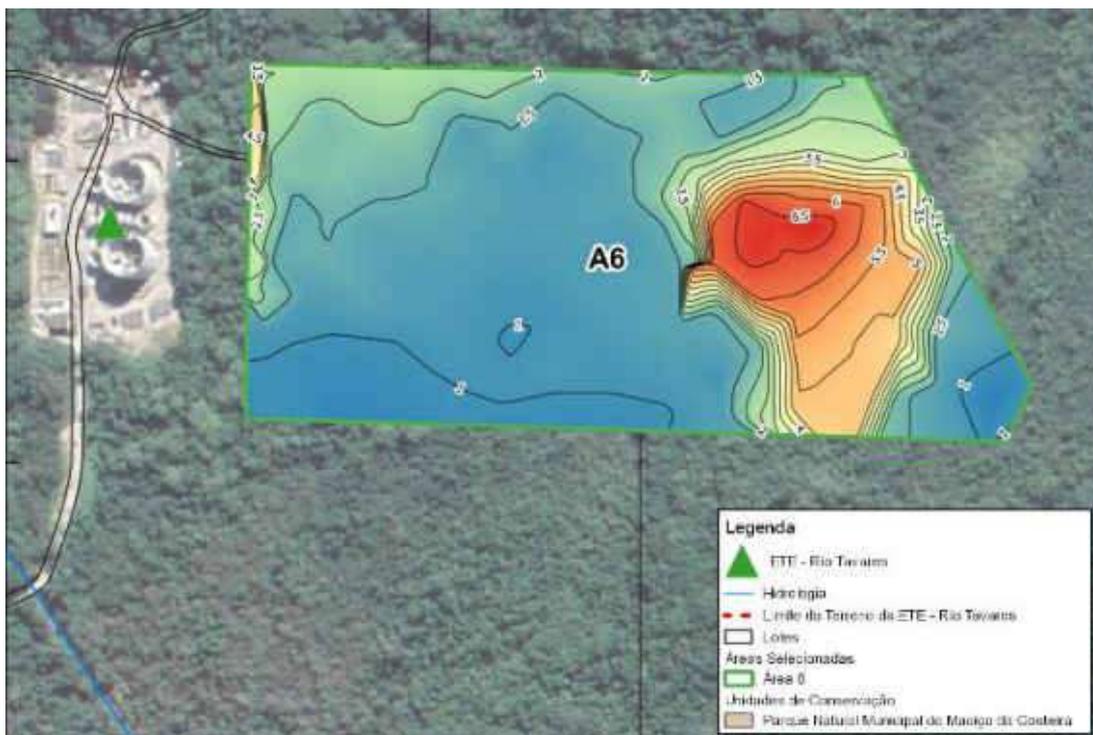


Figura 4.9: Proposição de Disposição no Solo – Proposição 1 (Área 6)

A segunda proposição de área também está localizada ao lado da ETE, às margens de um dos afluentes do Rio Tavares. Possui aproximadamente 9 ha, também de propriedade da CASAN.



Figura 4.10: Proposição de Disposição no Solo – Proposição 2 (Área 8)

A terceira área proposta para a disposição de efluente no solo está localizada às margens da SC-406 (próximo a Pedrita) e possui aproximadamente 30 ha. Atualmente está sendo utilizada pela Escola Dinâmica Leste, tem acesso pela rua Particular.

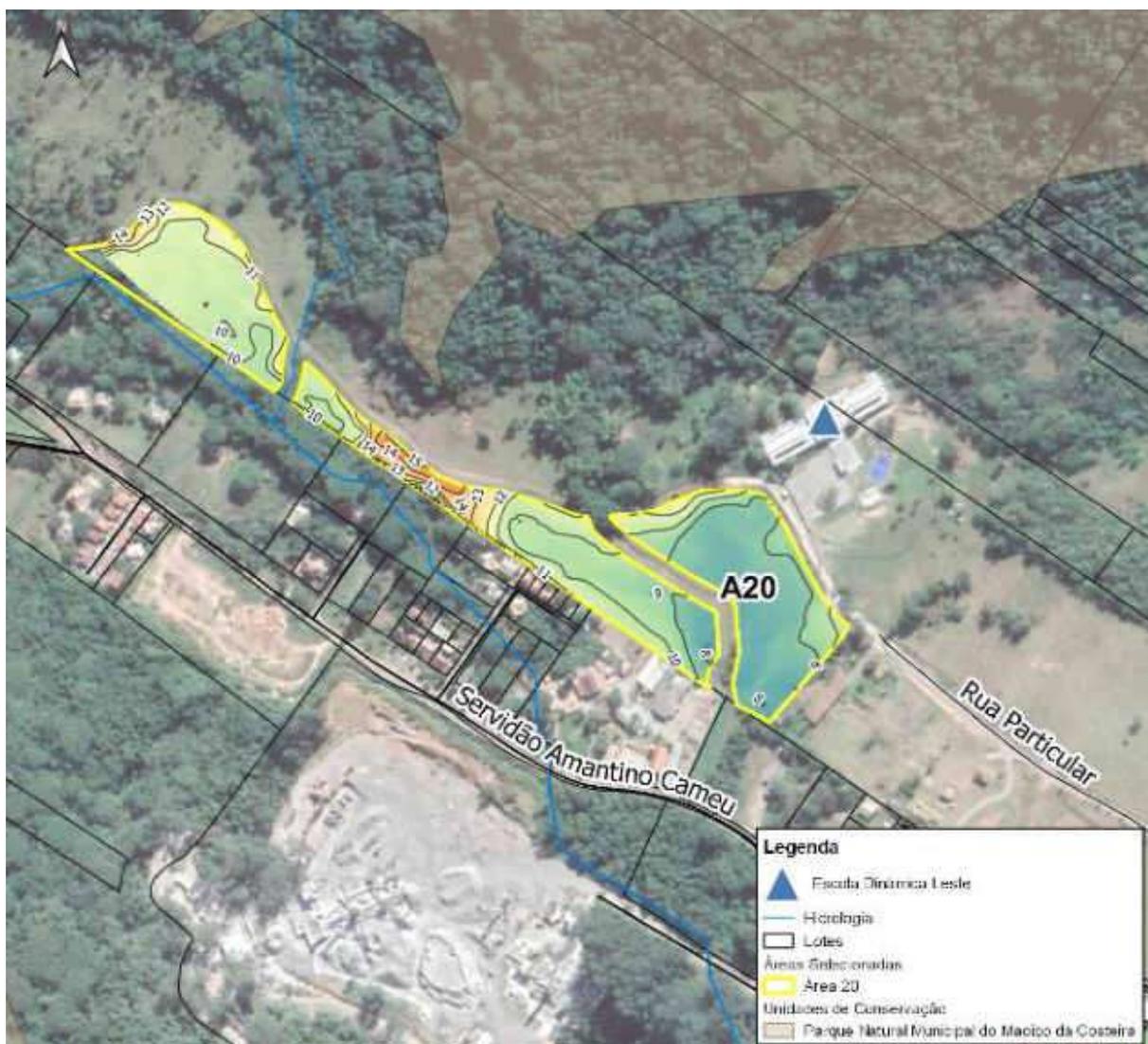


Figura 4.11: Proposição de Disposição no Solo – Proposição 3

#### 4.1.4 Reúso

Da mesma forma que para a disposição no solo, as alternativas relacionadas ao reúso foram abordadas por um relatório específico (RT19 - Possibilidades e Potencialidades de Reúso do Efluente Tratado). Foram consideradas algumas alternativas que apresentaram potencial de serem implantadas no município de Florianópolis, sendo elas:

- Reúso para Irrigação Paisagística e Lavagem de Veículos;
- Reúso para Lavagem e Manutenção de Rede de Drenagem Urbana Pluvial;
- Reúso para Lavagem e Manutenção de Rede Coletora;
- Reúso para Fins de Manutenção de Vazões;
- Reúso na Recarga de Aquífero;
- Reúso Potável Direto;
- Reúso Potável Indireto.

Após uma análise integrada de aplicabilidade de cada uma das possíveis alternativas, as que apresentaram maior potencial foram abordadas de forma mais detalhada, sendo elas:

✓ Reúso Indireto – Recarga de Aquífero

Essa alternativa refere-se à implantação de poços em uma área próximo à Lagoa Pequena (Figura 4.12). O efluente tratado seria lançado em poços escavados, com fundo permeável e paredes com orifícios que permitam a transferência do efluente para o solo, fazendo com que o efluente tratado recarregue o aquífero hoje utilizado para o abastecimento público.



Figura 4.12: Proposição de Reúso Indireto – Recarga de Aquífero

✓ Reúso Potável Direto

A alternativa de utilizar o efluente tratado para o abastecimento humano também foi considerada, através da implantação de uma Estação de Tratamento de Água ao lado da ETE Rio Tavares, conforme esquema apresentado na figura Figura 4.13

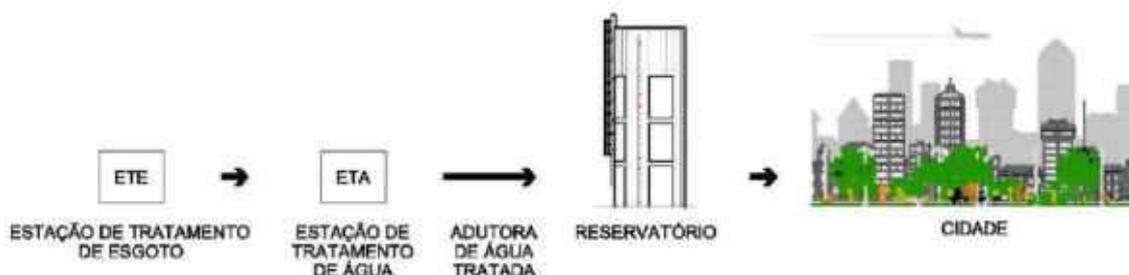


Figura 4.13: Proposição de Reúso Direto – Abastecimento Humano

✓ Reúso para Fins de Manutenção de Vazão

Nesta opção, o efluente tratado seria lançado entre os canais denominados de C12 e C13 (Figura 4.14) com o objetivo de sempre manter uma lâmina d'água na área alagada existente já que esse local sofre com as grandes variações de nível em decorrência da influência de maré. Essa questão está relacionada a impactos negativos que acabam ocorrendo nos canais/área alagada, tais como o acúmulo de resíduos, sedimentos, crescimento de vegetação indesejada, etc., os sedimentos e a matéria orgânica ficam retidos nos trechos de pequena declividade e tendem a se acumular, reduzindo a área de fluxo e aumentando as proporções das inundações. Além disso, a manutenção de vazão pode colaborar com a manutenção de habitat naturais/bioma silvestre.



Figura 4.14: Proposição de Reúso para Fins de Manutenção de Vazões

## 4.2 Seleção das Principais Alternativas a Serem Estudadas

Após a breve descrição das alternativas inicialmente identificadas, este capítulo seleciona, utilizando-se critérios básicos, as alternativas de maior relevância a serem estudadas de forma mais detalhada no item subsequente. Ressalta-se que maiores informações referentes às alternativas avaliadas podem ser visualizadas nos relatórios anteriores respectivos a cada uma das proposições abordadas.

Como critérios básicos para a triagem inicial das alternativas foram considerados: localização (distância da ETE, áreas urbanizadas, etc.), condições topográficas/altimétricas, disponibilidade hídrica, capacidade de drenagem das áreas, cobertura vegetal, dentre outros. O Quadro 4.1 apresenta algumas considerações importantes referentes à seleção das principais alternativas estudadas.

Quadro 4.1: Considerações Sobre a Seleção das Principais Alternativas a Serem Estudadas

<b><i>Critérios Básicos de Avaliação</i></b>
<b>Canais de Drenagem</b>
<p>Todos os canais de drenagem da Via Expressa Sul foram avaliados, os canais foram implantados juntamente com a construção da via e possuem características parecidas, desenvolvendo o papel de drenagem daquela região. Próximo aos canais, na própria Baía Sul, a Resex Marinha do Pirajubá (Unidade de Conservação - Reserva Extrativista) está inserida, área que consiste em assegurar a exploração sustentável dos recursos naturais, em especial, o berbigão. Os 3 (três) primeiros canais drenam suas águas fora dos limites da Reserva, o que fez com que a alternativa de lançamento no canal denominado de C10 fosse considerada. Já o canal denominado de C11 foi escolhido para ser estudado de forma mais detalhada pela sua posição central dentre os canais existentes e o canal C13 por estar localizado em uma área alagada mais próximo a ETE e aparentemente possuir maior capacidade para receber a vazão da ETE. Ressalta-se que a topografia do local dos canais é basicamente a mesma em todos os casos, o que altera é a distância da ETE e a proximidade da Resex, de toda forma foram selecionadas 3 (três) opções para lançamento do efluente tratado nos canais de drenagem existente.</p>
<b>Corpo Hídrico Superficial</b>
<p>A disposição de efluente tratado em corpos hídricos superficiais é amplamente utilizada. No caso de Florianópolis/Região do Rio Tavares essa alternativa foi considerada, todavia, devido as fragilidades ambientais existentes (pequenos cursos d'água, áreas alagadas, ocupações indevidas, etc.) acabam tornando-se restritas. Foram identificados quatro pontos de lançamento nos afluentes do Rio Tavares, um dos pontos é mais próximo a ETE e é a alternativa inicialmente proposta pela CASAN. Os outros 3 (três) pontos foram espaçados ao longo dos afluentes, porém, não há benefícios ambientais perceptíveis se comparado ao primeiro ponto mais próximo a ETE, possuem as mesmas características do ponto inicialmente proposto e apresentam uma maior distância da ETE, o que acarreta em maiores custos para implantação da alternativa. Além disso, ressaltasse que todos os pontos sugeridos acabam por drenar suas águas para o Rio Tavares – Baía Sul, não eliminando os impactos a esses meios. Um ponto no Rio da Tapera também foi estudado, porém, por estar localizado a uma distância considerável da ETE (aprox.. 10 km), pelo acesso se dar através de uma via movimentada (SC-405) e pelas variações topográficas não serem favoráveis para implantação do emissário, acabou sendo inviabilizado.</p> <p>Além dos rios foram consideradas as alternativas de lançamento na Lagoa Pequena, Lagoa da Conceição e Lagoa do Peri. Da mesma forma que para o lançamento no Rio da Tapera, a distância é bastante significativa e a altimetria do local dificulta a implantação dos emissários, além disso a Lagoa do Peri é utilizada para abastecimento público e próximo a Lagoa da Conceição e da Lagoa Pequena há poços de abastecimento da CASAN, podendo gerar influência nas águas subterrâneas hoje utilizadas para o abastecimento público. Essas questões fazem as alternativas serem inviabilizadas se comparada as demais.</p> <p>Diante do exposto, a alternativa que possui maior potencial para ser estudada quanto a disposição em corpo hídrico superficial é o ponto de lançamento no afluente do Rio Tavares próximo a ETE.</p>

### *Critérios Básicos de Avaliação*

#### **Disposição no Solo**

Conforme já descrito, inicialmente foram selecionadas através do SIG 16 possíveis áreas para disposição do efluente tratado, destas somente 12 áreas demonstraram aspectos técnicos mais robustos para o devido fim e foram avaliadas *in loco*. Através da visita *in loco* puderam ser selecionadas 3 (três) melhores áreas onde foram desenvolvidos os levantamentos de campo (área 6, 8 e 20), após os levantamentos e a avaliação de alguns critérios técnicos a área próxima a ETE (denominada de área 6) foi a área selecionada para os estudos de alternativas para disposição do efluente tratado no solo. Ressalta-se que a área próxima a Escola Dinâmica (denominada de área 20), está localizada em área de difícil acesso quando observado o traçado proposto para o emissário, sendo necessário bombeamento para suprir elevada altura geométrica, o que poderia gerar maiores custos na operação. Outro aspecto negativo da área é o nível do lençol freático bastante elevado, característica relacionada a uma zona vadosa pouco espessa, o que diminui a capacidade de infiltração do efluente. A área a esquerda da ETE (denominada de área 8) possui como característica positiva a proximidade com a ETE, porém, da mesma forma que a área 20 apresenta o nível do lençol freático bastante elevado, quando em períodos mais chuvosos grande parte da área fica alagada. A área 6 está localizada ao lado da ETE, característica positiva quanto ao percurso do emissário, comparada as outras duas áreas possui uma zona vadosa mais homogênea e um pouco mais espessa, por outro lado, ainda assim não possui características de solos bem drenados em alguns locais da área.

É importante destacar que por se tratar de uma ilha/região costeira, Florianópolis não apresenta características próprias para infiltração de efluentes no solo, já que possui áreas mal drenadas, elevados índices de urbanização em áreas bem drenadas, áreas particulares já destinadas a futuros empreendimentos que não autorizam acesso para estudos, topografia bastante acidentada para longos percursos de emissário, etc. Desta forma, a única alternativa a ser considerada no estudo em tela será a disposição de efluentes tratados na área 6 (já de propriedade da CASAN), mesmo essa área não atendendo a todos os critérios necessários para a infiltração do efluente no solo acabou sendo a mais viável se comparada as demais.

#### **Reúso**

Outra alternativa considerada foi a utilização do efluente tratado para o reúso, apresentado com mais detalhes no relatório RT19. As três alternativas mais prováveis de serem implantadas no município é o reúso indireto através da recarga de aquífero, o reúso potável direto e o reúso para fins de manutenção de vazão. Dentre as inúmeras alternativas elencadas inicialmente, tais como a irrigação paisagística e lavagem de veículos, lavagem de rede de drenagem, etc. não foram consideradas principalmente pelo fato de a vazão da ETE ser bastante elevada e o consumo de água para essas alternativas serem baixos. É importante destacar que mesmo as alternativas escolhidas para serem detalhadas precisam ser bem embasadas quanto a sua aplicação, já que a legislação brasileira ainda não prevê com segurança a aplicação do efluente tratado para o reúso, principalmente quando destinado ao abastecimento humano.

Após a avaliação de todas as alternativas e considerações, as principais alternativas a serem estudadas serão:

- ✓ Alternativa 1: Lançamento no Rio Tavares – Ponto R-2;
- ✓ Alternativa 2: Lançamento nos Canais de Drenagem – Ponto C-10;
- ✓ Alternativa 3: Lançamento nos Canais de Drenagem – Ponto C-11;
- ✓ Alternativa 4: Lançamento nos Canais de Drenagem – Ponto C-13;
- ✓ Alternativa 5: Aspersão do Efluente (2 áreas);
- ✓ Alternativa 6: Reúso Indireto – Recarga de Aquífero;
- ✓ Alternativa 7: Reúso Potável Direto;
- ✓ Alternativa 8: Reúso para Fins de Manutenção de Vazão;
- ✓ Alternativa 9: Aspersão do Efluente (4 áreas).

Desta forma, nos itens que seguem serão abordadas as principais alternativas selecionadas.

#### 4.2.1 Alternativa 1: Lançamento no Rio Tavares – Ponto R-2

A alternativa 1 tem como embasamento os estudos e produtos anteriores, onde é definido o nível de tratamento, bem como o ponto de emissão do efluente tratado. Para o estudo foi adotado o horizonte de projeto de 20 anos e a vazão de 200 L/s para final de plano.

Nesta concepção, após o processo de tratamento, o efluente final será encaminhado por gravidade até o Rio Tavares, dentro da área da CASAN (próximo a ETE), descarregando no ponto R-2. A Figura 4.18 apresenta a localização da alternativa 1.

#### 4.2.2 Alternativa 2: Lançamento nos Canais de Drenagem – Ponto C-10

A alternativa 2 tem como embasamento os estudos e produtos anteriores, onde é definido o nível de tratamento, bem como o ponto de emissão do efluente tratado. Para o estudo foi adotado o horizonte de projeto de 20 anos e a vazão de 200 L/s para final de plano.

Nesta concepção, após o processo de tratamento, o efluente final será encaminhado para a estação elevatória de esgoto, e a partir daí o efluente será bombeado até o ponto C-10, em um canal de drenagem localizado próximo à ciclovia da rodovia Gov. Aderbal Ramos da Silva (Via Expressa Sul), na altura da praça de esportes Aldo Silva. A Figura 4.19 apresenta a localização da alternativa 2.

#### 4.2.3 Alternativa 3: Lançamento nos Canais de Drenagem – Ponto C-11

A alternativa 3 tem como embasamento os estudos e produtos anteriores, onde é definido o nível de tratamento, bem como o ponto de emissão do efluente tratado. Para o estudo foi adotado o horizonte de projeto de 20 anos e a vazão de 200 L/s para final de plano.

Nesta concepção, após o processo de tratamento, o efluente final será encaminhado para a estação elevatória de esgoto, e a partir daí o efluente será bombeado até o ponto C-11, em um canal de drenagem localizado próximo à ciclovia da rodovia Gov. Aderbal Ramos da Silva (Via Expressa Sul, na altura do supermercado Bistek e do trapiche Saco dos Limões). A Figura 4.20 apresenta a localização da alternativa 3.

#### 4.2.4 Alternativa 4: Lançamento nos Canais de Drenagem – Ponto C-13

A alternativa 4 tem como embasamento os estudos e produtos anteriores, onde é definido o nível de tratamento, bem como o ponto de emissão do efluente tratado. Para o estudo foi adotado o horizonte de projeto de 20 anos e a vazão de 200 L/s para final de plano.

Nesta concepção, após o processo de tratamento, o efluente final será encaminhado para a estação elevatória de esgoto, e a partir daí o efluente será bombeado até o ponto C-13, em um canal de drenagem localizado próximo à ciclovia da rodovia Gov. Aderbal Ramos da Silva (Via Expressa Sul), próximo à Escola de Ensino Básico Julio da Costa Neves. A Figura 4.21 apresenta a localização da alternativa 4.

#### 4.2.5 Alternativa 5: Aspersão do Efluente (2 áreas)

A Alternativa 5, foi prevista aspersão do efluente tratado, na Área 6, dividindo a mesma em 2 áreas, dentro dos limites do terreno da CASAN (próximo a ETE Rio Tavares). Este tipo de disposição já é utilizado pela CASAN em outras localidades. A implantação deste sistema de disposição aumenta a evapotranspiração do efluente aspergido, o que é um benefício, visto que parte da área escolhida apresenta uma declividade mais acentuada, reduzindo a infiltração em alguns locais.

Para o sistema de aspersão, foi previsto o bombeamento do efluente tratado, ligado à uma rede de distribuição em PEAD, onde estão localizados os aspersores. A seguir, na Figura 4.15, está apresentado o modelo de aspersor considerado.



Figura 4.15: Exemplo de Aspersor (Fonte: Agrojet)

A Área 6, utilizada para esta avaliação, tem capacidade para receber o efluente tratado, porém, será necessária a previsão de lançamento no Rio Tavares, no ponto R-2 (através de um emissário por gravidade), para a vazão excedente ao processo de aspersão/infiltração. No caso da alternativa em questão a área foi a operação seja dividida em 2 áreas, para que seja feito o período de molhagem e secagem intercalados. Sendo assim, com base nos levantamentos de campo e nos resultados apresentados no relatório RT21, foi adotado uma vazão de 75 l/s para aspersão.

#### 4.2.6 Alternativa 6: Reúso Potável Indireto

Dentre as alternativas de reúso avaliadas, a Alternativa 6 considera a possibilidade de reúso indireto para abastecimento humano, a partir de recarga no aquífero, e, para contenção da cunha salina na proximidade da Lagoa Pequena. A Figura 4.23: Alternativa 6 – Reúso Potável Indireto Figura 4.23 apresenta a localização da alternativa 6.

O desenvolvimento desta alternativa tem como base o Produto 19, onde foram avaliadas diversas possibilidades de reúso do efluente da ETE Rio Tavares. Para a disposição do efluente na zona vadosa, além do tratamento atual da ETE, foi considerada uma etapa adicional de Ultrafiltração, garantindo uma melhor qualidade do efluente. Para o estudo foi adotado o horizonte de projeto de 20 anos e a vazão de 200 L/s para final de plano.

Entre os métodos de recarga artificial de aquíferos está o poço de injeção na zona vadosa ou não saturada, também chamados de poços secos, de diâmetro grande e utilizados para recarga de aquíferos freáticos. (Bouwer, 2002). São poços com profundidades variando entre 10 e 50 metros e com diâmetro de 1 a 2 metros (Diaz et al.,2000; Bouwer,2002).

Quando o nível freático está a uma profundidade elevada, este tipo de recarga é mais vantajoso que os poços de injeção direta. A principal dificuldade desta metodologia é a colmatação devido ao material sólido que se deposita no seu interior. Como o efluente a ser

infiltrado será originário de um tratamento terciário, sendo removidos os sólidos suspensos, os nutrientes nitrogênio e fósforo e ainda os microrganismos, a infiltração se torna mais eficiente. Deve-se introduzir cloro para minimizar as atividades microbiológicas.

No caso da utilizada, não foram realizados os estudos completos para se avaliar a sua viabilidade, foram utilizados dados de poços do SIAGAS para definição da profundidade não saturada. Para a condutividade hidráulica, foi utilizado dado da região de estudos realizados na região, sendo  $4,24 \times 10^{-3}$  cm/s (SOUZA, 2012).

#### 4.2.7 Alternativa 7: Reúso Potável Direto

A Alternativa 7 tem como embasamento os estudos de possibilidades de reúso apresentados no Produto 19. Partindo disto, o reúso potável do efluente gerado na Estação de Tratamento do SES Sul da Ilha somente poderá ser considerado como uma alternativa após a implantação de uma nova fase de tratamento na ETE. Apesar do alto nível de tratamento previsto na ETE a qualidade alcançada no efluente ainda não é aplicável para fins potáveis, seria necessária a inclusão de mais duas etapas de tratamento, de Ultrafiltração (UF) e de Osmose Reversa (OR). Para o estudo foi adotado o horizonte de projeto de 20 anos e a vazão de 200 l/s para final de plano.

Segundo Hespanhol, 2015 e Moruzzi, 2008, reúso potável direto consiste no tratamento avançado de efluentes domésticos e a sua introdução direta em uma ETA que abastece o sistema público de distribuição de água, sem que ocorra a passagem através de atenuadores ambientais, tanto superficiais como subterrâneos. O esgoto, após tratamento avançado, poderá ser introduzido diretamente em uma ETA ou em um reservatório de mistura a montante dela quando vazões complementares, tanto de origens superficiais como subterrâneas, compõem a vazão total a ser tratada no sistema de reúso. Na maior parte do Brasil pode-se dizer que essa forma de reúso é praticamente inviável, devido ao baixo custo de água nas cidades brasileiras e do elevado custo do tratamento e o alto risco sanitário associado.

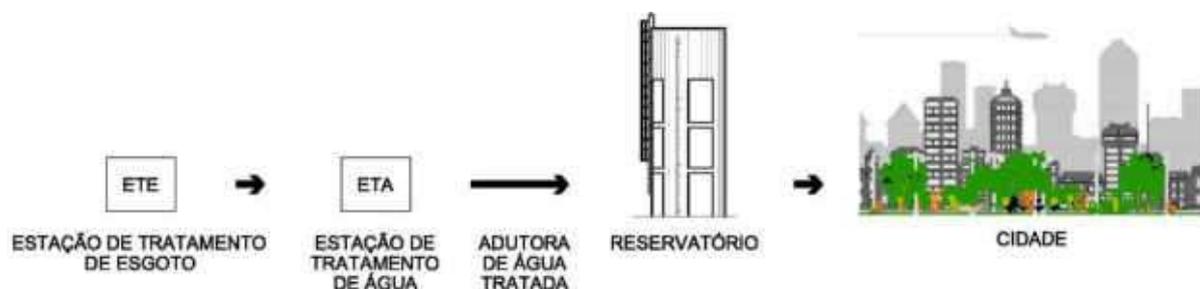


Figura 4.16: Exemplo de Aplicação do Reúso Potável Direto

A proposição da alternativa de reúso potável direto considerou a implantação de uma nova fase no tratamento da ETE Rio Tavares e a construção de uma Estação de Tratamento de Água, no mesmo terreno da ETE. Para a concepção desse sistema será necessário implantar uma Estação Elevatória com uma Adutora para transportar o efluente tratado da ETE para a ETA, a implantação de uma Adutora de Água Tratada que levará a água até um Reservatório.

Cabe ressaltar que para análise e estimativas de custos desta alternativa não foram considerados custos de terreno para implantação do reservatório e rede de distribuição, sendo que para a sua localização se fará necessário realizar um estudo de demanda e uma análise mais aprofundada deste sistema.

#### 4.2.8 Alternativa 8: Reúso para Fins de Manutenção de Vazão

A Alternativa 8 tem como embasamento os estudos de possibilidades de reúso apresentados no Produto 19. Ressalta-se que para o estudo foi adotado o horizonte de projeto de 20 anos e a vazão de 200 L/s para final de plano. Partindo destas informações,

sabe-se que a manutenção de vazões de cursos de água promove a utilização planejada de efluentes tratados, visando uma adequada diluição de eventuais cargas poluidoras a eles carregadas, incluindo-se fontes difusas, além de propiciar uma vazão mínima na estiagem. Nessa modalidade, pode-se enquadrar o reúso para manutenção de habitat naturais.

Neste caso, optou-se por utilizar o efluente tratado da ETE Rio Tavares para manutenção de vazões nos canais de drenagem existentes junto a Via Expressa. Pela localização os canais sofrem a influência da maré além de receber a drenagem urbana, o que às vezes faz com que os canais mantenham uma lâmina d'água, porém, quando em marés de seca e/ou períodos sem chuva, os canais acabam por não manter uma vazão/lâmina d'água constante. Essa questão está relacionada a impactos negativos que acabam ocorrendo nos canais, como o acúmulo de resíduos, sedimentos, crescimento de vegetação indesejada, etc., os sedimentos e a matéria orgânica ficam retidos nos trechos de pequena declividade e tendem a se acumular, reduzindo a área de fluxo e aumentando as proporções das inundações.

A opção de lançar os efluentes tratados da ETE Rio Tavares vem ao encontro dessas questões, buscando amenizar os problemas gerados pela falta de lâmina d'água nos canais e na área alagada próximo a ETE, já que poderá ser previsto o lançamento contínuo de efluente tratado em alguns dos canais/área alagada que manterá um fluxo de água constante. Os principais benefícios que essa forma de reúso poderá proporcionar é a adequada diluição de eventuais cargas poluidoras que são carregadas – até mesmo de fontes difusas e uma vazão mínima em períodos de estiagem/marés baixas. A Figura 4.24 apresenta a localização da alternativa 8.

#### 4.2.9 Alternativa 9: Aspersão do Efluente (4 áreas)

A Alternativa 9, foi prevista aspersão do efluente tratado, na Área 6, dividindo a mesma em 4 áreas, dentro dos limites do terreno da CASAN. Este tipo de disposição já é utilizado pela CASAN em outras localidades. A implantação deste sistema de disposição aumenta a evapotranspiração do efluente aspergido, o que é um benefício, visto que parte da área escolhida apresenta uma declividade mais acentuada, reduzindo a infiltração em alguns locais.

Para o sistema de aspersão, foi previsto o bombeamento do efluente tratado, ligado à uma rede de distribuição em PEAD, onde estão localizados os aspersores. A seguir, na Figura 4.17, está apresentado o modelo de aspersor considerado.

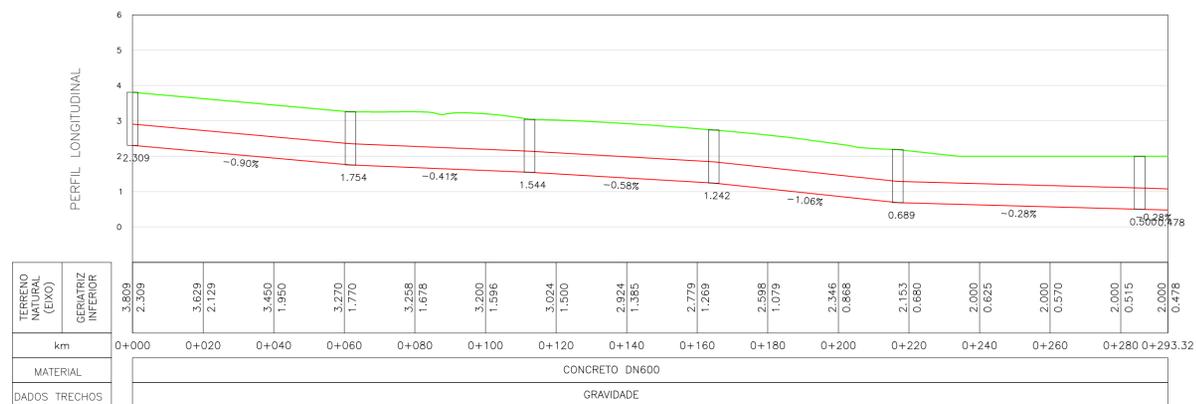


Figura 4.17: Aspersor (Fonte: Agrojet)

A Área 6, utilizada para esta avaliação, tem capacidade para receber o efluente tratado, porém, será necessária a previsão de lançamento no Rio Tavares, no ponto R-2 (através de um emissário por gravidade), para a vazão excedente ao processo de aspersão/infiltração.

No caso da alternativa em questão a área foi a operação seja dividida em 4 áreas, para que seja feito o período de molhagem e secagem intercalados. Sendo assim, com base nos

levantamentos de campo e nos resultados apresentados no relatório RT21, foi adotado uma vazão de 75 l/s para aspersão (Figura 4.25).



LEGENDA (PLANTA BAIXA)

- ETE RIO TAVARES
- EMISSÁRIO
- PONTOS DE QUALIDADE DA ÁGUA

LEGENDA (PERFIL LONGITUDINAL)

- TERRENO NATURAL
- EMISSÁRIO

PERFIL LONGITUDINAL – ALTERNATIVA 1 – LANÇAMENTO NO RIO TAVARES – PONTO R02  
 ESCALA – 1:1.000 (H)  
 1:100 (V)



PLANTA BAIXA – ALTERNATIVA 1 – LANÇAMENTO NO RIO TAVARES – PONTO R02  
 ESCALA – 1:1.000

RESPONSÁVEIS TÉCNICOS						
ÁREA/PROJETO	NOME	PROFISSÃO	CREA/CAU	ART/RRT	VISTO	
COORD. GERAL	LUIZ CARLOS K. CAMPO	ENG. CIVIL	41.007	10177571		
01	REVISÃO 01		CARLOS R.	CARLOS R.	LUIZ CARLOS	08/04/2022
00	EMISSÃO INICIAL		CARLOS R.	CARLOS R.	LUIZ CARLOS	26/01/2021
REVISÃO	DESCRIÇÃO	DESENHO	VERIFICAÇÃO	APROVAÇÃO	DATA	

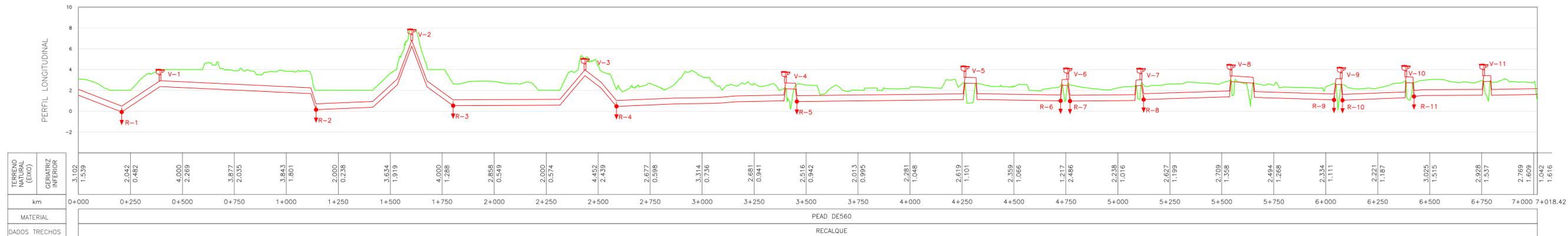
DIREITOS AUTORAIS RESERVADOS CONFORME TERMOS CONTRATUAIS. PROIBIDA A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL, DESSE DESENHO SEM O EXPRESSO CONSENTIMENTO DO PROPRIETÁRIO.



CLIENTE  
**COMPANHIA CATARINENSE DE ÁGUAS E SANEAMENTO - CASAN**  
**DIRETORIA DE OPERAÇÃO E MEIO AMBIENTE**  
**GERÊNCIA DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS**

IDENTIFICAÇÃO DO PROJETO  
**SERVIÇOS TÉCNICOS ESPECIALIZADOS PARA ESTUDOS COMPLEMENTARES E DE ALTERNATIVAS**  
**PARA O LANÇAMENTO DO EFLUENTE TRATADO DO SES SUL DA ILHA-FASE RIO TAVARES**

CLIENTE	TÍTULO DO DESENHO			
COMPANHIA CATARINENSE DE ÁGUAS E SANEAMENTO	ESTUDOS DE ALTERNATIVAS DE DISPOSIÇÃO			
RESPONSÁVEL TÉCNICO	LANÇAMENTO NO RIO TAVARES – PONTO R-02			
ENG. LUIZ CARLOS K. CAMPO – CREA/RN 41.007	ALTERNATIVA 1			
CODIGO	ESCALA	NOME DO ARQUIVO	DATA	NÚMERO DO CLIENTE
EG0213-D-EAD-RT21-RIO-01	1/1.000	EG0213-D-EAD-RT21-RIO-01-00.dwg	04/2022	EAD-RIO-01



PERFIL LONGITUDINAL – ALTERNATIVA 2 – LANÇAMENTO NOS CANAIS DE DRENAGEM – PONTO C10  
 ESCALA – 1:10.000 (H)  
 1:200 (V)



LEGENDA (PLANTA BAIXA)

- ETE RIO TAVARES
- EMISSÁRIO
- ⊕ PONTOS DE QUALIDADE DA ÁGUA

LEGENDA (PERFIL LONGITUDINAL)

- TERRENO NATURAL
- EMISSÁRIO
- ⌋ VENTOSA
- ⌋ REGISTRO DE DESCARGA

PLANTA BAIXA – ALTERNATIVA 2 – LANÇAMENTO NOS CANAIS DE DRENAGEM – PONTO C10  
 ESCALA – 1:10.000

RESPONSÁVEIS TÉCNICOS						
ÁREA/PROJETO	NOME	PROFISSÃO	CREA/CAU	ART/RRT	VISTO	
COORD. GERAL	LUIZ CARLOS K. CAMPO	ENG. CIVIL	41.007	10177571		
01 REVISÃO 01			CARLOS R.	CARLOS R.	LUIZ CARLOS	08/04/2022
00 EMISSÃO INICIAL			CARLOS R.	CARLOS R.	LUIZ CARLOS	04/2022
REVISÃO	DESCRIÇÃO		DESENHO	VERIFICAÇÃO	APROVAÇÃO	DATA

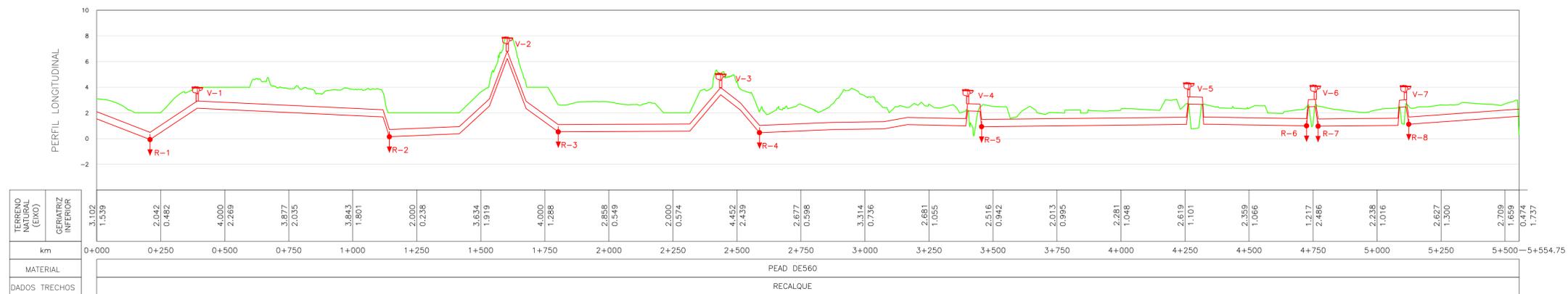
DIREITOS AUTORAIS RESERVADOS CONFORME TERMOS CONTRATUAIS. PROIBIDA A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL, DESTA DESENHO SEM O EXPRESSO CONSENTIMENTO DO PROPRIETÁRIO.



CLIENTE  
**COMPANHIA CATARINENSE DE ÁGUAS E SANEAMENTO - CASAN**  
 DIRETORIA DE OPERAÇÃO E MEIO AMBIENTE  
 GERÊNCIA DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS

IDENTIFICAÇÃO DO PROJETO  
 SERVIÇOS TÉCNICOS ESPECIALIZADOS PARA ESTUDOS COMPLEMENTARES E DE ALTERNATIVAS  
 PARA O LANÇAMENTO DO EFLUENTE TRATADO DO SES SUL DA ILHA-FASE RIO TAVARES

CLIENTE	TÍTULO DO DESENHO			
COMPANHIA CATARINENSE DE ÁGUAS E SANEAMENTO	ESTUDOS DE ALTERNATIVAS DE DISPOSIÇÃO LANÇAMENTO NOS CANAIS DE DRENAGEM – PONTO C10			
RESPONSÁVEL TÉCNICO	ALTERNATIVA 2			
ENG. LUIZ CARLOS K. CAMPO – CREA/RS 41.007	ESCALA	NOME DO ARQUIVO	DATA	NÚMERO DO CLIENTE
EG0213-D-EAD-RT21-CAN-01	1/10.000	EG0213-D-EAD-RT21-CAN-01-00.dwg	04/2022	EAD-CAN-01



LEGENDA (PLANTA BAIXA)

- ETE RIO TAVARES
- EMISSÁRIO
- PONTOS DE QUALIDADE DA ÁGUA

LEGENDA (PERFIL LONGITUDINAL)

- TERRENO NATURAL
- EMISSÁRIO
- VENTOSA
- REGISTRO DE DESCARGA

PERFIL LONGITUDINAL – ALTERNATIVA 3 – LANÇAMENTO NOS CANAIS DE DRENAGEM – PONTO C11  
 ESCALA – 1:10.000 (H)  
 1:200 (V)



PLANTA BAIXA – ALTERNATIVA 3 – LANÇAMENTO NOS CANAIS DE DRENAGEM – PONTO C11  
 ESCALA – 1:10.000

RESPONSÁVEIS TÉCNICOS						
ÁREA/PROJETO	NOME	PROFISSÃO	CREA/CAU	ART/RRT	VISTO	
COORD. GERAL	LUIZ CARLOS K. CAMPO	ENG. CIVIL	41.007	10177571		
01	REVISÃO 01		CARLOS R.	CARLOS R.	LUIZ CARLOS	08/04/2022
00	EMISSÃO INICIAL		CARLOS R.	CARLOS R.	LUIZ CARLOS	04/2022
REVISÃO	DESCRIÇÃO		DESENHO	VERIFICAÇÃO	APROVAÇÃO	DATA

DIREITOS AUTORAIS RESERVADOS CONFORME TERMOS CONTRATUAIS. PROIBIDA A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL, DESSE DESENHO SEM O EXPRESSO CONSENTIMENTO DO PROPRIETÁRIO.

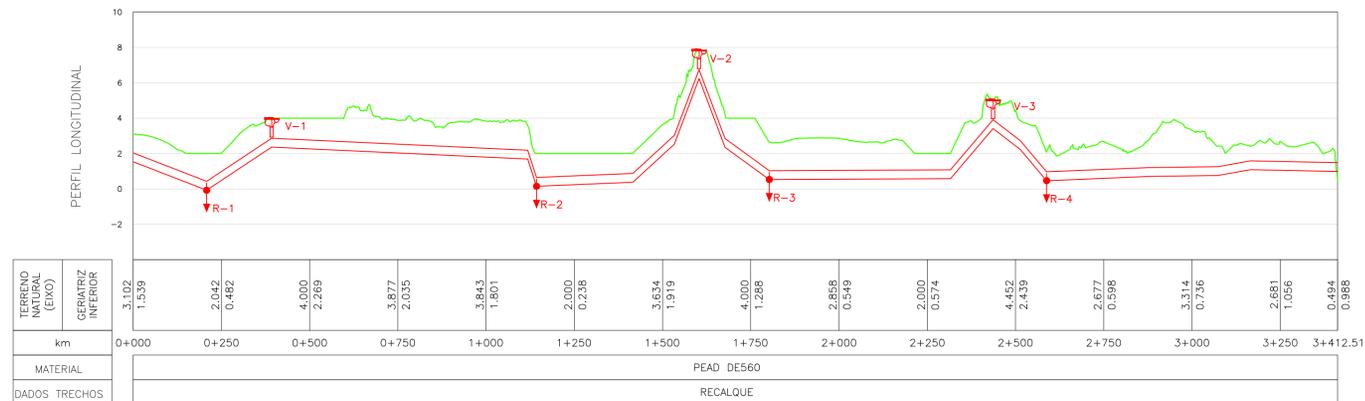


CLIENTE

**COMPANHIA CATARINENSE DE ÁGUAS E SANEAMENTO - CASAN**  
 DIRETORIA DE OPERAÇÃO E MEIO AMBIENTE  
 GERÊNCIA DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS

IDENTIFICAÇÃO DO PROJETO  
 SERVIÇOS TÉCNICOS ESPECIALIZADOS PARA ESTUDOS COMPLEMENTARES E DE ALTERNATIVAS  
 PARA O LANÇAMENTO DO EFLUENTE TRATADO DO SES SUL DA ILHA-FASE RIO TAVARES

CLIENTE	ESTUDOS DE ALTERNATIVAS DE DISPOSIÇÃO LANÇAMENTO NOS CANAIS DE DRENAGEM – PONTO C11 ALTERNATIVA 3				
RESPONSÁVEL TÉCNICO	ENGR. LUIZ CARLOS K. CAMPO – CREA/RN 41.007	ESCALA	1/10.000	DATA	04/2022
CODIGO	EG0213-D-EAD-RT21-CAN-02	NOME DO ARQUIVO	EG0213-D-EAD-RT21-CAN-02-00.dwg	NUMERO DO CLIENTE	EAD-CAN-02



LEGENDA (PLANTA BAIXA)

- ETE RIO TAVARES
- EMISSÁRIO
- PONTOS DE QUALIDADE DA ÁGUA

LEGENDA (PERFIL LONGITUDINAL)

- TERRENO NATURAL
- EMISSÁRIO
- VENTOSA
- REGISTRO DE DESCARGA

PERFIL LONGITUDINAL – ALTERNATIVA 4 – LANÇAMENTO NOS CANAIS DE DRENAGEM – PONTO C13  
 ESCALA – 1:10.000 (H)  
 1:200 (V)



PLANTA BAIXA – ALTERNATIVA 4 – LANÇAMENTO NOS CANAIS DE DRENAGEM – PONTO C13  
 ESCALA – 1:10.000

RESPONSÁVEIS TÉCNICOS						
ÁREA/PROJETO	NOME	PROFISSÃO	CREA/CAU	ART/RRT	VISTO	
COORD. GERAL	LUIZ CARLOS K. CAMPO	ENG. CIVIL	41.007	10177571		
01	REVISÃO 01 – ADEQUAÇÃO DO DIÂMETRO		CARLOS R.	CARLOS R.	LUIZ CARLOS	08/04/2022
00	EMISSÃO INICIAL		CARLOS R.	CARLOS R.	LUIZ CARLOS	15/01/2021
REVISÃO	DESCRIÇÃO	DESENHO	VERIFICAÇÃO	APROVAÇÃO	DATA	

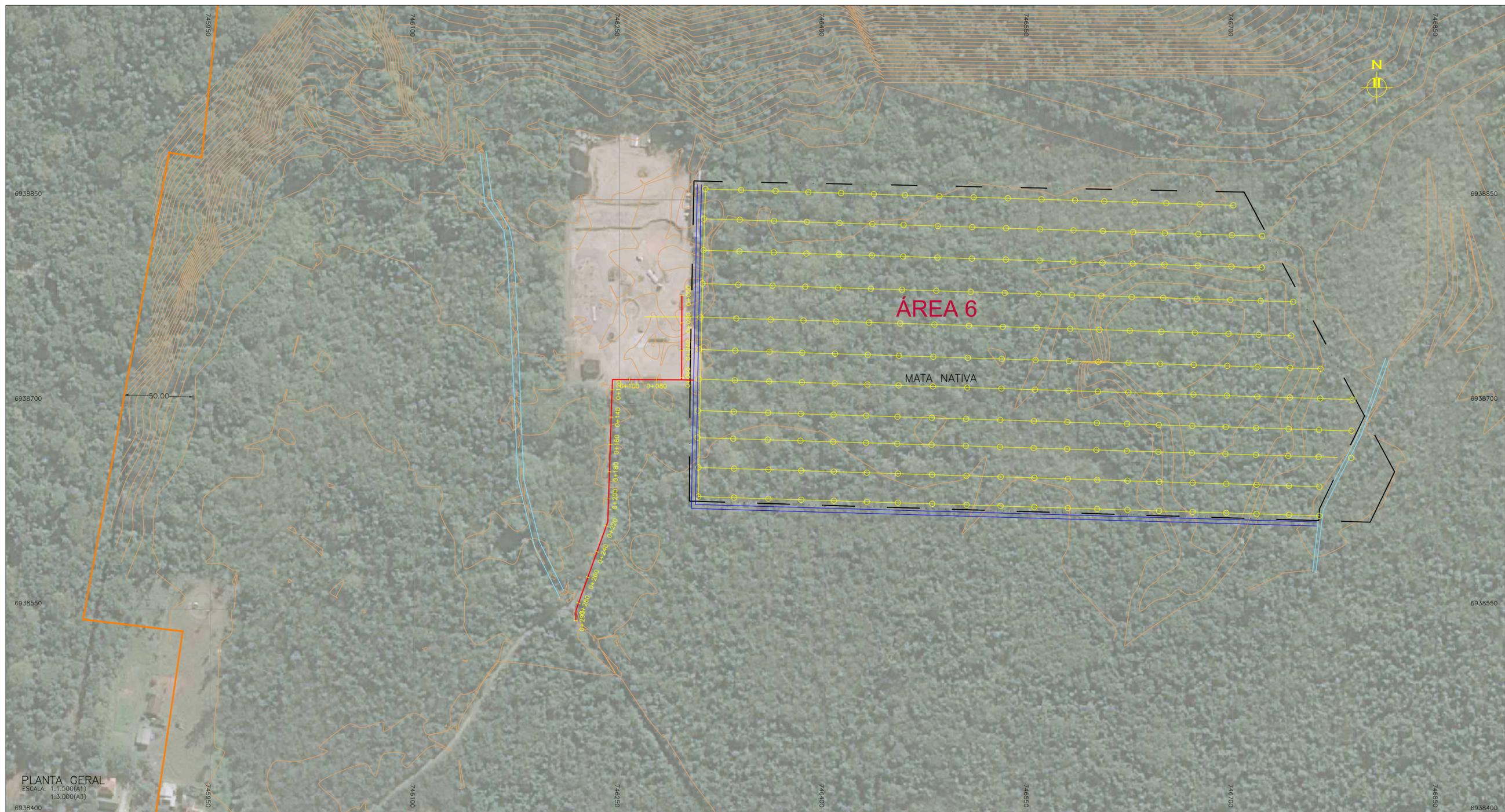
DIREITOS AUTORAIS RESERVADOS CONFORME TERMOS CONTRATUAIS. PROIBIDA A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL, DESSE DESENHO SEM O EXPRESSO CONSENTIMENTO DO PROPRIETÁRIO.



CLIENTE  
**COMPANHIA CATARINENSE DE ÁGUAS E SANEAMENTO - CASAN**  
 DIRETORIA DE OPERAÇÃO E MEIO AMBIENTE  
 GERÊNCIA DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS

IDENTIFICAÇÃO DO PROJETO  
 SERVIÇOS TÉCNICOS ESPECIALIZADOS PARA ESTUDOS COMPLEMENTARES E DE ALTERNATIVAS  
 PARA O LANÇAMENTO DO EFLUENTE TRATADO DO SES SUL DA ILHA-FASE RIO TAVARES

CLIENTE	ESTUDOS DE ALTERNATIVAS DE DISPOSIÇÃO LANÇAMENTO NOS CANAIS DE DRENAGEM – PONTO C13 ALTERNATIVA 4				
RESPONSÁVEL TÉCNICO	ENR. LUIZ CARLOS K. CAMPO – CREA/RN 41.007				
CODIGO	ESCALA	NOME DO ARQUIVO	DATA	NUMERO DO CLIENTE	
EG0213-D-EAD-RT21-CAN-03	1/10.000	EG0213-D-EAD-RT21-CAN-03-01.dwg	04/2022	EAD-CAN-03	



PLANTA GERAL  
 ESCALA: 1:1.500(A1)  
 1:3.000(A3)

LEGENDA (PLANTA BAIXA)

- REDE DE ASPERSÃO
- EMISSÁRIO
- VALA

RESPONSÁVEIS TÉCNICOS						
ÁREA/PROJETO	NOME	PROFISSÃO	CREA/CAU	ART/RRT	VISTO	
COORD. GERAL	LUIZ CARLOS K. CAMPO	ENG. CIVIL	41.007	10177571		
01	REVISÃO 01		CARLOS R.	CARLOS R.	LUIZ CARLOS	08/04/2022
00	EMISSÃO INICIAL		CARLOS R.	CARLOS R.	LUIZ CARLOS	04/2022
REVISÃO	DESCRIÇÃO	DESENHO	VERIFICAÇÃO	APROVAÇÃO	DATA	

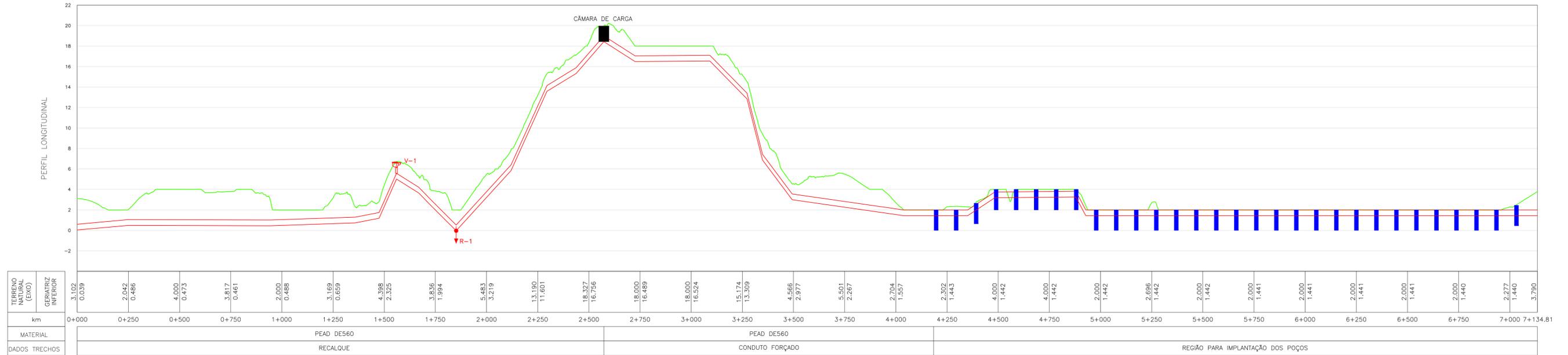
DIREITOS AUTORAIS RESERVADOS CONFORME TERMOS CONTRATUAIS. PROIBIDA A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL, DESSE DESENHO SEM O EXPRESSO CONSENTIMENTO DO PROPRIETÁRIO.



CLIENTE  
**COMPANHIA CATARINENSE DE ÁGUAS E SANEAMENTO - CASAN**  
 DIRETORIA DE OPERAÇÃO E MEIO AMBIENTE  
 GERÊNCIA DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS

IDENTIFICAÇÃO DO PROJETO  
 SERVIÇOS TÉCNICOS ESPECIALIZADOS PARA ESTUDOS COMPLEMENTARES E DE ALTERNATIVAS  
 PARA O LANÇAMENTO DO EFLUENTE TRATADO DO SES SUL DA ILHA-FASE RIO TAVARES

CLIENTE	TÍTULO DO DESENHO				
COMPANHIA CATARINENSE DE ÁGUAS E SANEAMENTO	ESTUDOS DE ALTERNATIVAS DE DISPOSIÇÃO ASPERSÃO DO EFLUENTE ALTERNATIVA 5				
RESPONSÁVEL TÉCNICO	ESCALA	NOME DO ARQUIVO	DATA	NÚMERO DO CLIENTE	
ENG. LUIZ CARLOS K. CAMPOS - CREA/RN 41.007	1/10.000	E20213-D-EAD-RT21-ASP-01-01.dwg	04/2022	EAD-ASP-01	
CODIGO					
E20213-D-EAD-RT21-ASP-01					



PERFIL LONGITUDINAL – ALTERNATIVA 6 – REÚSO INDIRETO – RECARGA DE AQUIFERO  
 ESCALA – 1:10.000 (H)  
 1:200 (V)



PLANTA BAIXA – ALTERNATIVA 6 – REÚSO INDIRETO – RECARGA DE AQUIFERO  
 ESCALA – 1:10.000

LEGENDA (PLANTA BAIXA)

- █ ETE RIO TAVARES
- EMISSÁRIO
- ⊕ PONTOS DE QUALIDADE DA ÁGUA

LEGENDA (PERFIL LONGITUDINAL)

- TERRENO NATURAL
- EMISSÁRIO
- ⬇ V-1 VENTOSA
- ⬇ R-1 REGISTRO DE DESCARGA

RESPONSÁVEIS TÉCNICOS						
ÁREA/PROJETO	NOME	PROFISSÃO	CREA/CAU	ART/RRT	VISTO	
COORD. GERAL	LUIZ CARLOS K. CAMPO	ENG. CIVIL	41.007	10177571		
01	REVISÃO 01 – ALTERAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DOS POÇOS		CARLOS R.	CARLOS R.	LUIZ CARLOS	08/04/2022
00	EMISSÃO INICIAL		CARLOS R.	CARLOS R.	LUIZ CARLOS	30/03/2021
REVISÃO	DESCRIÇÃO	DESENHO	VERIFICAÇÃO	APROVAÇÃO	DATA	

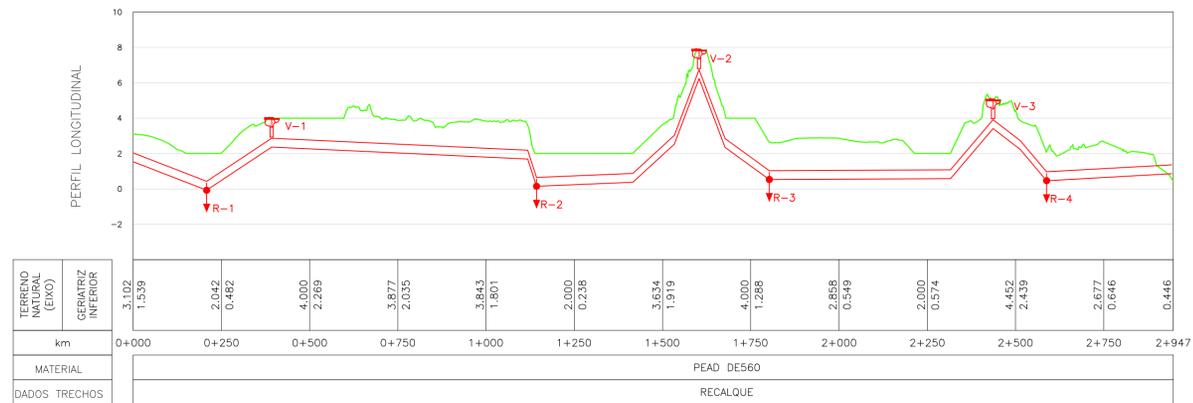
DIREITOS AUTORAIS RESERVADOS CONFORME TERMOS CONTRATUAIS. PROIBIDA A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL, DESSE DESENHO SEM O EXPRESSO CONSENTIMENTO DO PROPRIETÁRIO.



CLIENTE  
**COMPANHIA CATARINENSE DE ÁGUAS E SANEAMENTO - CASAN**  
 DIRETORIA DE OPERAÇÃO E MEIO AMBIENTE  
 GERÊNCIA DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS

IDENTIFICAÇÃO DO PROJETO  
 SERVIÇOS TÉCNICOS ESPECIALIZADOS PARA ESTUDOS COMPLEMENTARES E DE ALTERNATIVAS  
 PARA O LANÇAMENTO DO EFLUENTE TRATADO DO SES SUL DA ILHA-FASE RIO TAVARES

CLIENTE		TÍTULO DO DESENHO			
COMPANHIA CATARINENSE DE ÁGUAS E SANEAMENTO		ESTUDOS DE ALTERNATIVAS DE DISPOSIÇÃO REÚSO INDIRETO – RECARGA DE AQUIFERO ALTERNATIVA 6			
RESPONSÁVEL TÉCNICO	ENR. LUIZ CARLOS K. CAMPOS – CREA/RN 41.007	ESCALA	NOME DO ARQUIVO	DATA	NÚMERO DO CLIENTE
CODIGO	EG0213-D-EAD-RT21-REU-01	1/10.000	EG0213-D-EAD-RT21-REU-01-01.dwg	04/2022	EAD-REU-01



LEGENDA (PLANTA BAIXA)

- ETE RIO TAVARES
- EMISSÁRIO
- PONTOS DE QUALIDADE DA ÁGUA

LEGENDA (PERFIL LONGITUDINAL)

- TERRENO NATURAL
- EMISSÁRIO
- VENTOSA
- REGISTRO DE DESCARGA

PERFIL LONGITUDINAL – ALTERNATIVA 8 – REÚSO PARA FINS DE MANUTENÇÃO DE VAZÃO  
 ESCALA – 1:10.000 (H)  
 1:200 (V)



PLANTA BAIXA – ALTERNATIVA 8 – REÚSO PARA FINS DE MANUTENÇÃO DE VAZÃO  
 ESCALA – 1:10.000

RESPONSÁVEIS TÉCNICOS						
ÁREA/PROJETO	NOME	PROFISSÃO	CREA/CAU	ART/RRT	VISTO	
COORD. GERAL	LUIZ CARLOS K. CAMPO	ENG. CIVIL	41.007	10177571		
01 REVISÃO 01			CARLOS R.	CARLOS R.	LUIZ CARLOS	08/04/2022
00 EMISSÃO INICIAL			CARLOS R.	CARLOS R.	LUIZ CARLOS	30/03/2021
REVISÃO	DESCRIÇÃO	DESENHO	VERIFICAÇÃO	APROVAÇÃO	DATA	

DIREITOS AUTORAIS RESERVADOS CONFORME TERMOS CONTRATUAIS. PROIBIDA A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL, DESSE DESENHO SEM O EXPRESSO CONSENTIMENTO DO PROPRIETÁRIO.



CLIENTE

**COMPANHIA CATARINENSE DE ÁGUAS E SANEAMENTO - CASAN**  
 DIRETORIA DE OPERAÇÃO E MEIO AMBIENTE  
 GERÊNCIA DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS

IDENTIFICAÇÃO DO PROJETO  
 SERVIÇOS TÉCNICOS ESPECIALIZADOS PARA ESTUDOS COMPLEMENTARES E DE ALTERNATIVAS PARA O LANÇAMENTO DO EFLUENTE TRATADO DO SES SUL DA ILHA-FASE RIO TAVARES

CLIENTE	ESTUDOS DE ALTERNATIVAS DE DISPOSIÇÃO REÚSO PARA FINS DE MANUTENÇÃO DE VAZÃO ALTERNATIVA 8			
RESPONSÁVEL TÉCNICO	ENGENHEIRO	RESPONSÁVEL TÉCNICO	ENGENHEIRO	RESPONSÁVEL TÉCNICO
ENR. LUIZ CARLOS K. CAMPO - CREA/RN 41.007		ENR. LUIZ CARLOS K. CAMPO - CREA/RN 41.007		ENR. LUIZ CARLOS K. CAMPO - CREA/RN 41.007
CODIGO	ESCALA	NOME DO ARQUIVO	DATA	NUMERO DO CLIENTE
EG0213-D-EAD-RT21-REU-03	1/10.000	EG0213-D-EAD-RT21-REU-03-00.dwg	04/2022	EAD-REU-03



### 4.3 Comparativo Econômico

Conforme apresentado nos estudos econômicos realizados no RT21, a seguir, no Quadro 4.2 estão apresentados os resumos, relacionando as alternativas com seus respectivos custos de implantação, energia e operacionais totais.

Cabe ressaltar que o custo para implantação da ETE Rio Tavares não foi considerado nesta estimativa, somente foram considerados custos adicionais quando houve a necessidade de adequação do nível de tratamento para cada alternativa estudada.

Quadro 4.2: Comparativo dos Custos Totais das Alternativas

Alternativa	Vazão Disposta	Custo de Implantação	Custo de Operação e Manutenção	Total	Custo por m <sup>3</sup> disposto
Alternativa 1: Lançamento no Rio Tavares - Ponto R-2	200 l/s	R\$ 174.111,78	-	R\$ 174.111,78	R\$ 0,01
Alternativa 2: Lançamento nos Canais de Drenagem - Ponto C-10	200 l/s	R\$ 19.888.096,29	R\$ 2.266.251,94	R\$ 22.154.348,22	R\$ 0,18
Alternativa 3: Lançamento nos Canais de Drenagem - Ponto C-11	200 l/s	R\$ 16.163.134,43	R\$ 2.208.378,12	R\$ 18.371.512,55	R\$ 0,15
Alternativa 4: Lançamento nos Canais de Drenagem - Ponto C-13	200 l/s	R\$ 10.706.816,41	R\$ 2.329.733,24	R\$ 13.036.549,66	R\$ 0,10
Alternativa 5: Aspersão do Efluente	200 l/s	R\$ 2.025.773,40	R\$ 2.687.358,39	R\$ 4.713.131,79	R\$ 0,10
Alternativa 6: Reúso Potável Indireto	200 l/s	R\$ 58.039.239,26	R\$ 58.549.920,87	R\$ 116.589.160,14	R\$ 0,92
Alternativa 7: Reúso Potável Direto	200 l/s	R\$ 53.010.346,17	R\$ 234.499.305,62	R\$ 287.509.651,79	R\$ 2,28
Alternativa 8: Reúso para fins de Manutenção de Vazão	200 l/s	R\$ 9.522.874,33	R\$ 2.267.628,72	R\$ 11.790.503,06	R\$ 0,09
Alternativa 9: Aspersão do Efluente (4 Áreas)	200 l/s	R\$ 2.119.480,68	R\$ 2.767.702,40	R\$ 4.887.183,08	R\$ 0,10

## 5 MODELAGEM HIDRODINÂMICA E DA QUALIDADE DA ÁGUA

## 5 MODELAGEM HIDRODINÂMICA E DA QUALIDADE DA ÁGUA

Algumas alternativas estudadas foram avaliadas de forma mais aprofundada através da modelagem hidrodinâmica e da qualidade da água. Sendo elas:

- Alternativa 1: Lançamento no Rio Tavares - Ponto R-2
- Alternativa 2: Lançamento nos Canais de Drenagem - Ponto C-10
- Alternativa 3: Lançamento nos Canais de Drenagem - Ponto C-11
- Alternativa 4: Lançamento nos Canais de Drenagem - Ponto C-13
- Alternativa 5: Aspersão do Efluente (2 áreas)
- Alternativa 8: Reúso para fins de Manutenção de Vazão
- Alternativa 9: Aspersão do Efluente (4 Áreas)

Os itens que seguem irão apresentar os resultados e informações relacionadas a modelagem das águas superficiais e subterrâneas. No apêndice digital V as tabelas, gráficos e figuras relacionadas ao tema são apresentados.

### 5.1 Modelagem das Águas Superficiais

Para resolver o problema da dinâmica marinha, estuarina e fluvial em escala espacial e temporal adequada para as aplicações finais (estudo de autodepuração dos corpos de água receptores), foi utilizado o modelo hidrodinâmico DELFT3D-FLOW.

O DELFT3D-FLOW, pertencente ao pacote de modelos DELFT3D, foi desenvolvido pela Deltares, na Holanda, e é considerada uma das ferramentas computacionais mais avançadas na atualidade para simulação de ambientes costeiros, estuarinos e fluviais, sendo intensivamente validado através de estudos de campo e laboratório ao redor do mundo. O DELFT3D é um software de código aberto e em constante desenvolvimento, que apresenta uma interface de pré e pós-processamento amigável, que possibilita uma fácil interação entre os módulos.

#### 5.1.1 Considerações Sobre os Resultados das Simulações - Superficial

Neste item foram apresentados os métodos utilizados e os resultados obtidos nas etapas de implementação e calibração do modelo hidrodinâmico, modelagem de transporte de sal e caracterização do Estuário do Rio Tavares.

Essas etapas fazem parte do escopo das atividades solicitadas no item: **Relatório De Modelagem Águas Superficiais I, II e III.**

Os objetivos deste estudo foram:

- Com o uso de modelagem numérica, executar simulações hidrodinâmicas para a região da Baía Norte, Baía Sul (incluindo canais de drenagem) e interior do Estuário do Rio Tavares, calibrando e validando a base hidrodinâmica com os dados primários coletados em campo nas campanhas de coleta 1 e 2;
- Caracterizar o Estuário do Rio Tavares com base nos principais critérios de classificação existentes na bibliografia especializada, em função de sua geomorfologia, salinidade e hidrodinâmica;
- Com o uso de modelagem numérica, executar simulações de salinidade para a região da Baía Norte, Baía Sul e interior do Estuário do Rio Tavares, sem e com a descarga do efluente, com o objetivo de avaliar as mudanças de concentração de sal provocadas pelo aporte de água doce no estuário;

Para o cumprimento dos objetivos propostos, as seguintes etapas foram desenvolvidas:

- Compilação, processamento, análise e interpretação de dados meteorológicos e oceanográficos disponíveis;

- Modelagem hidrodinâmica, envolvendo as fases de criação das grades de cálculo, composição da base batimétrica, *setup* do modelo e calibração com os dados de maré e correntes coletados em campo;
- Descrição dos principais critérios de classificação de estuários, considerando suas características geomorfológicas e sua gênese, as características da salinidade e a dinâmica das marés e correntes;
- Caracterização do Estuário do Rio Tavares com base nesses critérios de classificação e conhecimento adquirido nas fases de modelagem numérica e análise de dados;
- Modelagem de sal para os cenários sem e com a descarga do efluente, pós processamento dos dados de saída e interpretação dos resultados obtidos.

As correntes medidas no interior da Baía Sul (ADCP 2) apresentaram padrão bidirecional e são fortemente influenciadas pela ação das marés enchente e vazante. Durante períodos de maré enchente, as correntes fluem para sudoeste. Durante períodos de maré vazante, as correntes fluem para nordeste. As velocidades dessas correntes são fortemente influenciadas pela contribuição do vento atuante na superfície, podendo ser aumentadas quando o vento sopra na mesma direção das correntes de maré, ou diminuídas quando o vento sopra na direção contrária à das correntes de maré. As máximas velocidades foram obtidas para momentos de correntes para nordeste.

Na desembocadura do Estuário do Rio Tavares, as correntes são fortemente moduladas pelas marés e fluem no sentido SE-NW. As máximas velocidades foram obtidas em momentos de maré enchente.

As marés medidas em P1, P2, P3 e P4 apresentam amplitudes semelhantes. Menores amplitudes foram encontradas no P4, em função dos processos de fricção com o fundo e margens do canal de drenagem.

O modelo hidrodinâmico DELFT3D-FLOW implementado foi capaz de representar satisfatoriamente o comportamento das correntes na região da Baía Sul e região da desembocadura do Rio Tavares, assim com as marés medidas no P1, P4 e P5. Melhoramentos poderão ser realizados nas fases subseqüentes de calibração, a partir de novos conjuntos de dados, principalmente com relação à intensidade das correntes na desembocadura.

Com relação à sua geomorfologia, o Estuário do Rio Tavares, comprido e estreito, pode ser classificado como um **estuário de planície costeira ou aluvionar**, apresentando-se meandrante no seu trecho terminal.

Próximo à desembocadura, há uma vasta vegetação de manguezal, indicando regiões que são periodicamente alagadas durante marés altas, e cujas águas são de características salobras. Canais artificiais de drenagem também fazem parte do sistema estuarino e apresentam padrões de circulação estuarinos.

Com relação ao padrão de propagação de maré, o Estuário do Rio Tavares pode ser classificado como **síncrono**, no qual os efeitos do atrito e da convergência estão em balanço, e a altura da maré permanece constante até a ZR.

Processos não-lineares de transformação da onda de maré em direção ao interior do estuário produzem marés residuais de águas rasas (super-harmônicos), que se manifestam principalmente através da assimetria existente entre as marés vazantes e marés enchentes. No Estuário do Rio Tavares, a duração da maré enchente é de 5 h e a duração da maré vazante é de 7 h.

Em estuários com essa característica, as velocidades das correntes de maré enchente são superiores às velocidades das correntes de maré vazante. Diz-se, portanto, que o estuário é dominado pela maré enchente e pode funcionar como um importador de sedimentos e/ou nutrientes, quando desconsiderados os efeitos de descarga fluvial.

Com relação à estratificação de salinidade, o Estuário do Rio Tavares pode ser classificado como **verticalmente homogêneo**. A salinidade é fortemente modulada pela maré, evidenciando a importância do efeito advectivo das correntes na distribuição de sal.

Um pós-processamento dos dados de saída do modelo de transporte de sal foi realizado, de modo a se obter a porcentagem do tempo em que determinado *range* de salinidade foi observado, dentro do período total de simulação (desconsiderando o período de aquecimento e estabilização).

Para uma estimativa dos potenciais efeitos causados pelo aporte de água doce proveniente do efluente da ETE Rio Tavares no padrão de intrusão salina no sistema estuarino, foram simulados os cenários sem e com a descarga do efluente, para o período referente à campanha 1 e campanha 2 de medição (aproximadamente 91 dias).

Para o cenário atual, a descarga fluvial líquida empregada no modelo foi equivalente a 0,1 m<sup>3</sup>/s, dividida nos três corpos de água principais (Rio Tavares, Rio Fazenda e corpo de água adjacente à ETE). Para os cenários futuros, foram simuladas as descargas líquidas adicionais de 0,1 m<sup>3</sup>/s (correspondente à parcela de atendimento das regiões do Campeche e Tapera/Ribeirão em curto prazo) e 0,2 m<sup>3</sup>/s ao corpo de água adjacente à ETE.

Nas fronteiras abertas localizadas na Baía Sul e Baía Norte, o modelo foi alimentado com a série temporal de salinidade medida no CT2. Nas fronteiras fluviais, foi utilizado valor de 0,05 psu.

Os resultados das simulações de transporte de sal indicaram que, com o aporte de água doce no estuário, proveniente do efluente da ETE, com uma descarga de 0,1 m<sup>3</sup>/s, há um deslocamento dos limites das diferentes zonas de salinidade, de montante para jusante, de aproximadamente 250 m a 300 m. Com o aporte de água doce no estuário, proveniente do efluente da ETE, com uma descarga de 0,2 m<sup>3</sup>/s, há um deslocamento dos limites das diferentes zonas de salinidade, de montante para jusante, de aproximadamente 450 m a 600 m.

Os limites dos efeitos no Saco dos Limões estão restritos à região da desembocadura do Estuário do Rio Tavares. Não foram observadas alterações de salinidade no interior da Baía Sul e Baía Norte.

Com o objetivo de analisar as variações pontuais de salinidade causadas pelo aporte de água doce proveniente do efluente, foram selecionados 14 pontos de controle localizados na Baía Sul, Saco dos Limões e Estuário do Rio Tavares.

Maiores diferenças de salinidade foram observadas nos pontos localizados no mais alto estuário, ou mais próximos do ponto de descarga do efluente. Efetivamente, maiores variações de salinidade máxima, salinidade média e diferentes quantis de salinidade, foram obtidas no ponto localizado no interior do corpo d'água adjacente à ETE.

As menores variações de salinidade ocorreram no Saco dos Limões e corpo d'água localizado no interior do aterro da Via Expressa Sul.

Foram realizadas simulações computacionais para compreender as respostas do ambiente ao lançamento de um traçador conservativo com concentração inicial de 100 Kg/m<sup>3</sup>, em diferentes pontos e com diferentes vazões de lançamento.

Os pontos de lançamento do traçador conservativo, correspondentes aos pontos alternativos de lançamento do efluente tratado na futura estação, são: RT: Rio Tavares; C10: Canal 10; C11: Canal 11; C13: Canal 13; AL: Área Alagada.

Para cada ponto, foram simuladas as seguintes vazões de lançamento.

- RT: 50 L/s, 100 L/s, 200 L/s e 500 L/s;
- C10: 100 L/s, 200 L/s e 500 L/s;
- C11: 100 L/s, 200 L/s e 500 L/s;

- C13: 100 L/s, 200 L/s e 500 L/s.

O modelo hidrodinâmico e de transporte foi executado de forma acoplada (com a descarga do efluente influenciando no fluxo das correntes), para o período contínuo e ininterrupto de 90 dias, considerando meses característicos de verão (janeiro, fevereiro e março de 2020) e inverno (maio, junho e julho de 2020).

O modelo hidrodinâmico foi alimentado com séries temporais de dados de maré medida, ventos provenientes do programa de reanálise CFSv2 e descarga fluvial dos principais corpos de água da região, obtida a partir de estudo de regionalização de vazões.

O pós-processamento dos dados de saída (horários) do modelo foi realizado de modo a se obter a porcentagem do tempo em que determinada concentração do traçador foi superada ao longo do período simulado. Nesta análise, foram considerados os limiares de concentração de 1 mg/L, 5 mg/L, 10 mg/L e 50 mg/L.

Quando o traçador lançado no canal da ETE alcança a porção externa do Rio Tavares, apresenta maiores probabilidades de ser transportado ao longo da margem do que diretamente ao interior da Baía Sul.

As probabilidades de o traçador ser transportado ao Saco dos Limões com concentração superior a 1 mg/L são de até 25% para uma descarga de 50 L/s, de até 50% para uma descarga de 100 mg/L, de até 75% para uma descarga de 200 L/s e de até 95% para uma descarga de 500 L/s.

Quando as descargas ocorrem no C10, C11 e C13, as maiores probabilidades de passagem do traçador se dão ao longo da margem do Saco dos Limões. Quanto mais para o sul o lançamento, maior a probabilidade de passagem do traçador pela desembocadura e região do baixo estuário do Rio Tavares.

Quando o lançamento é feito no C13, há probabilidades mais elevadas de entrada do traçador na região interna da laguna, resultado dos efeitos das correntes de maré atuantes no canal de ligação daquele corpo d'água com o Saco dos Limões.

Maiores probabilidades de ocorrência do traçador no interior da área alagada aparecem no apêndice do corpo d'água localizado mais a sul, indicando ser esta uma área onde as correntes são mais fracas (área estagnada) e ocorre acumulação do traçador.

Diferenças de concentração do traçador entre os meses característicos de verão e inverno têm correlação direta com as variações da descarga líquida dos diversos sub-ambientes que compõem o domínio de simulação. No interior do Rio Tavares, as diferenças de concentrações do traçador ao longo do estuário (menores no verão e maiores no inverno) estão associadas aos processos advectivos e dispersivos, assim como ao processo de diluição causado pelos diferentes corpos d'água contribuintes.

Simulações de advecção e difusão foram realizadas para o efluente disposto nos pontos RT, C10, C11, C13 e AL, para as descargas de disposição de 0,05 m<sup>3</sup>/s, 0,1 m<sup>3</sup>/s, 0,2 m<sup>3</sup>/s e 0,5 m<sup>3</sup>/s. As simulações foram realizadas para os meses de verão e inverno, considerando a variabilidade temporal das marés, descargas fluviais e ventos.

Um pós-processamento dos dados de saída do modelo foi realizado com o objetivo de gerar mapas com contornos de porcentagem do tempo em que a concentração de cada composto superou, durante o período de simulação, 50% da concentração limite estipulada na Resolução CONAMA 357. Esta análise foi realizada para: DBO, Nitrato, Fósforo Total e Nitrogênio Amoniacal.

Os resultados mostraram que maiores frequências de superação dos limites adotados ocorrem para o Nitrato, seguido pelo Fósforo Total, Nitrogênio Amoniacal e DBO.

Com o objetivo de analisar as variações pontuais de concentração de cada composto simulado, foram selecionados 14 pontos de controle localizados na Baía Sul, Saco dos Limões e Estuário do Rio Tavares.

Maiores concentrações foram observadas nos pontos localizados no mais alto estuário, ou mais próximos do ponto de descarga do efluente, principalmente nos pontos de controle #10 e #9.

Para subsidiar o grupo de estudo na construção de um modelo de tomada de decisão com relação à definição do local mais adequado para disposição do efluente proveniente do SES Sul da Ilha, 13 pontos de controle foram distribuídos ao longo do Estuário Rio Tavares, Saco dos Limões e Baía Sul. Para esses pontos, foram geradas estatísticas da variável Nitrato, aquela que apresentou maiores concentrações na saída da ETE e maiores probabilidades de superação dos limiares estabelecidos na Resolução CONAMA 357.

Os resultados das simulações mostraram variações significativas na concentração pontual de Nitrato entre os meses de inverno e verão. Maiores concentrações foram obtidas durante os meses de inverno e menores concentração durante os meses de verão. Durante os meses de verão, o maior aporte de água doce das bacias hidrográficas favorece os processos de transporte, mistura e diluição do efluente. Esse padrão foi observado tanto para o efluente disposto no Ponto R-2, sob influência direta dos processos de advecção e dispersão causados pela descarga de água doce do Rio Tavares, como para os dispostos às margens do Saco dos Limões, sob influência direta dos processos de advecção e dispersão no corpo d'água receptor (Baía Sul da Ilha de Santa Catarina) e da diluição causada pelos aportes de água doce das bacias hidrográficas adjacentes.

As análises de frequência de não-excedência mostraram que, no #PC1 e #PC2, localizados no Saco dos Limões, as concentrações de Nitrato superam o limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357 em somente 1 % do tempo, para os lançamentos ocorrendo no Rio Tavares (Alternativa 1 e Alternativa 5). Para as demais alternativas de lançamento, as concentrações nesses pontos são inferiores ao limite da Resolução CONAMA 357, em 100 % do tempo.

Nos pontos #PC3, #PC4 e #PC5, as concentrações de Nitrato não superam o limiar estabelecido na Resolução CONAMA 357 em 100 % do tempo, independente da alternativa de lançamento.

No #PC6, as concentrações de Nitrato não superam o limiar estabelecido na Resolução CONAMA 357 em 97 % do tempo, tanto durante o período de verão, como durante o período de inverno simulado. Maiores probabilidades de superação ocorrem para a Alternativa 4 e Alternativa 6 de lançamento do efluente, na desembocadura e no interior da área alagada.

O ponto #PC7 está sob influência direta da alternativa 6 de lançamento e tem superação da concentração limite em 5 % do tempo, no período de verão, e em 50 % do tempo, no período de inverno simulado.

Os pontos #PC9, #PC10, #PC11, #PC12 e #PC13, localizados já na porção estuarina do Rio Tavares, possuem maior influência das alternativas 1 e 5 de lançamento. No verão, o #PC9 tem a concentração limite superada em 60 % do tempo para a Alternativa 1 e em 40 % do tempo para a Alternativa 5. No inverno, o #PC9 tem a concentração limite superada em 48 % do tempo para a Alternativa 1 e em 30 % do tempo para a Alternativa 5.

No verão, o #PC10 tem a concentração limite superada em 95 % do tempo para a Alternativa 1 e em 85 % do tempo para a Alternativa 5. No inverno, o #PC10 tem a concentração limite superada em 100 % do tempo para a Alternativa 1 e em 95 % do tempo para a Alternativa 5.

No verão, a concentração limite de Nitrato no #PC11 não é utrapassada em 100 % do tempo. No inverno, o #PC11 tem a concentração limite superada em 60 % do tempo para a Alternativa 1 e em 50 % do tempo para a Alternativa 5.

Tanto no verão como no inverno, o #PC12 tem a concentração limite superada em 100 % do tempo para a Alternativa 1 e em 100 % do tempo para a Alternativa 5.

No verão, a concentração limite de Nitrato no #PC13 não é ultrapassada em 100 % do tempo, para todas as alternativas simuladas. No inverno, o #PC11 tem a concentração limite superada em 75 % do tempo para a Alternativa 1 e em 65 % do tempo para a Alternativa 5.

Os resultados das simulações indicam que o alto estuário do Rio Tavares terá superação do limite de concentração aceitável em mais de 95 % do tempo, quando considerando lançamentos no Ponto R-2. Por ser um corpo d'água estreito e raso, a capacidade de transporte do efluente para jusante é muito dependente da descarga fluvial. Pequenos aumentos de descarga são capazes de impedir a reversão do fluxo para montante, provocada pela ação das marés enchentes.

Quando o efluente é disposto no Ponto C-10, Ponto C-11 e Ponto C-12, é transportado pelas correntes costeiras, paralelas à costa, para sul e para norte em função das variações da maré e do vento. De fato, as correntes mais intensas e mais eficazes no processo de advecção e transporte do efluente, estão localizadas no canal central da Baía Sul, com fluxo bidirecional fortemente modulado pelas marés enchentes e vazantes e pelo efeito combinado do vento. O Saco dos Limões, por sua vez, possui padrões de correntes característicos de embaçamento, com formação de grandes giros ou de vórtices menores, que diminuem a capacidade de transporte do efluente para fora dessa unidade fisiográfica.

Os resultados indicam que, dentre as alternativas simuladas, o lançamento do efluente no Ponto C-11 é algo mais efetivo que no Ponto C-10 e Ponto C-12.

## 5.2 Modelagem das Águas Subterrâneas

Para auxiliar na elaboração do modelo, o *software* utilizado foi o *ModelMuse*, que é uma interface gráfica do código *Modflow* (McDonald e Harbaugh, 1988), criados pelo Serviço Geológico Americano (USGS), na década de 1980, e que vem sendo aprimorado até os dias de hoje. Este é um *software* de código livre, escrito em *Fortran*, amplamente utilizado no mercado e na área de pesquisa. O *Modflow* trabalha com o modelo de diferenças finitas, que divide toda a região de estudos em volumes retangulares com propriedades no ponto central de bloco, diminuindo as equações parciais, permitindo modelar tridimensionalmente o fluxo subterrâneo em regimes permanentes ou transientes em um aquífero confinado e/ou não confinado (Kressic, 2007 *appud* Araujo, 2018).

Diante do caráter *opensource*, o *Modflow* tem inúmeros pacotes para determinados objetivos. Os pacotes usados para o modelo de fluxo subterrâneo foi o de *Upstream Weighting* (UPW) com o *Newton Solver* (NWT), baseado nas formulações de Newton-Raphson. Para a zona vadosa, foi utilizado o pacote *Unsaturation Zone Flow* (UZF) que modela o fluxo e a velocidade em zonas não saturadas, que leva em conta, principalmente, o fluxo gravitacional, ou seja, majoritariamente vertical.

O modelo de transporte é realizado pelo módulo *MT3DMS* (Zheng e Wang, 1999) do *Modflow*. Nele é possível calcular o movimento do contaminante pelos princípios de advecção, dispersão, difusão e assimilar junto reações químicas inerentes às substâncias e o ambiente de entorno. Para o estudo foram utilizados os pacotes BTN, ADV, DSP, SSM e UZT, todos resolvidos pelo *solver Generalized Conjugate Gradient* - *GCG*.

A definição da área de modelagem é realizada a partir dos aspectos geomorfológicos da área de estudo, observando o comportamento hídrico e interpretando o comportamento das águas subsuperficiais, a fim de selecionar a bacia de contribuição, bem como a área que poderá ser, de fato, afetada pelo lançamento dos efluentes.

Diante do exposto, a região definida como de interesse para a modelagem possui uma área de 143,5 hectares. A norte, leste e oeste é limitada pelos morros acentuados do Granito Ilha, e a sul, da área 8, o início de relevo mais elevado.

Definiu-se um *grid* com tamanhos de células de 25x25 m, conforme pode ser observado na Figura 5.1.

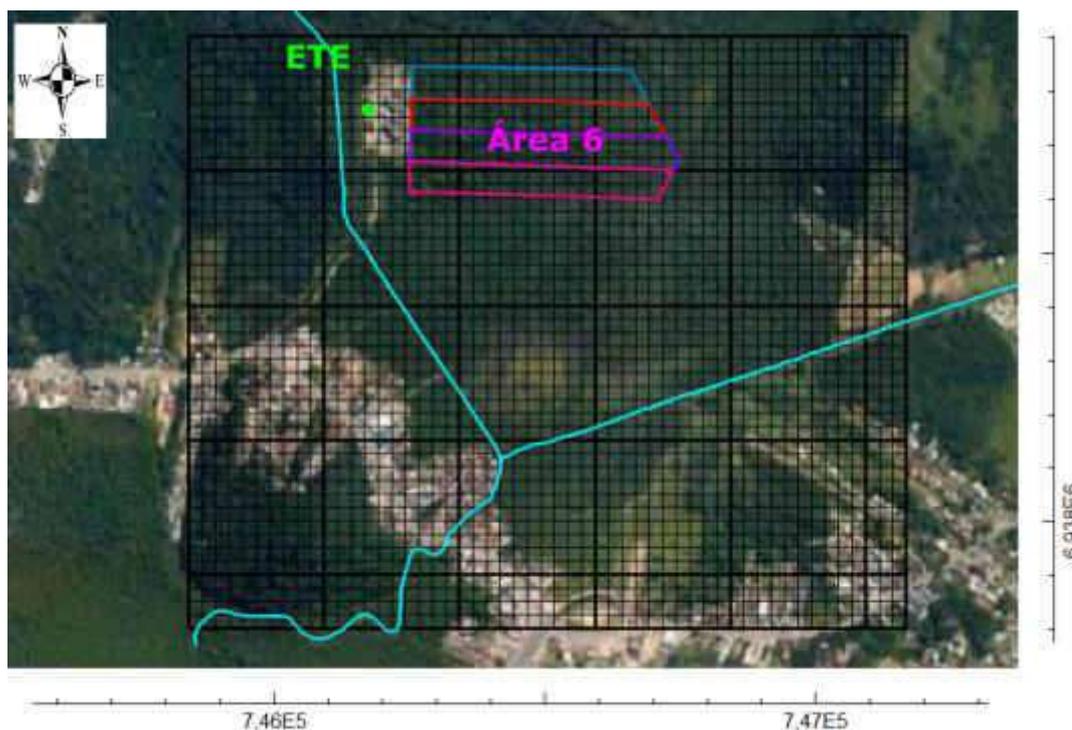


Figura 5.1: Área de Modelagem e *Grid* com Tamanho de Célula de 25x25 m

### 5.2.1 Considerações Sobre os Resultados das Simulações Subterrânea

O trabalho realizado e apresentado ao longo de 3 (três) relatórios se deu a partir de dados disponibilizados pelo cliente, coletados *in situ* e através de literatura técnico-científica a respeito do tema, o que permitiu realizar uma análise do comportamento hidrogeológico do lançamento de efluentes tratados da ETE Tavares, através do uso de aspersores, realizados pelo *software Modflow*.

Inicialmente, foram avaliados e tratados os dados topográficos para inserção no modelo tridimensional, dados de séries climatológicas, furos de sondagem para determinação da discretização vertical das camadas litológicas, sendo compostas por sedimentos, predominantemente, nas frações areia e argila. Os dados referentes aos níveis de água subterrânea do entorno da ETE Tavares foram obtidos a partir da observação de seis (6) piezômetros que subsidiaram a confecção do mapa regional de fluxo subterrâneo, bem como utilizado para calibração e validação do modelo. Os parâmetros de condutividades hidráulicas foram obtidos a partir dos testes de *slug-test* realizados nos piezômetros.

De modo geral, as direções preferenciais do fluxo subterrâneo observadas nos piezômetros indicam um sentido de norte para sul, o qual foi extrapolado para o domínio do modelo no *Modflow*. A região norte da área de estudo é composta por morros graníticos de alta elevação, com cotas aproximadas de 150 metros, e na região sul encontra-se o mangue do rio Tavares, no seu exultório junto ao mar.

A partir das informações disponibilizadas pelo projeto executivo e operacional, foi estabelecido a divisão da área 6 em 4 partes, com aproximadamente 2,5 hectares cada, com ciclos alternados entre as áreas com a dinâmica de 1 dia ligado e 3 de descanso.

Cabe destacar que foi realizada a simulação de fluxo (aplicação) para as vazões de 75 L/s e de 50 L/s, considerando a premissa de 1 dia ligado e 3 de descanso para cada uma das 4 subdivisões dentro da área 6. Porém, a modelagem de transporte de efluente foi modelada apenas para a vazão de 75 L/s. Essa simulação de fluxo permitiu observar que a área em estudo, ao longo das aplicações de aspersão e conforme parâmetros adotados, perde completamente sua capacidade de infiltração, passando a reger o escoamento superficial.

Assim, considerando os piezômetros simulados (PZ03, PZ04 e PZ05), obteve-se os seguintes resultados: para 75 L/s o solo atinge sua saturação completa em 49 dias, 100 dias e 300 dias, considerando o PZ03, PZ04 e PZ05, respectivamente. Enquanto para a vazão de 50 L/s, o solo atinge sua saturação máxima, para o PZ03, PZ04 e PZ05 em 95 dias, 130 dias e 380 dias, respectivamente. Sendo assim, o modelo simulado com a vazão de 75L/s alternados diariamente na área 6, apontou que a capacidade dos estratos associados com o regime hidrogeológico existente na região, não satisfazem plenamente a situação ideal de um rebaixamento nos ciclos de descanso.

Ainda, os elementos presentes no efluente que foram simulados são: Nitrogênio Total Kjeldhal (NKT), Nitrato ( $\text{NO}_3$ ), hidróxido de amônia ( $\text{NH}_3$ ), Fósforo total, Coliformes Fecais e DBO. Na simulação não foi considerado reações químicas de retardamento como biodegradação, oxi-redução ou decaimento.

Em relação aos resultados obtidos pela simulação do transporte de cada elemento presente no efluente tratado, o modelo demonstrou que todos os elementos chegam ao afluente do rio Tavares, que vem do Norte, passando próximo da ETE, porém, quando alcança o corpo hídrico superficial, as concentrações são mínimas. A simulação demonstrou que para a Amônia, precisam de cerca de 90 dias para que o elemento possa chegar neste corpo hídrico, o Nitrato leva cerca de 120 dias, já os elementos Fósforo Total, Coliformes Fecais e Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), leva entre 90 e 120 dias e o Nitrogênio Total Kjeldhal chega, em cerca de 200 dias.

Junto à pesquisa realizada ao Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS), do Sistema Geológico do Brasil (CPRM) é localizado poço tubular que dista cerca de 1,01 km da área de estudo, não sendo informada a sua situação e sua destinação de uso. Ressalta-se que a partir dos modelos simulados, a pluma de efluente não atinge o poço.

## 6 ANÁLISE MULTICRITÉRIO E ESCOLHA DA MELHOR ALTERNATIVA

## 6 ANÁLISE MULTICRITÉRIO E ESCOLHA DA MELHOR ALTERNATIVA

Em uma proposição inicial de alternativas foram consideradas mais de 40 (quarenta) alternativas de disposição em diferentes locais, que contemplaram: canais de drenagem, corpos hídricos superficiais, disposição no solo e reúso. Como critérios básicos para a triagem inicial das alternativas foram considerados: localização (distância da ETE, áreas urbanizadas, etc.), condições topográficas/altimétricas, disponibilidade hídrica, capacidade de drenagem das áreas, cobertura vegetal, dentre outros. Destas, foram então selecionadas 9 (nove) alternativas que se mostraram mais adequadas, sendo elas:

- Alternativa 1: Lançamento no Rio Tavares - Ponto R-2;
- Alternativa 2: Lançamento nos Canais de Drenagem - Ponto C-10;
- Alternativa 3: Lançamento nos Canais de Drenagem - Ponto C-11;
- Alternativa 4: Lançamento nos Canais de Drenagem - Ponto C-13;
- Alternativa 5: Aspersão do Efluente;
- Alternativa 6: Reúso Potável Indireto;
- Alternativa 7: Reúso Potável Direto;
- Alternativa 8: Reúso para fins de Manutenção de Vazão;
- Alternativa 9: Aspersão do Efluente (4 Áreas).

Uma vez elencadas as alternativas viáveis para a disposição final do efluente doméstico tratado do SES Rio Tavares, torna-se necessário proceder com o ordenamento destas alternativas, para fins de escolha da melhor.

As decisões devem ser tomadas com base na avaliação de múltiplos objetivos, na participação de múltiplos atores e sob a influência de vários critérios por vezes conflitantes. Além do critério econômico, outros critérios devem ser ponderados (legais, técnicos, ambientais e sociais). Quando os problemas se tornam complexos e quando as consequências de uma escolha podem trazer grandes impactos financeiros, ambientais ou estratégicos, é necessário se tomar decisões com o auxílio de ferramentas que possam classificar, e auxiliar de forma coerente e consistente à tomada de decisão.

Em tal contexto, a metodologia de Apoio Multicritério à Decisão (AMD) ajuda a retratar as situações complexas pelo uso de modelos que permitam uma melhor compreensão da realidade. Consiste em um conjunto de métodos e técnicas para auxiliar na tomada de decisões, na presença de uma multiplicidade de critérios. Estes métodos atuam sob a forma de auxílio à decisão e buscam representar o mais fielmente possível as preferências do decisor. Esta metodologia baseia-se na Teoria da Utilidade Multiatributo (MAUT - Multiattribute Utility Theory) e pressupõe que a todo critério pode ser associado um valor que será utilizado no cálculo global de cada alternativa, permitindo a comparação e ordenação destas alternativas.

Desta forma, no item 6.1 a seguir, é apresentado os conceitos principais do sistema de AMD e a matriz de decisão proposta para o estudo, esses serão a base para o ordenamento das alternativas elencadas anteriormente e irão auxiliar na escolha da alternativa para o sistema de Tratamento e Disposição Final dos esgotos domésticos tratados da região do Rio Tavares (Sul da Ilha).

### 6.1 Metodologia

A metodologia escolhida foi basicamente apresentada na publicação “Selección de Tecnologías Para el Tratamiento de Aguas Residuales Municipales - Guia de Apoyo para Ciudades Peouenas Y Medianas”, de Adalberto Noyola, Juan Manuel Morgan-Sagastume, e Leonor Patricia Güereca, cuja primeira edição foi publicada em 2013 pelo Instituto de Ingeniería da Universidad Nacional Autónoma de México. Algumas alterações foram feitas para tornar o método mais ajustado ao caso em pauta. Basicamente, o método trabalha com

critérios, subcritérios e pesos, considerando as dimensões ambiental, tecnológica, econômica e social.

A técnica de avaliação proposta para ajudar na escolha da melhor alternativa, é baseado em uma matriz de decisão. Nesta matriz são correlacionados os diferentes aspectos que podem ser avaliados no processo de disposição do efluente tratado sob uma determinada circunstância de aplicação, atribuindo avaliações em várias áreas de acordo com os critérios do(s) avaliador(es). Os itens recebem uma ponderação de acordo com a sua importância, dependendo de cada caso de avaliação. Esta técnica permite que uma avaliação qualitativa tenda a ser mais objetiva para todos os envolvidos, além de garantir que quanto mais treinados e especializados são os participantes na definição dos valores de ponderação e as classificações dos processos, mais confiável será a decisão tomada por meio da matriz. A matriz de decisão proposta considera, e pondera ao tomar a decisão, os seguintes critérios: Aceitação da Comunidade, Meio Ambiente, Custos e Construção e Operação.

### 6.1.1 Critérios e Subcritérios Considerados na Matriz de Decisão

Neste item foram mantidas as numerações originais, pela correspondência com as linhas da Matriz de Decisão dividindo as porcentagens em  $\frac{1}{4}$  (um quarto) do total entre as seguintes questões: aceitação da comunidade, meio ambiente, custo e construção/operação.

#### ✓ **1 ACEITAÇÃO DA COMUNIDADE (Peso 25)**

Este item, em alguns casos, pode ser o fator decisivo para a construção ou não do sistema de tratamento e disposição final de esgoto. Uma obra como esta, deve ser aceita pelos diversos atores envolvidos (população, vizinhança, etc.). As estratégias de comunicação do projeto desde os estágios iniciais, são essenciais para ter sucesso a este respeito.

Para esse critério foram considerados os estudos socioeconômicos desenvolvidos para o estudo e apresentados em relatório específico (RT20), os estudos e levantamentos se deram através de dados primários e secundários na região de abrangência - Rio Tavares.

#### ✓ **2 MEIO AMBIENTE (Peso 25)**

Os tipos e as quantidades de resíduos sólidos, líquidos ou gasosos gerados por um sistema de tratamento se assemelham entre todas as alternativas, levando em consideração o mesmo tratamento. Todavia, há especificidades entre as alternativas que foram consideradas através da consideração dos seguintes subcritérios:

##### – 2.1 Impactos sobre a UC

As Unidades de Conservação, protegidas pela Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, conhecida pela Lei do SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza, foram consideradas como forma de avaliar os impactos das diversas formas, direta e indiretamente, que influenciarão na qualidade ambiental causada pela ação antrópica dentro da UC. No caso da área de abrangência do estudo, a UC de interesse inserida na área do estudo é a Reserva Extrativista Marinha do Pirajubaé– Conhecida como Resex Pirajubaé. Este item irá considerar a localização da alternativa e sua influência direta e indireta na Reserva, ou seja, quanto mais próxima a Resex Pirajubaé, pior será a avaliação da alternativa.

##### – 2.2 Complexidade do Licenciamento Ambiental

Dependendo da alternativa, a complexidade do processo de licenciamento ambiental poderá variar, assim como o tempo necessário para a obtenção do mesmo e os órgãos governamentais envolvidos no processo. Neste subcritério serão analisados os procedimentos, documentos e estudos complementares solicitados pelos órgãos que estarão envolvidos no licenciamento a depender da alternativa avaliada.

##### – 2.3 Impactos sobre os Recursos Hídricos

Um compromisso básico para a gestão ambiental é o atendimento aos requisitos legais e outros requisitos subsequentes ao lançamento do efluente. Este requisito foi definido como necessidades e expectativas do comportamento do efluente após o lançamento no ponto previsto para cada alternativa, conforme a especificação de cada ponto. As informações básicas que subsidiarão esse subcritério foram os resultados das modelagens da qualidade da água desenvolvidas especificamente para o estudo (modelagens superficiais e subterrâneas).

– 2.4 Alteração Paisagística

As alterações paisagísticas causam efeitos ao modificar os aspectos visuais e a dinâmica natural do ambiente, portanto este subcritério irá considerar os impactos sobre a paisagem local desde a implantação da alternativa até seu funcionamento. Ou seja, alterações causadas na paisagem local advinda das obras de implantação, supressão vegetal, construção das edificações como exemplo a(s) estação(ões) elevatória(s), caminhamento de emissários, integração com a arquitetura da região e da paisagem local. Ressalta-se que o projeto arquitetônico da planta da ETE é o mesmo para todas as alternativas, desta forma este subcritério não irá considerar a área da ETE.

✓ 3) Custo (Peso 25)

Considera-se todos os custos na análise financeira do projeto, é sem dúvida a prática adequada para apoiar a seleção do sistema, já que se determina o custo real por metro cúbico tratado e disposto. Isso deve envolver, não apenas os valores de investimento necessários, mas também os custos de operação e manutenção no horizonte de vida útil da planta a ser construída. A base para esse critério serão os levantamentos dos custos já desenvolvidos no relatório anterior (RT21), os quais serão avaliados através dos seguintes subcritérios:

– 3.1 Investimento

Este critério é às vezes difícil de pesar na tomada de decisão, pois geralmente é baseado em considerações "não relacionadas" ao sistema de tratamento e disposição final das águas residuais que está sendo avaliado, como são a disponibilidade de recursos do cliente ou usuário para a realização do projeto, o custo do dinheiro, possibilidade de obtenção de financiamento, e até oferta de financiamento pela empresa que realizará o projeto. Geralmente, este tem sido o principal fator na seleção de um processo de tratamento e disposição final para o efluente, pois às vezes, no meio municipal, essas decisões são tomadas com critérios de curto prazo. É comum que um processo com custos de investimento mais elevados seja descartado no processo decisório, embora tecnicamente possa ser superior ao escolhido, ou mesmo mais econômico na operação e manutenção, o que teria representado uma melhor opção em um horizonte de longo prazo, idealmente sua vida útil. Os custos de uma região para outra podem variar consideravelmente devido ao custo da mão de obra, despesas de envio e outras relacionadas ao transporte de equipamentos e materiais, bem como às diferenças nos preços de materiais de construção e equipamentos adquiridos localmente ou importados. O custo total do investimento considera a soma do capital fixo, mais o capital de giro. Capital fixo é o custo necessário para a construção do sistema, igual à soma dos custos diretos e mais os indiretos. O custo direto é igual à soma dos custos de materiais, equipamentos e mão de obra para construir sistema (ETE + emissário), que representa entre 70 a 85% de capital fixo. Os custos indiretos envolvem aspectos como engenharia e supervisão, despesas que apoiam a construção, como a aquisição de equipamentos temporários, abertura de estradas temporárias, construção de cabines temporárias para funcionários etc. Capital de giro é o capital necessário para dar partida no sistema de tratamento e disposição final, podendo representar cerca de 10% do capital total.

– 3.2 Operação e Manutenção

Atualmente, destaque especial deve ser dado a este item, tendo em vista as frequentes faltas dos recursos econômicos enfrentados pelos operadores do sistema de água e saneamento, na região da América Latina. Os cortes de orçamento ocorrem frequentemente, principalmente no caso de sistemas de tratamento de efluentes e disposição final. Deve-se incluir um critério de decisão mais importante do que o custo do investimento inicial, já que no curto prazo, um sistema operacional caro, acima da capacidade de pagamento do usuário, será abandonado. Este critério envolve a análise dos seguintes custos: custos com insumos, energia, despesas administrativas e de pessoal, peças de reposição e material de manutenção.

✓ 4) PROJETO E OPERAÇÃO (Peso 25)

Sob este título foram agrupados os aspectos dos critérios de projeto, experiência do contratante, tecnologia comprovada, e complexidade de construção e equipamentos.

– 4.1 Maturidade da tecnologia

Este item refere-se à existência de sistemas de tratamento e disposição final no país, na região ou no mundo, que gerenciam sistemas semelhantes ao que está sendo proposto. Este fato dará maior confiança quanto à aceitação e aplicabilidade do sistema de tratamento. Nesse sentido, as informações sobre os sistemas que estão operando servem para prever o funcionamento futuro do sistema proposto e garante uma base mínima de experiência operacional e solução de problemas.

– 4.2 Complexidade de construção e equipamentos

Um complexo trem de tratamento e de disposição, com muitos equipamentos e altamente instrumentado pode requerer mais tempo para sua construção, instalação e comissionamento. A construção de longos emissários, sejam terrestres ou poços de infiltração, também irão requerer tempo. Materiais e equipamentos podem não serem encontrados no país e será necessário importá-los. Todos estes fatores afetarão direta e negativamente na complexidade da construção da alternativa escolhida.

– 4.3 Confiabilidade do processo

Este critério leva em consideração a segurança de uma operação contínua durante a qual o processo pode fornecer efluente de forma consistente com a qualidade necessária, sem qualquer falha operacional ou processo unitário, ou que haja a deterioração de qualquer equipamento-chave para seu correto funcionamento; é uma apreciação de sua robustez.

– 4.4 Complexidade de operação

Esse aspecto é muito importante, pois muitas vezes tem sido o motivo para o abandono de um sistema. É necessário estabelecer o grau de complexidade dos processos em sua operação sob condições normais e adversas. Desta forma, o perfil e o número do pessoal necessário podem ser estabelecidos para a operação do sistema. Um sistema com muitos motores ou por exemplo com mais de uma forma de disposição envolvida, exigirá vários operadores e pessoal qualificado para seu controle, bem como maiores requisitos de manutenção. Por outro lado, um sistema altamente equipado terá um investimento inicial significativo e exigirá menos pessoal, mas treinado em um grau maior.

## 6.1.2 Matriz de Decisão

A Matriz de Decisão é apresentada Quadro 6.1, a seguir. Como pode ser visto na apresentação dos itens considerados, existem conceitos agrupados sob um título e conceitos dependentes. O fato de designar um conceito como independente ou incorporá-lo em um item depende da importância dada a cada conceito sobre a estrutura de um determinado projeto. A presente estruturação dos conceitos na matriz é uma proposta,

pensada para abranger um maior número de projetos. A matriz consiste em 5 colunas (A, B, C, D, E) e 14 linhas úteis.

A coluna A apresenta os valores de ponderação adotados neste trabalho, para os vários itens a serem avaliados a partir do projeto, que são identificados na coluna B. Estes são avaliados para cada proposta técnica com uma classificação que é inserida na coluna C. A soma dos valores ponderados definidos na coluna A deve ser 100. Os valores na coluna A devem ser definidos em comum acordo entre as pessoas que participarão do preenchimento, considerando a importância de cada item nas condições específicas de cada projeto. Eventualmente, alguns deles podem receber um valor zero, quando o item correspondente não implica uma diferença entre as tecnologias avaliadas ou é uma questão totalmente verificada. Esses valores de ponderação devem permanecer constantes para cada caso, independentemente qual sistema está sendo avaliado. Na coluna C, cada item e subitem na coluna B, é avaliado atribuindo um valor zero quando o aspecto avaliado não se aplica, 1 quando o processo obedece mal ao aspecto, 3 quando atende o aspecto adequadamente e 5 quando o processo atende o aspecto avaliado muito bem ou excelente. Na coluna D, a classificação atribuída a cada item (coluna C) é dividida pela classificação que eles podem obter (isto é, 5), exceto para as caixas 2.5D, 3.3D, e 4.5D, uma vez que isso já foi feito a partir das classificações dos subtítulos, de acordo com as instruções na própria matriz. Na coluna E, multiplique o valor de cada linha na coluna D pelo valor ponderado de coluna A e finalmente todas as linhas da coluna E são adicionadas para obter o grau geral (caixa 5 E) do processo avaliado nas condições ponderadas na coluna A. O processo que obtiver a qualificação mais alta será selecionado.

Quadro 6.1: Proposição da Matriz para Tomada de Decisão

#	A %	B PROCESSO AVALIADO: ITENS AVALIADOS	C QUALIFICAÇÃO 0= não se aplica 1= deficiente 3=adequado 5=muito bom	D C/5 (Exceto nas linhas 2.5, 3.3, e 4.5)	E D*A
1	25	<b>ACEITAÇÃO DA COMUNIDADE</b>			
2	25	<b>MEIO AMBIENTE</b>			
2.1		Impactos sobre a UC			
2.2		Complexidade do Licenciamento Ambiental			
2.3		Impactos sobre os Recursos Hídricos			
2.4		Alteração Paisagística			
2.5		<b>Adicione as caixas 2.1C, 2.2C, 2.3C e 2.4C e dividido o total por 25. Escreva o resultado na caixa 2.5D</b>			
3	25	<b>CUSTO</b>			
3.1		Investimento			
3.2		Operação e Manutenção			
3.3		<b>Adicione as caixas 3.1C e 3.2C e dividido o total por 25. Escreva o resultado na caixa 3.3D</b>			
4	25	<b>PROJETO E OPERAÇÃO</b>			
4.1		Maturidade da Tecnologia			
4.2		Complexidade de Construção e Equipamentos			

#	A	B	C	D	E
	%	PROCESSO AVALIADO: ITENS AVALIADOS	QUALIFICAÇÃO 0= não se aplica 1= deficiente 3=adequado 5=muito bom	C/5 (Exceto nas linhas 2.5, 3.3, e 4.5)	D*A
4.3		Confiabilidade do Processo			
4.4		Complexidade da Operação			
4.5		<b>Adicione as caixas 4.1C, 4.2C, 4.3C e 4.4C e dividido o total por 25. Escreva o resultado na caixa 4.5D</b>			
5	100	<b>ADICIONE OS VALORES NA COLUNA E DIGITE O RESULTADO NA CAIXA 5E</b>			

## 6.2 Resultados

Neste item, serão apresentadas as matrizes de decisão preenchidas para cada alternativa considerada. Todas as alternativas têm a sua matriz de decisão preenchida, conforme os itens descritos anteriormente, porém, para uma melhor visualização, o Quadro 6.3 apresenta os resultados integrados.

Quadro 6.2: Resultados da Matriz para Tomada de Decisão

A		B	Alternativa		Alternativa		Alternativa		Alternativa		Alternativa		Alternativa		Alternativa		Alternativa			
%	#	PROCESSOS AVALIADOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	6		7		8		9		
			Lançamento no Rio Tavares - Ponto R-2	Lançamento nos Canais de Drenagem - Ponto C-10	Lançamento nos Canais de Drenagem - Ponto C-11	Lançamento nos Canais de Drenagem - Ponto C-13	Aspersão do Efluente (2 área) + Lançamento no Rio Tavares	Reúso Potável Indireto	Reúso Potável Direto	Reúso para fins de Manutenção de Vazão	Aspersão do Efluente (4 área) + Lançamento no Rio Tavares									
25	1	ACEITAÇÃO DA COMUNIDADE	1,00	<b>5,00</b>	5,00	<b>25,00</b>	4,00	<b>20,00</b>	2,50	<b>12,50</b>	2,00	<b>10,00</b>	3,00	<b>15,00</b>	3,00	<b>15,00</b>	2,50	<b>12,50</b>	2,00	<b>10,00</b>
25	2	MEIO AMBIENTE	<b>2,13</b>	<b>10,63</b>	<b>3,63</b>	<b>18,13</b>	<b>3,69</b>	<b>18,44</b>	<b>3,38</b>	<b>16,88</b>	<b>2,50</b>	<b>12,50</b>	<b>2,25</b>	<b>11,25</b>	<b>3,13</b>	<b>15,63</b>	<b>3,13</b>	<b>15,63</b>	<b>2,38</b>	<b>11,88</b>
	2.1	Impactos sobre a UC	1,00	-	4,00	-	3,50	-	3,00	-	2,50	-	3,50	-	5,00	-	3,00	-	2,50	-
	2.2	Complexidade do Licenciamento Ambiental	1,50	-	4,00	-	3,75	-	3,50	-	2,50	-	2,00	-	1,00	-	3,25	-	2,25	-
	2.3	Impactos sobre os Recursos Hídricos	1,00	-	4,50	-	5,00	-	4,00	-	1,50	-	2,50	-	2,50	-	2,00	-	1,50	-
	2.4	Alteração Paisagística	5,00	-	2,00	-	2,50	-	3,00	-	3,50	-	1,00	-	4,00	-	4,25	-	3,25	-
25	3	CUSTO	<b>5,00</b>	<b>25,00</b>	<b>4,13</b>	<b>20,63</b>	<b>4,29</b>	<b>21,43</b>	<b>4,52</b>	<b>22,60</b>	<b>4,89</b>	<b>24,45</b>	<b>1,88</b>	<b>9,38</b>	<b>0,22</b>	<b>1,08</b>	<b>4,57</b>	<b>22,85</b>	<b>4,89</b>	<b>24,43</b>
	3.1	Investimento	5,00	-	3,30	-	3,62	-	4,09	-	4,84	-	0,00	-	0,43	-	4,19	-	4,83	-
	3.2	Operação e Manutenção	5,00	-	4,95	-	4,95	-	4,95	-	4,94	-	3,75	-	0,00	-	4,95	-	4,94	-
25	4	PROJETO E OPERAÇÃO	<b>4,25</b>	<b>21,25</b>	<b>4,06</b>	<b>20,31</b>	<b>4,19</b>	<b>20,94</b>	<b>4,44</b>	<b>22,19</b>	<b>2,75</b>	<b>13,75</b>	<b>1,50</b>	<b>7,50</b>	<b>1,25</b>	<b>6,25</b>	<b>4,38</b>	<b>21,88</b>	<b>2,88</b>	<b>14,38</b>
	4.1	Maturidade da Tecnologia	2,00	-	5,00	-	4,50	-	4,50	-	3,00	-	2,00	-	1,00	-	4,50	-	4,00	-
	4.2	Complexidade de Construção e Equipamentos	5,00	-	3,75	-	4,00	-	4,25	-	2,00	-	1,50	-	1,00	-	4,50	-	2,00	-
	4.3	Confiabilidade do Processo	5,00	-	3,50	-	4,00	-	4,50	-	2,50	-	1,50	-	1,00	-	4,50	-	2,25	-
	4.4	Complexidade da Operação	5,00	-	4,00	-	4,25	-	4,50	-	3,50	-	1,00	-	2,00	-	4,00	-	3,25	-
100		<b>NOTA FINAL</b>		<b>61,88</b>		<b>84,06</b>		<b>80,80</b>		<b>74,16</b>		<b>60,70</b>		<b>43,13</b>		<b>37,95</b>		<b>72,85</b>		<b>60,68</b>

O quadro a seguir resume os resultados obtidos, a partir da aplicação das matrizes de decisão, para as alternativas estudadas.

Quadro 6.3: Resumo da Aplicação da Matriz para as 9 (nove) Alternativas Estudadas

Alternativa	Nota	Ranking
Alternativa 1: Lançamento no Rio Tavares - Ponto R-2	61,88	5ª
Alternativa 2: Lançamento nos Canais de Drenagem - Ponto C-10	84,06	1ª
Alternativa 3: Lançamento nos Canais de Drenagem - Ponto C-11	80,80	2ª
Alternativa 4: Lançamento nos Canais de Drenagem - Ponto C-13	74,16	3ª
Alternativa 5: Aspersão do Efluente	60,70	6ª
Alternativa 6: Reúso Potável Indireto	43,13	8ª
Alternativa 7: Reúso Potável Direto	37,95	9ª
Alternativa 8: Reúso para fins de Manutenção de Vazão	72,85	4ª
Alternativa 9: Aspersão do Efluente (4 Áreas)	60,68	7ª

Com isso o objetivo do uso desta análise multicritério foi alcançado. A seguir são listadas as alternativas por ordem de colocação:

- Alternativa 2: Lançamento nos Canais de Drenagem - Ponto C-10
- Alternativa 3: Lançamento nos Canais de Drenagem - Ponto C-11
- Alternativa 4: Lançamento nos Canais de Drenagem - Ponto C-13
- Alternativa 8: Reúso para fins de Manutenção de Vazão
- Alternativa 1: Lançamento no Rio Tavares - Ponto R-2
- Alternativa 5: Aspersão do Efluente
- Alternativa 9: Aspersão do Efluente (4 Áreas)
- Alternativa 6: Reúso Potável Indireto
- Alternativa 7: Reúso Potável Direto

Comparando as notas entre as alternativas, as 3 primeiras alternativas da ordenação (2, 3 e 4) aparecem em destaque como sendo as melhores alternativas, seguida da alternativa 8 e 1.

## 7 DETALHAMENTO DA ALTERNATIVA ESCOLHIDA

## 7 DETALHAMENTO DA ALTERNATIVA ESCOLHIDA

Os estudos realizados para a seleção da melhor alternativa para a condução e disposição final do efluente tratado pela ETE da Região do Rio Tavares concluíram pela indicação da Alternativa 2, conforme já mencionado no item anterior.

Esta alternativa contemplará satisfatoriamente a disposição do efluente desta parte do município de Florianópolis onde são encontrados os diversos tipos aglomerados urbanos bem como importantes infraestruturas viárias. A forte presença de áreas de vegetação protegida e de atividades econômicas (turismo e pesca) demandam soluções de saneamento que estão contempladas na Alternativa 2, adiante detalhada.

Importante ressaltar que os desenhos relacionados ao detalhamento da alternativa escolhida podem ser visualizados no apêndice digital VI.

### 7.1 Características Gerais da Alternativa Escolhida

A alternativa escolhida (Alternativa 2) foi embasada nos estudos e produtos anteriores (Relatórios do Estudo de Alternativas I e II - RT 21 e 22) e também no projeto da ETE Rio Tavares desenvolvido anteriormente pela CASAN. Já estava definido o nível de tratamento e o ponto de saída do efluente tratado, bem como o horizonte de projeto de 20 anos e uma vazão de 200 L/s para final de plano.

No decorrer do presente estudo a CASAN reconsiderou as vazões de projeto frente à possibilidade futura de haver a necessidade de tratamento e lançamento de até 500 L/s (vazão média diária) o que resultaria numa vazão máxima diária de 900 L/s. Diante desta nova diretriz da CASAN o projeto foi revisado conforme indicado ao longo deste documento.

A concepção desta alternativa prevê que o efluente, depois de tratado, será encaminhado para a Estação Elevatória de Esgoto Tratado (a ser implementada), a partir de onde será bombeado até um ponto do Canal C-10, localizado próximo à ciclovia da rodovia Gov. Aderbal Ramos da Silva (Via Expressa Sul), nas proximidades da praça de esportes Aldo Silva. O desenho apresentado no item 5 mostra a localização das obras e caminhamento da tubulação (emissário).

### 7.2 Descrição Geral e Principais Dispositivos

A forma de disposição final do efluente tratado do SES da região do Rio Tavares preconizada nesta alternativa é o seu lançamento no canal de drenagem da baía sul, no Canal C-10 descrito anteriormente. O local de lançamento fica a cerca de 7,120 km do ponto de descarga da ETE. O caminhamento da tubulação de condução (emissário) segue a ao longo da estrada de acesso à ETE além de trecho da margem norte da Via Expressa Sul, atravessa o complexo viário sob as pistas, percorre a margem Leste da ciclovia e atravessa diversos canais e cursos d'água.

A solução de condução de efluente envolverá a utilização tubulações de polietileno e de ferro fundido, de acordo com o tipo de terreno e solicitação hidráulica das infraestruturas. Também fazem parte da tubulação de condução válvulas e equipamentos para permitir o controle a segurança do sistema.

O efluente tratado na ETE será conduzido por gravidade até a Estação Elevatória a ser construída na face Leste da ETE, após o efluente passar por todos os tratamentos e permitir sua condução até o local de disposição final. Na elevatória os efluentes serão bombeados e, a partir daí, conduzidos através de uma tubulação (emissário) até um ponto do Canal C-10 situado entre a ciclovia e a baía, onde ocorrerá a disposição final. Tal canal de drenagem está localizado a cerca de 150 m a Oeste da Praça de Esportes Aldo Silva e desemboca no Saco dos Limões/Baía Sul. O ponto de desemboque da tubulação fica ao lado da ciclovia Saco dos Limões, a cerca de 80 m da foz.

Além da Estação Elevatória e da tubulação de condução (emissário) também fazem parte do sistema um extravasor (“by pass”) antes da entrada da elevatória, acoplado a uma tubulação até o rio Tavares (corpo receptor emergencial).

Ainda, a CASAN solicitou a inclusão no presente estudo as futuras vazões decorrentes da provável ampliação do sistema de tratamento ora em implantação. Tais vazões poderão alcançar uma vazão máxima diária da ordem de 900 L/s.

Pelo exposto, o sistema de bombeamento e condução de efluentes tratados previsto na versão inicial deste estudo com capacidade para uma vazão média de 200 L/s passará a demandar uma elevatória e tubulação de condução (emissário) com capacidade para 900 L/s.

O novo sistema, decorrente da solicitação da CASAN, deverá atender a vazão máxima da ETE ora em implantação (305 L/s) com verificação para a vazão máxima de bombeamento (375 L/s) bem como as vazões provenientes da futura ETE. Assim, a vazão total a ser bombeada e conduzida até o Canal C-10 será da ordem de 900 L/s.

O efluente tratado na ETE será captado na caixa de saída da estrutura de Desinfecção por UV e conduzido através de tubulação de PRFV DN 700 mm até o lado Leste da ETE onde será instalada Estrutura de “By Pass” e a Estação Elevatória.

O tubo a ser instalado no interior da ETE será assentado na cota  $\pm 1,20$  e terá entrada livre. Na boca de entrada do tubo existente na mesma caixa deverá ser instalada uma comporta quadrada plana (ou uma adufa) com abertura de 700 mm com a finalidade de isolar tal tubulação para eventuais operações na ETE.

Antes de alcançar a elevatória o efluente tratado passará por uma estrutura (caixa) de “by pass” que receberá as vazões da ETE atual e da ETE futura. Em tal caixa será instalado um vertedor de base estreita para desviar as vazões (em situações de emergência) de ambas as ETEs e da elevatória. Na mesma caixa serão instaladas duas comportas quadradas planas (com #800mm) para direcionar o fluxo ao poço de sucção. No caso de falha da elevatória a vazão passará pelo vertedor e será conduzida por gravidade até o corpo receptor emergencial (rio Tavares) através de tubulação específica para este fim.

### 7.3 Condução dos Efluentes Tratados

Cabe aqui salientar que a implantação da ETE se encontrava paralisada por ocasião do detalhamento da alternativa de lançamento escolhida. Assim, embora o projeto da ETE possa não ter sofrido alterações até a presente data, sofrerá alguma alteração no que concerne à interface com a Estação Elevatória de esgoto tratado, notadamente na caixa de recepção do efluente tratado, a jusante do tratamento por UV. Neste caso os projetos deverão ser ajustados antes do início das obras do sistema de condução dos efluentes tratados.

Conforme antes mencionado, a condução dos efluentes tratados desde a ETE até o ponto C-10 junto ao Saco do Limão será realizada através de uma tubulação de condução (emissário) após bombeamento pela Estação Elevatória.

#### 7.3.1 Localização e Concepção da Estação Elevatória

O local previsto para a implantação da Estação Elevatória fica junto ao limite Leste da ETE, a 35 metros da caixa de saída da Desinfecção por UV. Eventuais ajustes na localização definitiva da elevatória não implicarão em modificações significativas na alternativa aqui detalhada para a condução dos efluentes tratados embora possa demandar uma revisão deste Projeto, notadamente no que concerne às elevações e extensão da tubulação de condução (emissário).

A tubulação de condução do efluente tratado desde a Desinfecção até a caixa de “by pass” será de PRFV com DN 700 mm (tubo igual ao previsto no projeto da ETE). Segue na direção Leste por cerca de 30 m até ultrapassar a via interna e alcançar a caixa de “by pass”

a qual estará conectada à Estação Elevatória. A caixa de “by pass” receberá também as vazões provenientes da futura ETE que será, possivelmente, implantada a Leste da ETE atual. A elevação do terreno no local escolhido é da ordem de 3.0 m.

A tubulação de condução da descarga da elevatória seguirá na direção Sul por cerca 60 m de onde irá para Oeste por cerca de 65 m (até ultrapassar a via de acesso à ETE) para, então, seguir em direção ao receptor (Canal C-10) ao longo da estrada de acesso à ETE, vias expressas e ciclovia.

Levando-se em conta as condições operacionais da ETE no ponto de saída dos efluentes tratados (vazão e elevações do local de descarga), optou-se por uma Estação Elevatória de Poço Úmido equipada com bombas submersíveis. Isto se deve ao fato de envolver obras de execução simples e largamente utilizadas em sistemas de esgotamento sanitário e que apresenta facilidades para eventuais ajustes às necessidades futuras da ETE.

Em linhas gerais, consiste de uma estrutura de concreto, com forma geral de caixa, enterrada, para onde são conduzidos por gravidade os efluentes tratados. Nessa estrutura são instaladas as bombas submersíveis e os equipamentos acessórios.

Para a manutenção das bombas foi prevista a instalação de monovia sobre o eixo das bombas. Esta monovia deverá estar situada a uma altura suficiente para as operações de colocação e retirada dos equipamentos e, ao mesmo tempo, permitir a utilização alternativa de guindaste (caminhão munk). Foi previsto espaço suficiente para o trânsito do caminhão entre o poço de sucção e a caixa de manobra dos equipamentos dos barriletes.

À medida que os efluentes entram na caixa (poço de sucção), o nível de líquido vai subindo, sendo controlado por sensores de nível que, por sua vez, estarão conectados às chaves de comando equipadas com inversores de frequência. O ajuste dos sensores de nível fará com que as vazões das bombas sejam aumentadas ou diminuídas, conforme os níveis previamente ajustados, permitindo o bombeamento dos efluentes para a tubulação de condução (emissário). A operação deste tipo de estação elevatória é automatizada, relativamente simples e controlada.

### 7.3.2 Condições Operacionais para Seleção dos Equipamentos

As bombas submersíveis preconizadas para este projeto devem apresentar características de fabricação e operação adequadas à utilização em infraestruturas de esgotamento sanitário, além de serem adaptáveis a variações de níveis na alimentação, oscilações de vazão e operarem com pequenas alturas de recalque.

Essas bombas foram selecionadas a partir de três parâmetros principais: a vazão, as características da tubulação (diâmetro e extensão) e o desnível geométrico a ser vencido. Tal desnível, acrescido da soma das perdas de carga lineares e localizadas, representa a altura manométrica total (AMT), ou seja, a pressão a ser fornecida pela bomba.

Para a nova situação de projeto, depois de consideradas as solicitações da CASAN, as vazões a serem bombeadas e conduzidas podem ser assim caracterizadas:

- vazão média diária (200 L/s) e vazão máxima diária em final de plano (horizonte de 20 anos de projeto): 305 L/s;
- vazão máxima de bombeamento (esgoto bruto) para a ETE atual: 375 L/s;
- vazão máxima diária a partir da ampliação de tratamento (nova ETE): 900 L/s.

Presume-se que durante o período de plano da ETE atual a vazão na Estação Elevatória oscilará entre 200 L/s até, excepcionalmente, 305 L/s. Para este período bastariam duas bombas com capacidade de até 305 L/s ( $\pm 1.100 \text{ m}^3/\text{h}$ ) operando de forma alternada e equipadas com inversores de frequência.

Para as vazões durante os períodos posteriores ao horizonte de 20 anos, que poderão alcançar 900 L/s, serão necessárias três bombas com capacidade individual de 300 L/s ( $\pm 1.080 \text{ m}^3/\text{h}$ ) operando de forma contínua. Neste caso será necessário haver uma quarta

bomba que funcionará de forma alternada com as outras e que servirá também de bomba reserva.

Assim, a Estação Elevatória terá quatro bombas com capacidade máxima de 300 L/s. Até o final de plano da ETE existente bastará instalar duas bombas. As outras duas poderão ser instaladas por ocasião da implantação da nova ETE.

Os níveis operacionais (cotas) do efluente na interface da Estação Elevatória com a saída da ETE são os seguintes:

- cota de fundo da desinfecção com UV: 3,00 m;
- nível da água na caixa de saída da desinfecção com UV: 2,46 m;
- diâmetro da tubulação de condução de saída da ETE: 700 mm (PRFV; igual à tubulação prevista);
- cota da geratriz inferior da tubulação de até a caixa de “by pass”: 1,20 m;
- cota da geratriz inferior da tubulação na entrada da caixa do “by pass”: ≈1,15 m;
- nível máximo do efluente na caixa do “by pass”: 2,46 m;
- lâmina de água no vertedor do “by pass”: 0,30 m;
- nível máximo do efluente no poço de sucção: 2,16 m.

Para uma operação adequada das bombas estipulou-se que deverá haver um volume útil no poço de sucção suficientemente grande para que o tempo entre eventuais partidas manuais das bombas não seja menor que 15 minutos. Assim, na hipótese de uma vazão de entrada igual a 900 L/s o volume útil será:

$$V_u \text{ (m}^3\text{)} = 15' \times 60'' \times 0,90 \text{ m}^3/\text{s} = 810 \text{ m}^3.$$

A fim de evitar grandes profundidades do poço de sucção definiu-se que sua lâmina útil (Lu) deverá ser da ordem de 2,0 m. Com isto, a área do poço será de 405 m<sup>2</sup>, ou seja, uma área com cerca de 20 x 20 m.

Definidos os níveis, volumes e áreas do poço, conclui-se que a cota do nível mínimo do efluente no poço será igual a:

$$N \text{ min} = N \text{ máx} - Lu = 2,16 - 2,00 = 0,16 \text{ m}$$

A elevação do terreno no ponto mais alto do caminhamento da tubulação é de 7,86 m. Portanto, o desnível geométrico (Hg) do bombeamento será 7,70 m.

Propõe-se que desemboque da tubulação no Canal C-10 ocorra aproximadamente no nível máximo da maré. Com isto evita-se o eventual arraste de sólidos para dentro do tubo ou no entorno do desemboque do emissário em decorrência dos movimentos das marés durante períodos de baixas descargas da elevatória.

Admitiu-se que o nível máximo da maré no local é da ordem de 3,0 m, equivalente à elevação média das pistas da ciclovia nas proximidades do Canal C-10. A cota do terreno junto ao canal C-10 é da ordem de 2,80 m. Para definir as elevações e dimensões da estrutura de desemboque posicionou-se a geratriz inferior da tubulação na cota 3,0 m (nível máximo estimado para a maré).

Na extremidade da tubulação será instalada uma curva de 90° e um segmento de tubo para direcionar a vazão para o fundo da estrutura de desemboque e dificultar a entrada de objetos flutuantes no interior do emissário. Adicionalmente, será instalada imediatamente antes do desemboque (ponto mais baixo do trecho) uma caixa com válvula de drenagem para permitir serviços de manutenção.

As perdas de carga do sistema de condução são aquelas devidas ao atrito do fluido do fluido nas tubulações acrescidas daquelas decorrentes das peças especiais desde a bomba até o final da tubulação. A soma destas perdas de carga com o desnível geométrico representa a altura manométrica total (AMT) a ser atendida pelas bombas.

Condições operacionais do sistema de bombeamento e condução dos efluentes tratados:

- Vazão a ser conduzida: 305 L/s (c/ ETE atual) a 900 L/s (c/ ETE futura);
- Vazão de projeto da tubulação do emissário: 900 L/s;
- Cota do terreno no ponto mais alto do caminhamento do emissário: 7,86 m;
- Cota do terreno no local de descarga do emissário (canal C-10):  $\pm 2,80$  m
- Cota do nível máximo das marés (estimado):  $\pm 3,0$  m;
- Cota do terreno da Estação Elevatória:  $\pm 3,00$  m
- Cota do nível mais baixo do efluente no poço de sucção da Estação Elevatória: 0,16 m;
- Desnível geométrico (Hg) =  $7,86 - 0,16 = 7,70$  m.

### 7.3.3 Tubulação Escolhida para Condução dos Efluentes

De posse da vazão e do desnível geométrico do bombeamento foram avaliados os diâmetros das tubulações de recalque e de condução para a determinação das perdas de carga para então calcular a altura manométrica total (AMT) requerida pelas bombas da Estação Elevatória.

Para a determinação preliminar do diâmetro da tubulação de condução foi utilizada a expressão de Bresse:

$$D = 1,1 \cdot \sqrt[3]{Q}$$

onde:

- D é o diâmetro calculado da tubulação, em metros, considerando a relação custo de energia/custo da tubulação = 1,1; e
- Q a vazão de dimensionamento, em  $m^3/s$ .

Assim, para  $Q = 900$  L/s, o diâmetro calculado foi 1,04 m.

Frente aos baixos desníveis a serem vencidos entre a Estação Elevatória e o destino final no Saco do Limão, a tubulação da linha de condução (emissário) será submetida a pressões relativamente baixas. Neste sentido, foi avaliada a possibilidade de utilizar tubos com diâmetros menores que aquele obtido anteriormente de forma a reduzir o montante dos investimentos.

Da mesma forma, não haverá necessidade da utilização tubos com elevada resistência às pressões, como é o caso de ferro fundido ou aço. De maneira geral, a eventual utilização destes materiais será reservada aos trechos onde as tubulações ficarão expostas às intempéries (travessias de canais, por exemplo) ou outros casos especiais.

Considerando os diâmetros necessários, facilidades de instalação e custos (investimento e energia) foram avaliados dois tipos de materiais: PEAD e F<sup>9</sup>F<sup>9</sup>. Também poderão ser utilizados tubos de outros tipos de materiais, tais como PRFV, desde que atendam as condições técnicas e preços.

Face à grande extensão da tubulação de condução (emissário) foram avaliadas alternativas com tubos de diâmetros comerciais, levando-se em conta os custos de investimento, de instalação e consumo de energia. Foram avaliados tubos com diâmetros nominais de 600 mm, 700 mm, 800 mm, 900 mm e 1000 mm.

A utilização de tubos com diâmetros menores resulta em investimentos mais baixos, porém promove maiores velocidades de escoamento e maiores perdas de carga. Em consequência, as potências demandadas pelas bombas serão maiores assim como os gastos de energia.

As perdas de carga para cada tipo de tubo foram calculadas de acordo com as seguintes equações:

- Perdas lineares:

$$H_f (m) = 10,65 \cdot Q^{1,85} / C^{1,85} \cdot L / D^{4,87} \text{ (Hazen-Williams)}$$

➤ Perdas localizadas:

$$H_s (m) = \Sigma kv^2/2g, \text{ sendo: } v = Q/A$$

onde:

- Q = vazão, em m<sup>3</sup>/s;
- L = comprimento da tubulação, em m;
- C = coeficiente de rugosidade, adotado 140 para PEAD e 130 para F<sup>o</sup>F<sup>o</sup>;
- D = diâmetro interno da tubulação, em mm;
- k = coeficiente de perda localizada;
- v = velocidade, em m/s;
- A = seção da tubulação, em m<sup>2</sup>; e
- g = aceleração da gravidade, adotado 9,81 m/s<sup>2</sup>.

A potência necessária na bomba foi definida pela seguinte relação:

$$P(cv) = (\delta \cdot Q \cdot H_m) / 75 \cdot \eta$$

onde:

P = potência em cavalos-vapor (cv);

$\delta$  = peso específico do fluido, em kgf/m<sup>3</sup>;

Q = vazão, em m<sup>3</sup>/s; e

$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2$  = rendimento global do conjunto bomba e motor

Os resultados obtidos para o dimensionamento econômico de diferentes diâmetros para as linhas de recalque em PEAD e em F<sup>o</sup>F<sup>o</sup> estão indicados nos quadros e figuras a seguir.

Quadro 7.1: Dimensionamento Econômico da Linha de Recalque em PEAD

Diâmetro do Recalque		Vazão	Veloc.	Coefic. C	Perdas Lineares Recalque	Perdas Singular. Recalque	Perdas Totais	Hg máx	AMT	Potência a calc.	Potência Instal.	Custo Anual de Energia	Valor Presente de Energia	Custo da Tubulação Recalque	Custo das Obras Cíveis e de Montagem	Valor Presente Total
DN (mm)	DI (mm)	L/s	m/s		m.c.a.	m.c.a.	m.c.a.	m	m.c.a.	cv	cv	R\$	R\$	R\$	R\$	R\$
600	570,0	900	3,53	140	101,44	6,59	108,03	7,70	115,73	734,8	750,0	2.931.008,38	24.953.326,60	7.128.388,80	1.782.097,20	33.863.812,60
700	642,2	900	2,78	140	56,78	4,09	60,87	7,70	68,57	435,4	450,0	1.738.414,37	14.800.101,50	9.076.298,40	2.269.074,60	26.145.474,50
800	723,8	900	2,19	140	31,73	2,54	34,26	7,70	41,96	266,4	300,0	1.071.665,33	9.123.691,05	11.504.516,40	2.876.129,10	23.504.336,55
900	814,2	900	1,73	140	17,90	1,58	19,48	7,70	27,18	172,6	200,0	695.915,08	5.924.717,41	14.556.531,60	3.639.132,90	24.120.381,91
1000	904,6	900	1,40	140	10,72	1,04	11,76	7,70	19,46	123,6	150,0	500.451,06	4.260.621,95	17.984.187,00	4.496.046,75	26.740.855,70

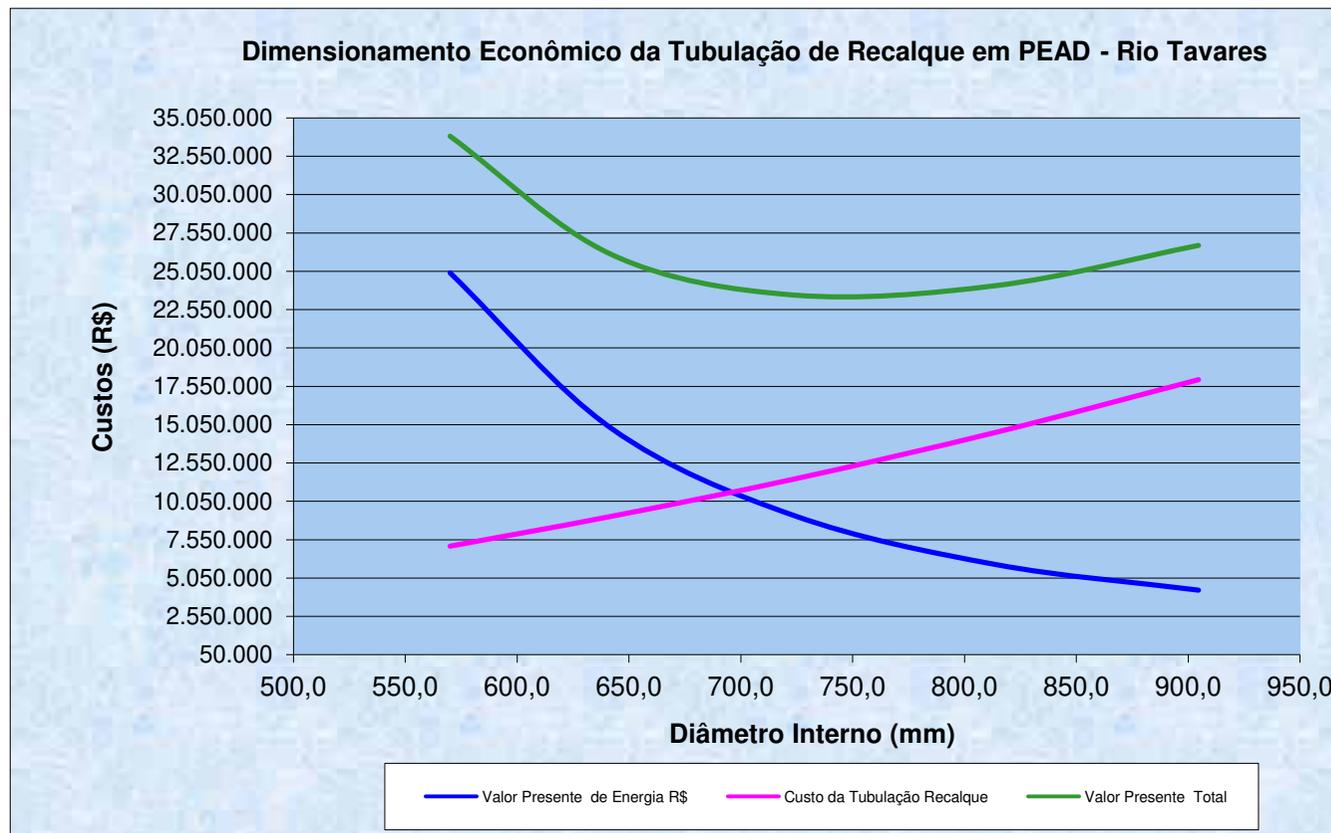


Figura 7.1: Variação dos Custos de Investimento, VPL da energia e VPL total para PEAD

Quadro 7.2: Dimensionamento Econômico da Linha de Recalque em F°F°

Diâmetro Recalque		Vazão	Veloc.	Coefic. C	Perdas Lineares Recalque	Perdas Singular. Recalque	Perdas Totais	Hg máx	AMT	Pot. Calc.	Pot. Instal.	Custo Anual de Energia	Valor Presente de Energia	Custo da Tubulação Recalque	Custo das Obras Cíveis e de Montagem	Valor Presente Total
DN (mm)	DI (mm)	L/s	m/s		m.c.a.	m.c.a.	m.c.a.	m	m.c.a.	cv	cv	R\$	R\$	R\$	R\$	R\$
600	610,6	900	3,07	130	83,25	5,01	88,25	7,70	95,95	609,2	700,0	2.454.863,63	20.899.637,97	13.991.772,60	3.497.943,15	38.389.353,72
700	710,2	900	2,27	130	39,91	2,74	42,65	7,70	50,35	319,7	350,0	1.282.537,10	10.918.961,35	17.776.349,24	4.444.087,31	33.139.397,89
800	812,8	900	1,73	130	20,70	1,59	22,29	7,70	29,99	190,4	200,0	761.374,18	6.482.007,60	21.946.485,96	5.486.621,49	33.915.115,05
900	914,4	900	1,37	130	11,67	1,00	12,67	7,70	20,37	129,3	150,0	521.475,50	4.439.614,94	26.319.549,04	6.579.887,26	37.339.051,23
1000	1016,0	900	1,11	130	6,99	0,65	7,64	7,70	15,34	97,4	100,0	388.731,30	3.309.488,69	31.068.025,89	7.767.006,47	42.144.521,05

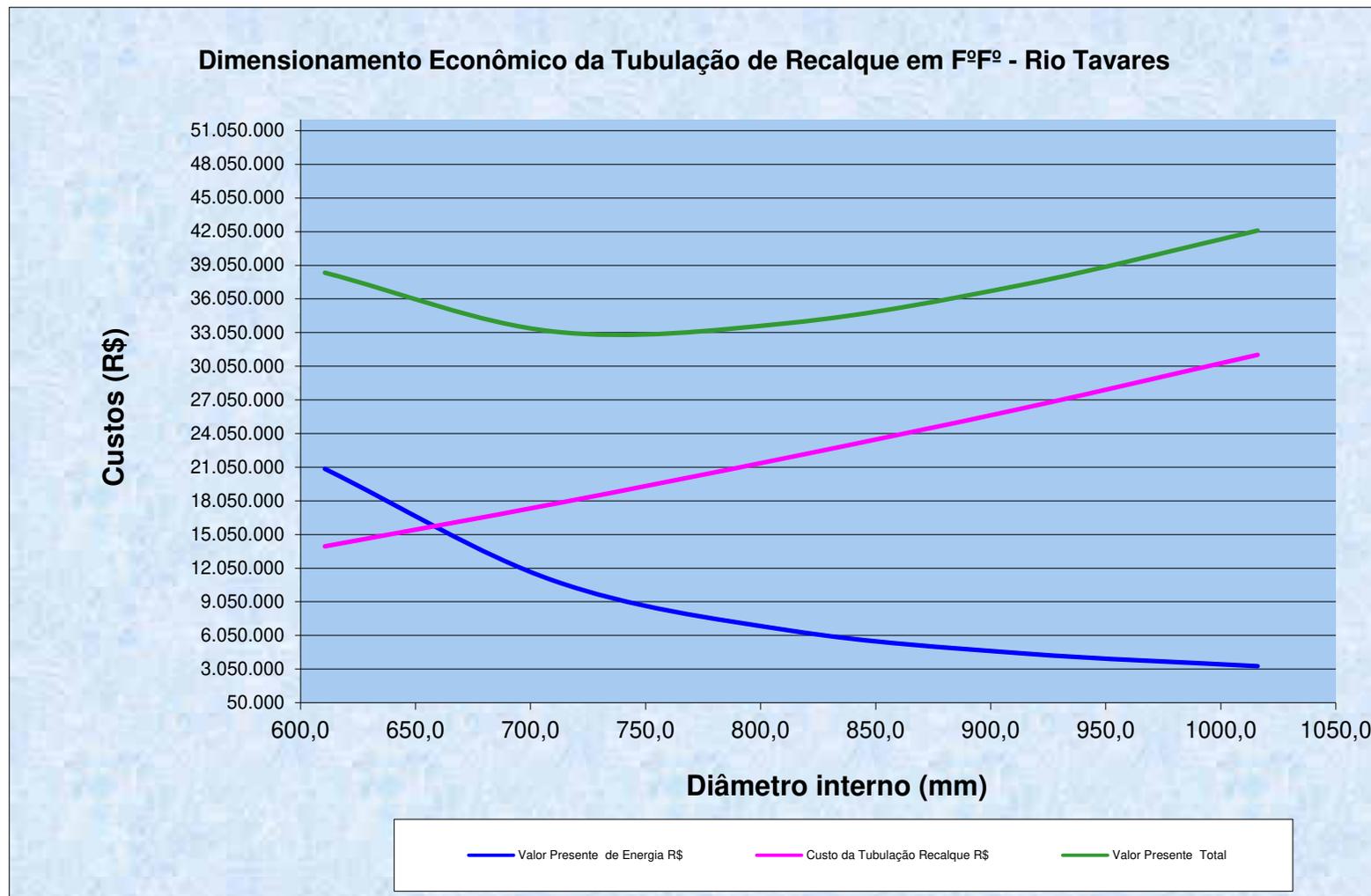


Figura 7.2: Variação dos Custos de Investimento, VPL da energia e VPL total para F<sup>o</sup>F<sup>o</sup>

A análise dos quadros e figuras anteriores permite concluir que para vazões da ordem de 900 L/s o diâmetro nominal que apresenta melhor desempenho econômico para o PEAD é de 800 mm com Valor Presente de R\$ 23.504.336,55. Os tubos de F<sup>o</sup>F<sup>o</sup> com DN 800 mm apresentam Valor Presente de R\$ 33.915.115,05, cerca de 44,3% superior ao PEAD. Portanto, sob o aspecto do custo final o tubo de PEAD é mais adequado.

Avaliando-se o parâmetro velocidade do fluido nos tubos de PEAD verifica-se que para o DN 800 mm é de 2,19 m/s resultando uma AMT de 41,96 m. Considera-se que os dois parâmetros são muito elevados para condução de efluentes tratados a longas distâncias (7,120 km).

Para um tubo de PEAD com DN 900 mm o Valor Presente será R\$ 24.120.381,91. Um tubo com mesmo diâmetro em F<sup>o</sup>F<sup>o</sup> apresenta um Valor Presente de R\$ 37.339.051,238, ou seja, 54,8% superior ao custo do PEAD.

A fim de permitir boa flexibilidade ao sistema de condução, diante de prováveis significativas taxas de crescimento da região sul da Ilha de Santa Catarina, optou-se por escolher um tubo com DN 900 mm. Esta solução apresenta um Valor Presente de R\$ 24.120.381,91 (cerca de 6,50% superior ao DN 800) mas por outro lado permite velocidades menores (1,73 m/s) e AMT da ordem de 27,18 m, ou seja, cerca de 35% menor que com tubo de 800mm.

Cabe destacar também a grande diferença de potência necessária em cada bomba ao se utilizar tubos com diâmetros de 800 mm (266,4 cv) ou de 900 mm (172,6 cv). Embora o investimento seja maior, a escolha se justifica pela economia de energia, maior grau de segurança física do sistema, facilidade de absorção de variações diárias de vazão e facilidades para ampliações futuras da capacidade.

A utilização de tubos com DN 600 ou 700 mm se mostrou inviável em razão das velocidades excessivas e pelos elevados valores de AMT (e de custos de energia) resultantes. Esta possibilidade foi descartada. Os tubos com DN 1000 mm promovem baixas perdas de carga, baixo consumo de energia, porém os investimentos são mais elevados (e desnecessários) inviabilizando sua utilização.

É importante destacar que velocidades elevadas aumentam o risco de sobrepressões e acidentes ao longo da tubulação. Em contrapartida, velocidades moderadas a baixas permitem ampliar a capacidade do emissário caso haja de necessidade no futuro.

As vazões de efluente tratado variam ao longo do tempo, à medida que o sistema é consolidado e ampliado. O Quadro 7.3 mostra a variação dos parâmetros hidráulicos da tubulação diante de algumas vazões características.

Quadro 7.3: Velocidades, AMT e potências para Diferentes Vazões no Tubo do Emissário

Diâmetro		Vazão	Veloc. Recalque	Coefic. C	Perdas Linear.	Perdas Singul.	Perdas Totais	Hg máx	AMT	Potenc.	Potência Instal.
DN (mm)	DI (mm)	L/s	m/s		m.c.a.	m.c.a.	m.c.a.	m	m.c.a.	cv	cv
900,0	814,2	200	0,38	140	1,11	0,08	1,19	7,70	8,89	37,6	40,0
900,0	814,2	300	0,58	140	2,34	0,18	2,52	7,70	10,22	64,9	65,0
900,0	814,2	375	0,72	140	3,54	0,27	3,82	7,70	11,52	91,4	100,0
900,0	814,2	600	1,15	140	8,45	0,70	9,16	7,70	16,86	107,0	120,0
900,0	814,2	900	1,73	140	17,90	1,58	19,48	7,70	27,18	172,6	200,0

Nota-se no quadro anterior que o diâmetro de 900 mm para a tubulação do emissário só é adequada a partir de vazões iguais ou superiores a 300 L/s quando a velocidade é próxima ou superior à mínima recomendada (0,60 m/s).

Esta situação se verifica durante o período em que somente a ETE atual contribuirá com vazões para o emissário Quando as vazões das bombas serão da ordem de 300 L/s, porém sua AMT será baixa, da ordem de 8,9 a 11,5 mca.

Durante este período será necessário utilizar duas bombas com características especiais, associadas ao uso de inversores de frequência, ajustadas a estas condições operacionais. Posteriormente, com a entrada em operação da ETE nova, estas bombas deverão ser substituídas por outras duas que farão parte do conjunto de bombeamento (quatro bombas com capacidade de 300 L/s) o qual operará com AMT igual da 27,18 m.

### 7.3.4 Condições Operacionais para Seleção das Bombas

De acordo com as Normas da ABNT (NBR 12.208 e NBR 12.209), o sistema hidráulico da ETE deve ter capacidade para absorver as oscilações das condições de operação, ou seja, a ETE deve ser dimensionada para a vazão média e, ainda, suas unidades deverão absorver os limites mínimos e máximos afluentes.

Como todo o efluente tratado pela ETE será direcionado à Estação Elevatória onde será bombeado e encaminhado ao corpo receptor (Saco dos Limões). Na eventualidade de falha da elevatória, por falta de energia ou outro impedimento, as vazões deverão ser direcionadas para o corpo receptor alternativo (rio Tavares). Para tanto, a elevatória deverá ser equipada com “by pass” que permite a remoção e condução do efluente (tratado ou não) após atingindo o nível máximo no poço de sucção.

Para atender a esta demanda da CASAN, foi projetada uma estrutura em forma de caixa equipada com comportas para direcionar o efluente para o poço de sucção e com vertedor de base estreita para direcionar o efluente para a entrada da tubulação que conduzirá o mesmo até o rio Tavares. A mesma caixa de “by pass” receberá o efluente tratado na ETE futura, direcionando-o para a elevatória. Na hipótese de falha da elevatória, o mesmo vertedor permitirá o transbordamento do efluente da elevatória após ter atingido o nível máximo no poço de sucção.

De acordo com o projeto, quando o nível no poço de sucção for máximo, o desnível entre a sucção e a descarga será mínimo e a bomba dará maior vazão do que a vazão nominal. Por outro lado, quando o nível no poço estiver no mínimo, o desnível entre a sucção e a descarga será máximo e a bomba dará menor vazão do que a indicada no ponto nominal. Desta forma, em função dos níveis no poço de sucção associados ao uso de inversores de frequência, as vazões da bomba estarão sempre sendo ajustadas, conforme a curva de desempenho das bombas.

As condições operacionais do sistema Estação Elevatória + Emissário, resultantes das avaliações antes realizadas, no que concerne à seleção das bombas e das tubulações são:

- vazão máxima da elevatória: 900 L/s;
- vazão unitária das bombas: 300 L/s;
- diâmetro dos tubos de recalque (barrilete): 400 mm;
- diâmetro da tubulação (emissário): 900 mm
- material dos tubos e peças do barrilete: F<sup>9</sup>F<sup>9</sup>
- material da tubulação (emissário): PEAD
- material para tubulações expostas e equipamentos de proteção: F<sup>9</sup>F<sup>9</sup>
- extensão aproximada do emissário: 7.120 m
- AMT ± 10,2 m para 300 L/s (com a ETE atual)
- AMT = 27,18 m para 900 L/s (com a ETE atual + ETE futura);
- potência requerida para o motor: 64,9 cv (com a ETE atual) e 172,6 cv (com a ETE atual + ETE futura).

### 7.3.5 Seleção dos Grupos Motor-Bombas

A escolha dos grupos motor-bombas para a Estação Elevatória foi realizada a partir de catálogos de bombas submersíveis para saneamento existentes no mercado. Tal pesquisa considerou as condições operacionais da elevatória, o grau de atendimento e a disponibilidade para aquisição.

O equipamento escolhido como referência para o projeto da elevatória, quanto às suas dimensões, capacidade e eficiência foi a bomba do fabricante KSB. Entretanto, poderão ser utilizados equipamentos similares de fabricantes como ABS, Flygt, Sulzer, Schneider, Grundfos e outros, desde que atendam as condições operacionais.

O equipamento escolhido no caso, apresenta vantagens de auto-limpeza proporcionadas pelo impulsor e pela voluta, também encontradas em equipamentos de outros fabricantes. As curvas de desempenho e características dimensionais da bomba escolhida estão apresentadas na Figura 7.3 e Figura 7.4 a seguir.

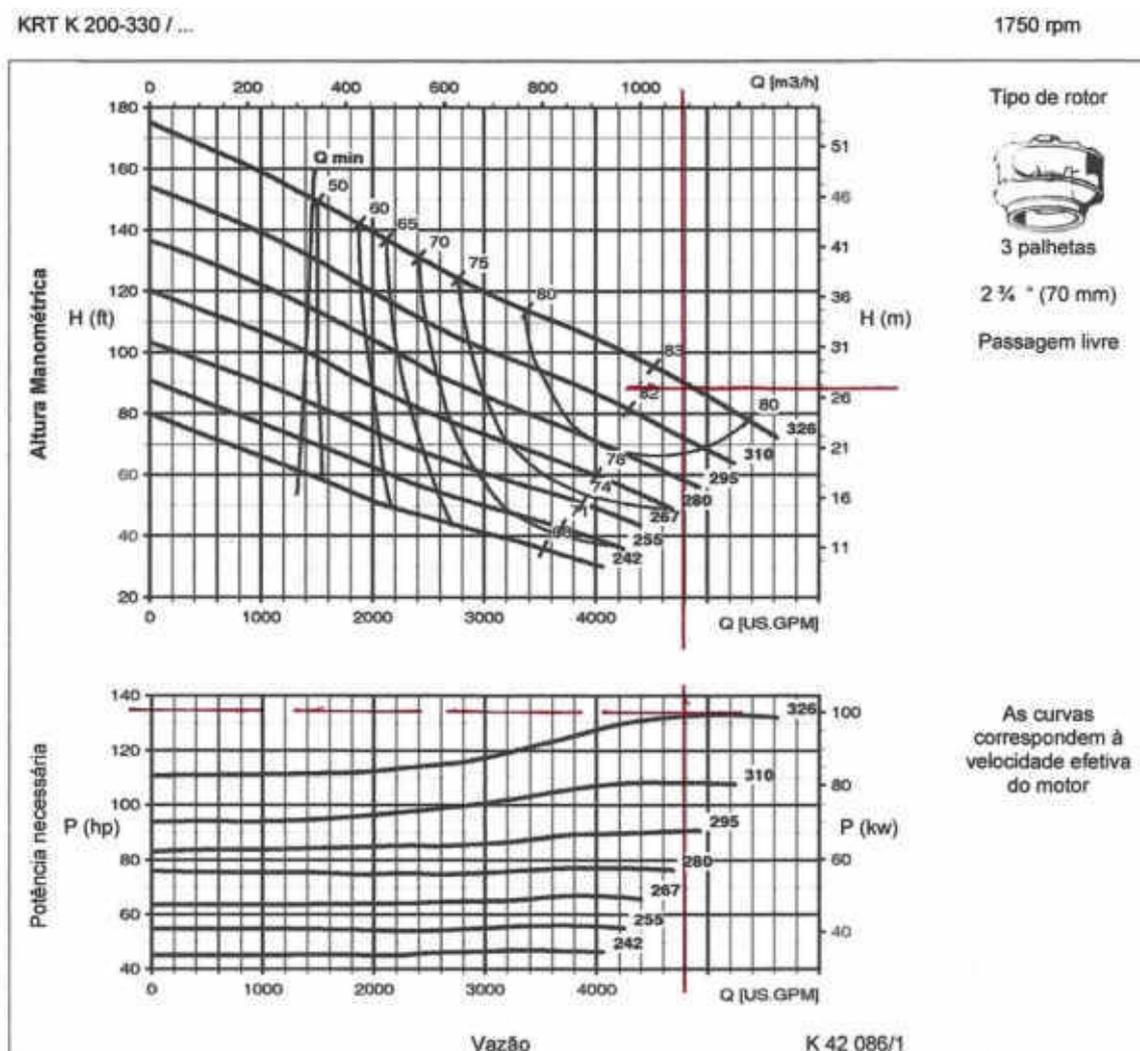


Figura 7.3: Curvas de Desempenho da Bomba Escolhida - KSB (Modelo KRT K 200-330)  
(Modelo KRT K 200-330)

**Instalação estacionária em poço úmido com tubo guia**  
(100-401, 150-401, 151-401, 200-330, 200-401)

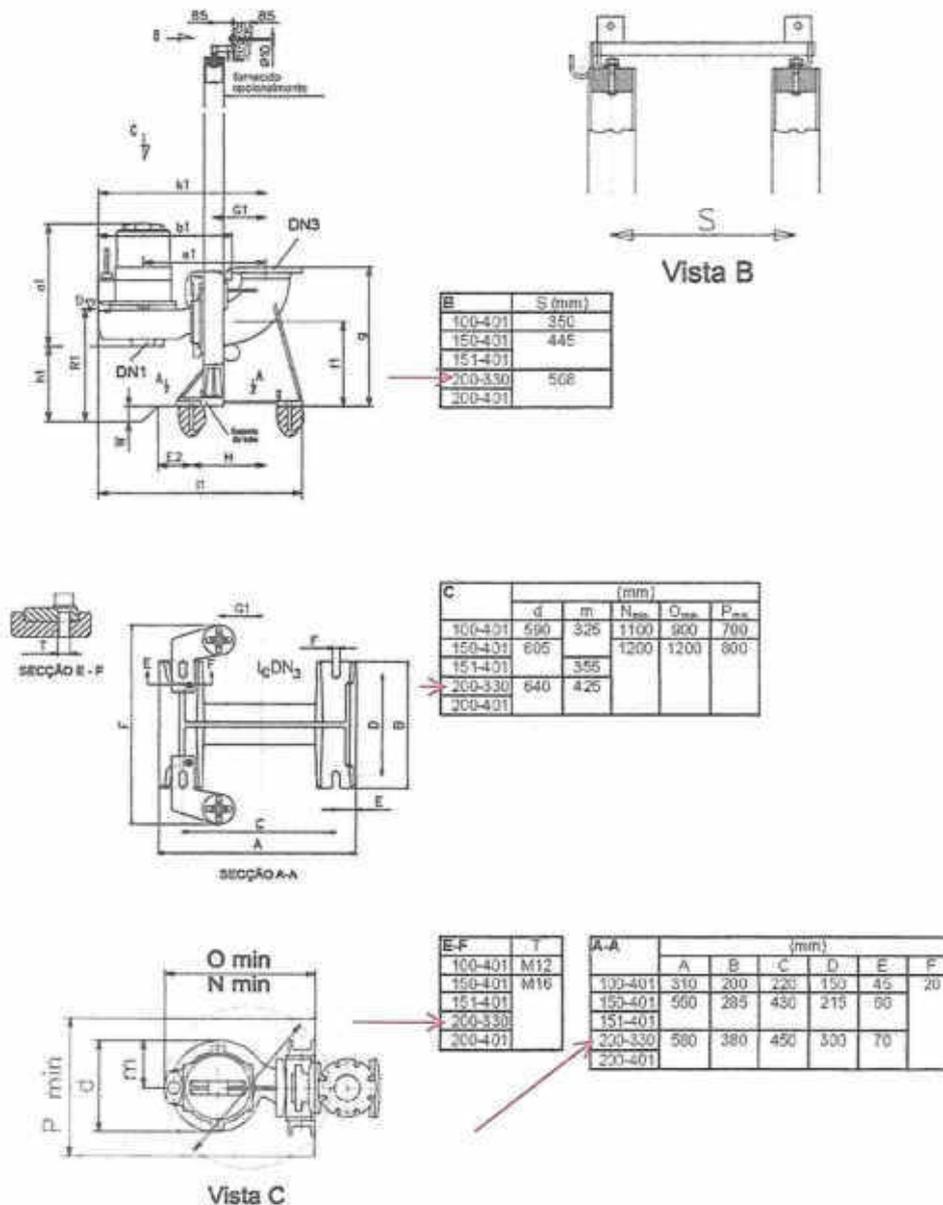


Figura 7.4: Características Dimensionais da Bomba Escolhida KSB (Modelo KRT K 200-330)

A partir das características dimensionais da bomba selecionada, indicadas no catálogo do fabricante, desenvolveu-se o projeto da Estação Elevatória, considerando os espaços necessários, distâncias, submergências, variação de nível adotada, equipamentos de manobras e de controle de níveis, segundo preconizado pelas normas da ABNT, especialmente a NBR 12.208/2020.

Para a infraestrutura projetada, prevista para operar com as vazões efluentes da ETE atual e ETE futura, foram preconizados quatro conjuntos motobombas com a mesma capacidade para operarem de forma alternada ou em paralelo, equipados com inverores de frequência. Independente do número de bombas instalado, uma delas deverá servir de reserva das demais.

Enquanto a ETE futura não estiver operando, as vazões efluentes da ETE atual serão bombeadas com auxílio de duas motobombas com capacidade para 300 L/s e AMT de 9,0 a 12,0 m. Estas bombas, por apresentarem baixa AMT serão substituídas por ocasião da entrada em operação da ETE futura. Naquela oportunidade deverão ser realizados estudos

detalhados no que se refere à capacidade, fixação dos equipamentos, intercambiabilidade, manutenção e operação do sistema de bombeamento.

A princípio, as bases das bombas bem como as hastes de içamento e os tubos de recalque deverão ser instalados de forma imediata. As duas bombas necessárias para a vazão da ETE atual também serão instaladas imediatamente e as outras duas bombas serão instaladas por ocasião da entrada em operação da ETE futura, totalizando quatro bombas.

### 7.3.6 Definição do Poço de Sucção da Estação Elevatória

A Estação Elevatória terá um poço de sucção único, conforme mencionado anteriormente (item 3.3.2).

A entrada do efluente ocorrerá através de duas comportas planas instaladas na caixa de “by pass”. Tal caixa receberá os efluentes da ETE atual e da ETE futura através de tubos com DN 700 mm cada e será equipada também com vertedor que servirá de “by pass” para todas as vazões afluentes.

A tubulação de coleta do efluente na ETE atual se origina na caixa de desemboque da Desinfecção. Neste local, a cota da geratriz inferior do tubo será 1,20m. A cota no tubo na caixa de “by pass” será de ±1,15m. A tubulação proveniente da ETE futura deverá desembocar na mesma cota.

O efluente sairá da caixa de “by pass” através de duas comportas quadradas planas com dimensões de 0,80 x 0,80 m e instaladas na cota 1,00m. Elas ficarão abertas durante a operação normal da elevatória salvo em períodos excepcionais de manutenções no poço de sucção.

A forma do poço de sucção será retangular. Propôs-se que suas dimensões em planta sejam 20m x 20m. Caso seja adotada outra forma do poço, a face Oeste, onde serão instaladas as bombas, deverá ter pelo menos 8,0 m de largura.

Conforme indicado no item 3.3.2, o volume útil necessário do poço de sucção será da ordem de 810 m<sup>3</sup> o que equivale a uma lâmina de água de 2,0 m.

O nível máximo da água no poço de sucção será 2,16 m, definido pela soleira do vertedor na caixa de “by pass”. O nível mínimo será, portanto:

$$N_{\min} = N_{\max} - Lu = 2,16 - 2,00 = 0,16 \text{ m}$$

A profundidade necessária para submersão mínima da bomba (~0,75m) e distância mínima da boca de sucção ao fundo (~0,27m). Portanto, o desnível do N mín ao fundo do poço será de 1,02m. Portanto, a cota do fundo do poço será: 0,16 - 1,02 = -0,86 m.

Considerando os dados acima, a profundidade do poço de sucção em relação ao nível do terreno natural será: 3,0 - (-0,86) = 3,86 m.

### 7.3.7 Definição dos Diâmetros dos Tubos de Recalque das Bombas

Os tubos e peças do recalque das bombas serão em F<sup>o</sup>F<sup>o</sup> e com flanges. Seus diâmetros deverão ser tais que as velocidades sejam compatíveis com a função e que atendam à Norma 7560 e 7675 da ABNT.

Foram verificadas as velocidades em três diâmetros para uma vazão de 0,300 m<sup>3</sup>/s considerando os diâmetros internos dos tubos. Os resultados estão indicados a seguir.

Quadro 7.4: Verificação de Diâmetros para Tubos de Recalque das Bombas

DN (mm)	D. Int. (m)	Veloc. (m/s)
300	0,315	3,85
400	0,416	2,21

DN (mm)	D. Int. (m)	Veloc. (m/s)
500	0,518	1,42

As velocidades para DN 300 mm resultaram muito elevadas ( $v=3,85$  m/s). Ao contrário, nos tubos com DN 500 mm as velocidades são muito baixas, resultando em custos de investimento desnecessariamente elevados.

Optou-se, portanto, por utilizar tubos, conexões e equipamentos com DN 400 mm para os recalques da Estação Elevatória, resultando em velocidades aceitáveis ( $v=2,21$  m/s), usuais neste tipo de elevatória.

Calculando-se as perdas de carga lineares e as localizadas na tubulação de recalque com DN 400 mm obteve-se um total de 1,35 m.

## 7.4 Situações de Anormalidades, Riscos Potenciais e Dispositivos de Segurança

Para contornar as situações de anormalidades e de riscos potenciais foram previstos os seguintes dispositivos de segurança: by pass da elevatória e tubulação de condução da descarga do by pass.

### 7.4.1 Situações de Anormalidades

Num sistema de bombeamento e disposição final de efluentes como este as situações de anormalidades se restringem a poucos eventos que podem ser previstos, uma vez que é composto por conjuntos de infraestruturas: uma Estação Elevatória com seu “by pass” (vertedor) e uma tubulação de condução (emissário).

Assim, poderão ocorrer anormalidades apenas quando não for possível conduzir os efluentes tratados pela ETE em decorrência de problemas na Estação Elevatória ou na tubulação de condução (emissário).

A hipótese de não ocorrer o encaminhamento dos efluentes ao corpo receptor (Canal C-10) ocorrerá somente se a Estação Elevatória não estiver operando ou se a tubulação (emissário) apresentar algum problema físico (rompimento, obstrução, etc.). A Estação Elevatória poderá deixar de operar em apenas duas situações: por ocasião de manutenção do sistema ou por falta de energia elétrica.

Os potenciais riscos decorrentes da paralização da Estação Elevatória para manutenção podem ser reduzidos através de adequada programação dos serviços de manutenção preventiva. É certo que as manutenções preventivas reduzem os riscos de operação anormal, porém podem ocorrer falhas nas bombas ou nos equipamentos de comando. Nestas ocasiões, é necessário realizar manutenções corretivas, no momento em que elas ocorrem, mesmo que o fluxo afluente esteja no período de maior vazão.

Para contornar esses eventos e os casos de falhas no fornecimento de energia elétrica foi prevista a implantação de um “by pass” entre a ETE e a Estação Elevatória. Esta estrutura terá capacidade suficiente para manejar a vazão bombeada para a ETE atual (375 L/s) bem como da ETE futura, totalizando 900 L/s. As vazões desviadas no “by pass” serão encaminhadas para o rio Tavares através de tubulação específica para este fim.

### 7.4.2 Estrutura de By Pass e Tubulação

Neste item é caracterizada a estrutura do “by pass” e os equipamentos de controle das vazões provenientes da ETE atual e da ETE futura em direção à Estação Elevatória. Também é caracterizada a tubulação destinada à condução do efluente desde o “by pass” até o rio Tavares.

A estrutura do “by pass” projetada está situada entre a ETE e a Estação Elevatória. Tem a forma de caixa, a ser construída em concreto armado, enterrada e posicionada junto à parede Oeste do poço de sucção. Abrigará os seguintes elementos:

- duas comportas planas (#0,8x0,8m) destinadas ao controle da vazão para o poço de sucção;
- duas entradas de tubulação provenientes das ETEs, sendo que para a ETE atual terá N 700mm e para a ETE futura ainda não definido; ambas as tubulações terão a geratriz inferior na cota  $\pm 1,15\text{m}$ ; e
- um vertedor retangular de base estreita para controlar a saída das vazões afluentes para a entrada da tubulação do “by pass” para o rio Tavares.

As vazões que passarão pela estrutura do “by pass” serão da ordem de 900 L/s. Para o vertedouro foi adotada uma lâmina de 0,30m.

A largura mínima do vertedor foi obtida através da fórmula de Francis:

$Q = 1,838 \cdot L \cdot H^{(3/2)}$  resultando  $L(\text{m}) = Q / (1,838 \cdot H^{(3/2)}) = 2,98 \text{ m}$ . Adotou-se uma largura de 3,0m.

A descarga do vertedor do “by pass” da Estação Elevatória ocorrerá em poço de concreto medindo 3,0 x 1,5m e com profundidade de 2,60 m. A cota do fundo do poço de descarga do vertedor estará na cota 0,86 m. A partir deste poço, o efluente será conduzido em direção ao rio Tavares passando pelo poço de inspeção a ser implantado nas proximidades da descarga geral da ETE atual, a cerca de 12 m ao Sul da Caixa de Amostragem. Neste ponto, desemboca um tubo em PRFV e com DN 700 mm com eventuais vazões de drenagem e sendo então encaminhadas ao rio Tavares. O comprimento da tubulação de descarga do “by pass” será de 180 m e terá poços de inspeção (Figura \_\_\_) a cada 50 m, aproximadamente.

O tubo que conduzirá as vazões desde o “by pass” da Estação Elevatória até o rio Tavares deverá ter capacidade para conduzir no mínimo 900 L/s. O diâmetro da tubulação foi determinado admitindo-se uma carga (H) de 0,10m (declividade de 0,20%).

$$A (\text{m}^2) = Q / (Cd \cdot (2gH)^{(1/2)})$$

sendo Cd; coeficiente de descarga, 0,60; Q: vazão em  $\text{m}^3/\text{s}$ ; H: desnível médio entre poços de inspeção a cada 50m, 0,25m

$$A (\text{m}^2) = 0,90 / (0,6 \cdot (2 \cdot 9,81 \cdot 0,1)^{0,5}) = 1,07 \text{ m}^2$$

Diâmetro calculado (m) = 1,17 m.

Adotou-se tubo com DN 1,20 m em PRFV, mesmo material utilizado nas tubulações de drenagem da ETE.

A cota de fundo da tubulação na estrutura de descarga no rio Tavares será de aproximadamente 0,50 m e, portanto, o desnível da tubulação no trecho será de 0,30 m.

Salienta-se que os efluentes excepcionalmente removidos pelo extravasor do “by pass” já estarão tratados e terão reduzido impacto no corpo receptor alternativo (rio Tavares).

As vazões desviadas pelo “by pass” poderão ser equivalentes à capacidade final da ETE (900 L/s) e para a sua condução foi escolhido um tubo de PRFV com diâmetro nominal de 1.200 mm O material proposto para esta tubulação é o mesmo indicado no projeto da ETE para escoamento das vazões de efluentes e de drenagem Tubos de outros materiais poderão ser utilizados desde que atendam as condições técnicas para este tipo de serviço.

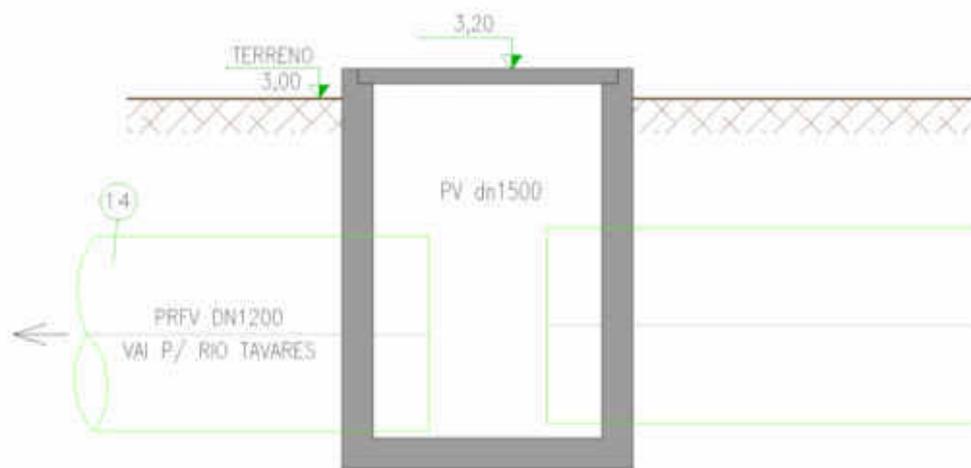


Figura 7.5: Poço de Visita Típico na Tubulação de Descarga do "By Pass"

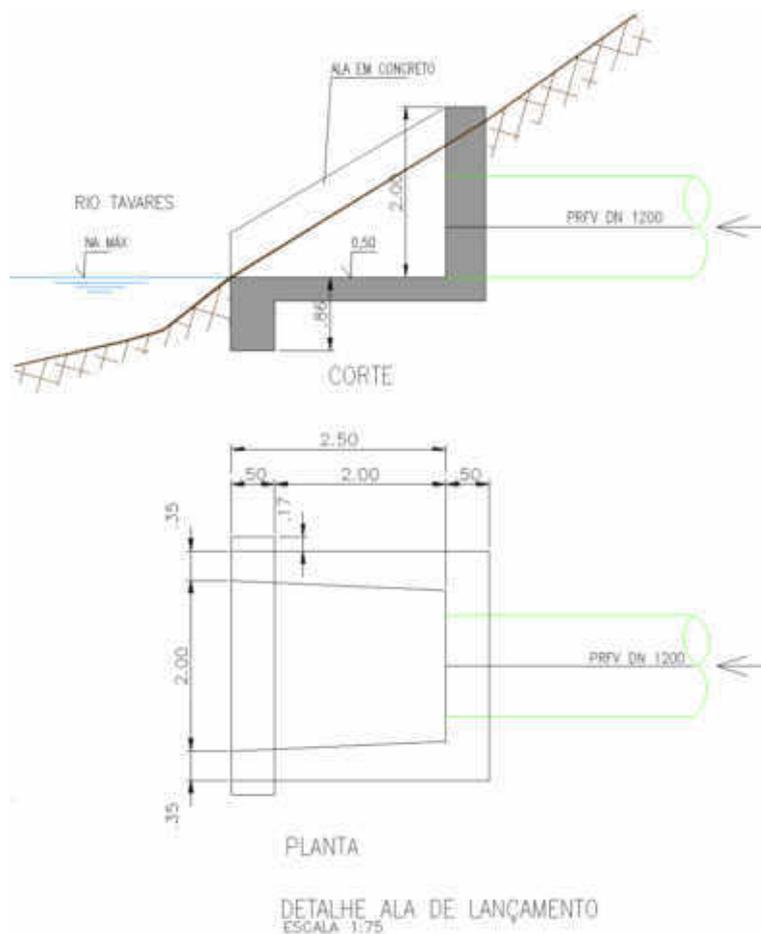


Figura 7.6: Estrutura de Desemboque da Tubulação do "By Pass" no Rio Tavares

## 7.5 Sistema de Condução do Efluente e suas Interferências

O Sistema de Condução do efluente tratado consiste de tubulação com DN 900 mm, posicionada ao longo da estrada de acesso à ETE, vias expressas e ciclovias. Seu assentamento será realizado em valas no terreno natural (sempre que possível), sobre estruturas de concreto (nas travessias de drenos e cursos de água) e em galerias nas travessias de rodovias e avenidas com grande fluxo de veículos. As galerias nos locais de

travessia serão implantadas utilizando métodos não destrutivos de forma a não interromper o fluxo de veículos durante as obras.

Nos trechos onde o assentamento da tubulação pode ser realizado em valas (na área do entorno da ETE, na margem de vias, travessias de ruas com pouco trânsito, ao longo da ciclovia, etc.) serão utilizados tubos de PEAD. Nas travessias sob rodovias (travessias não destrutivas) os tubos de PEAD serão assentados no interior das galerias.

Nos trechos com tubulação exposta às intempéries (travessias aéreas sobre drenos e cursos de água) serão utilizados, a princípio, tubos e conexões de ferro fundido flangeados. Nestes locais poderão ser utilizados alternativamente tubos e conexões de aço, unidos por solda e com tratamentos adequados de suas superfícies. A conexão destes materiais ao tubo de polietileno será através de flanges.

Ao longo da tubulação serão instalados equipamentos de segurança (ventosas, descarga de fundo, etc.).

Haverá também outros tipos de interferências ao longo do caminhamento da tubulação, com destaque para rede de abastecimento de água, rede coletora de esgotos, drenagem pluvial, etc. A solução para estas interferências deverá ser dada caso a caso durante as fases futuras de projeto com base em levantamentos cadastrais destes locais.

### 7.5.1 Caminhamento da Tubulação de Condução

O caminhamento proposto para a tubulação de condução (emissário) do efluente tratado na ETE Rio Tavares até o Canal C-10 (junto à sua confluência no Saco do Limão) tem cerca de 7.120 metros, passa ao longo de diversos trechos de vias e terrenos com características distintas. Estes trechos são sumariamente caracterizados a seguir.

#### ➤ Trecho 1 - Estação Elevatória até a entrada da área da ETE

Este trecho tem cerca de 120 m de comprimento. Inicia no barrilete de descarga da elevatória e se estende até junto à entrada do complexo da ETE.

#### ➤ Trecho 2 - Entrada da área da ETE até a Rodovia Francisco Magno Vieira (SC-405)

Trecho com comprimento de 500 m que inicia na entrada da ETE e termina junto à margem da rodovia SC-405. Se desenvolve ao longo da lateral oeste da estrada de acesso à ETE e atravessa sobre a calha (dragada) de um afluente do rio Tavares.

#### ➤ Trecho 3 - Rodovia Francisco Magno Vieira (SC-405)

Se desenvolve ao longo da margem norte da rodovia SC-405 até as proximidades da rua Servidão Coqueiros do Sul onde inicia a travessia sob as pistas da rodovia. Apresenta uma extensão de 1.610 m.

#### ➤ Trecho 4 - Travessias da rodovia SC-405, Av. Dep. Domênico Freitas e alças de acesso

Este trecho apresenta uma extensão de 260 m. Tem início no lado norte da rodovia SC-405 atravessa a rodovia para a margem sul. Neste segmento haverá uma travessia pelo método não destrutivo (Travessia MND 01) numa extensão de 20 m. Após a travessia a tubulação de PEAD seguirá assentada em vala por cerca de 185 m até alcançar as alças de confluência com a Av. Dep. Domênico Freitas (logo após o Brasil Atacadista) onde inicia a segunda travessia (Travessia MND 02) sob as alças de acesso até alcançar o espaço livre no trevo viário, numa extensão de 40 m.

Do final da Travessia MND 02 até a lateral norte da Av. Dep. Domênico Freitas a tubulação de PEAD seguirá assentada em vala por cerca de 55 m. Na margem norte da avenida iniciará a terceira travessia (Travessia MND 03) que passará sob as pistas da mesma numa extensão de 30 m. A partir deste ponto o emissário seguirá assentado em vala ao longo do acostamento da rodovia.

➤ Trecho 5 - Av. Dep. Domênico Freitas e rodovia Gov. Aderbal Ramos da Silva

A partir da confluência da Rua Vinte e Cinco de Março a tubulação segue ao longo da margem oeste da rodovia até a altura da EEB Júlio da Costa Neves a partir de onde seguirá na direção oeste até alcançar a lateral norte da Ciclovía Saco dos Limões. A extensão deste trecho é da ordem de 540m.

➤ Trecho 6 - Ciclovía Saco dos Limões

Este trecho tem cerca de 3.940m e inicia no final da ciclovía (nas proximidades da EEB Júlio da Costa Neves). O caminhamento da tubulação segue ao longo da margem norte da ciclovía até cerca de 50 m antes do canal onde passará para o lado sul da ciclovía. Deste ponto segue até alcançar o Canal C-10 onde o efluente será lançado. Neste trecho predominam terrenos resultantes de aterros e com a presença de canais de drenagem e cursos de água confinados em calhas de concreto ou materiais similares.

## 7.5.2 Travessias de Vias e Cursos d'Água

Ao longo do caminhamento da tubulação de condução existem diversos tipos de obstáculos que demandam soluções especiais de engenharia. Os principais tipos de travessia são indicados e comentados a seguir.

➤ Travessias de infraestruturas viárias

As travessias sob ruas e vias de menor porte serão realizadas com a tubulação assentada em valas, com ou sem escoramento, dependendo das condições geotécnicas locais.

As travessias sob vias de grande movimento, como a rodovia SC-405 e a Av. Dep. Domênico Freitas serão implantadas através do método não destrutivo (MND). Conforme indicado anteriormente (item 3.5.1) serão três obras deste tipo, cuja localização e extensão foram indicadas. Este tipo de travessia está caracterizado adiante, no item 353 - Travessias não destrutivas.

➤ Travessias de Cursos d'água

A travessia de cursos de água com calha natural ou apenas dragada será realizada através de tubos de ferro fundido flangeados e apoiados em passarelas e pilares de concreto espaçados de, no máximo, 6,0m. Tubos de aço também poderão ser utilizados quando as condições locais favoreçam esta alternativa.

De maneira geral, no fundo da vala imediatamente a montante será instalado um registro de descarga de fundo para manutenção da tubulação e no ponto mais alto da travessia será posicionada uma ventosa.

➤ Travessias de Canais

As travessias de canais de drenagem com taludes construídos em concreto ou outros materiais serão realizadas, quando possível, através de tubos assentados em apoios sobre os próprios muros. Se a largura exceder a 6,0 m poderão ser implantadas passarelas ou apoios (pilares) intermediários ou então. Eventualmente, quando julgado mais adequado, poderão ser utilizados tubos e peças de aço soldado, adequadamente protegidos contra intempéries e corrosão.

➤ Travessias de bueiros e galerias de drenagem

A travessia de drenos em locais que estão construídos bueiros ou galerias será realizada, sempre que possível, sobre o corpo destas obras. Propõe-se que sejam utilizados tubos de ferro fundido a fim de minimizar os riscos à tubulação adutora durante os serviços de manutenção das obras de drenagem. Junto a estas obras, via de regra, também serão instalados registros para descarga de fundo e válvulas ventosas.

### 7.5.3 Travessias não destrutivas

Nos locais de travessia da rodovia Francisco Magno Vieira (SC-405), da Av. Dep. Domênico Freitas e alças de viaduto, locais de grande fluxo de veículos fica inviabilizado o assentamento da tubulação em valas. Tais obras atrapalhariam sobremaneira o trânsito que já é intenso sob condições normais. Para estes locais propõe-se a utilização de técnicas não destrutivas para instalação de pequenos túneis (galerias) ou de “tubo-camisa” para acomodar o tubo de PEAD.

A princípio, foram previstos três trechos com travessias não destrutivas. Outros trechos poderão ser identificados por ocasião dos levantamentos cadastrais (topográficos, geotécnicos e interferências diversas, etc.) em fases futuras de projeto. Os três trechos com travessias não destrutivas são os seguintes;

- a) sob a rodovia Francisco Magno Vieira (SC-405): inicia no km 2,350 e se estende por cerca de 20 m;
- b) sob as alças de acesso ao viaduto e à Av. Dep. Domênico Freitas, com início no km 2,43 percorrendo uma extensão de 40 m;
- c) sob a Av. Dep. Domênico Freitas com início no km 2,57 e extensão de 30 m.

Em fases futuras de projeto a localização exata de cada obra poderá ser modificada em decorrência de levantamentos cadastrais detalhados.

Face aos grandes diâmetros dos tubos, considerou-se que técnicas para inserção de tubulações não serão utilizáveis. Para o presente caso será necessário implantar galerias ou tubos-camisa através da utilização de técnicas não destrutivas para, em seguida, inserir o trecho de tubo já soldado ou montado e, então, ser unido aos trechos de montante e a jusante da tubulação de PEAD.

Existem diversas técnicas e equipamentos para execução deste tipo de travessia. A seguir são apresentadas duas alternativas.

– Tuneladoras ou *Tunnel Boring Machine* (TBM)

Este equipamento permite que os “tubos-camisa” sejam “cravados” possibilitando a confecção de pequenos túneis com secção transversal circular. Ele perfura o solo com o auxílio de uma hélice sem fim e enquanto avança traz o material escavado para o poço de serviço. Ato contínuo, é realizada a cravação dos tubos de concreto de alta resistência ou de outro material. No interior destes tubos (tubo-camisa) poderá ser assentado o tubo de polietileno. As figuras a seguir mostram alguns aspectos técnicos desta técnica e do equipamento.

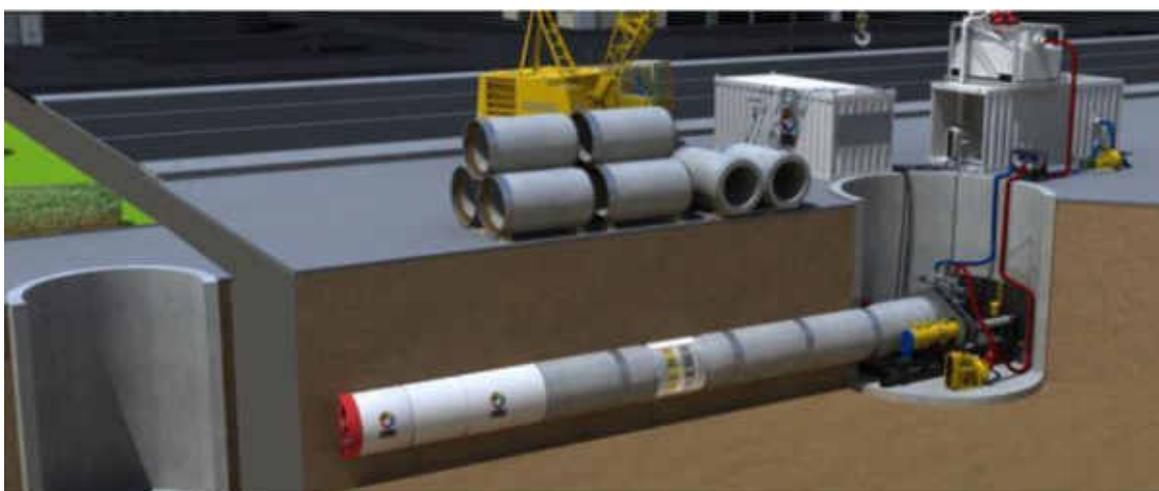


Figura 7.7: Esquema de Serviço com Tuneladora

Fonte: <https://docplayer.com.br/50664830>



Figura 7.8: Tuneladora Cravando Tubo

Fonte: Engemape

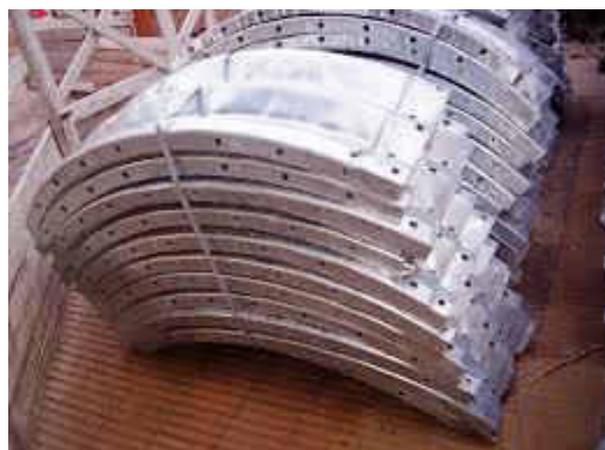
As limitações para uso deste processo construtivo são a baixa disponibilidade de equipamentos no mercado e os elevados custos dos serviços. Por estes motivos não foi indicado o seu uso neste empreendimento.

– Túnel Liner ARMCO

Este tipo de túnel é conformado com chapas modulares corrugadas, aparafusadas. É muito utilizado em túneis de pequenos a médios diâmetros (1,20m a 5,00m) na forma circular, lenticular e outras. Sua execução, inclusive escavação, é manual ou com pequenos equipamentos e pode ser realizada na maioria dos tipos de terreno. Por apresentar produtividades e não demandar equipamentos especiais é uma técnica muito difundida em obras viárias, drenagem, etc. A marca ARMCO é frequentemente associada a este tipo de obras. A Figura 7.9 mostra alguns aspectos de um túnel e materiais.



Fonte: <https://www.geotunnel.com.br>



Fonte: <http://repositorio.unis.edu.br/>

Figura 7.9: Túnel em Chapas de Aço Galvanizado e Módulos de Chapa

Face à sua grande difusão no mercado e aceitação pelas empresas públicas e privadas propôs-se a utilização desta técnica para implantar as travessias não destrutivas nos locais antes mencionados.

Para definição do diâmetro da galeria (*tunnel liner*) foi definido preliminarmente que o diâmetro da galeria ( $D_g$ ) deverá ser de pelo menos 60% maior que o diâmetro do tubo do emissário. Assim tem-se:

$$D_g = 1,6 D_t = 1,6 * 0,90 = 1,44 \text{ m.}$$

Adotou-se um diâmetro comercial da galeria imediatamente superior (conforme catálogo da ARMCO), ou seja,  $D_t = 1,60\text{m}$ .

A profundidade de instalação das galerias dependerá da existência de interferências nos locais bem como do tipo de terreno e das cargas em cada local. A altura de aterro mínima para o diâmetro de 1,60 m é de 1,50 m, conforme tabela indicada no site <https://www.geotunnel.com.br/execucao-tunnel-liner>. A altura de aterro máxima dependerá do tipo de carga sobre o aterro e da espessura da chapa utilizada na fabricação dos módulos. Para uma chapa de espessura mínima (2,2mm) a altura máxima será de 6,7m, perfeitamente compatível com as travessias previstas.

A Figura 7.10 mostra uma travessia não destrutiva típica proposta para passagem sob as principais vias rodoviárias.

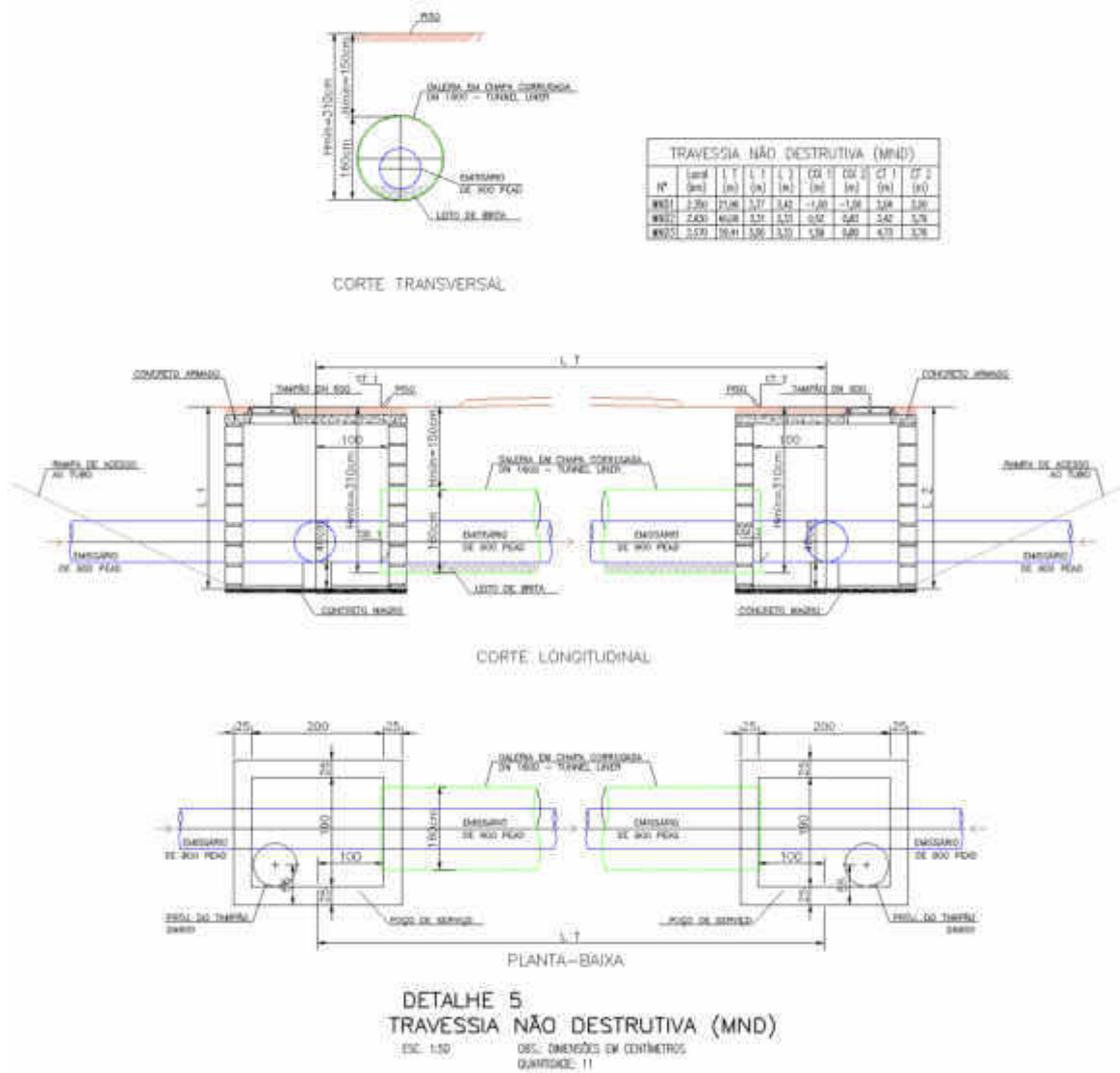


Figura 7.10: Travessia Típica pelo Método Não Destrutivo (MND) Sob Vias Rodoviárias

## 7.5.4 Drenagem e Ventosas da Tubulação

Para drenagem do efluente serão instaladas válvulas (registros) nos pontos mais baixos e para retirada do ar serão instaladas ventosas nos pontos mais altos de cada trecho.

### a) Válvulas de drenagem

Foram previstos dispositivos para permitir a drenagem da tubulação de condução para eventuais serviços de manutenção preventiva ou corretiva. Nos pontos mais baixos de cada trecho, normalmente junto às travessias de cursos de água e sob rodovias foram indicadas descargas de fundo: válvulas flangeadas a um tê, de forma a permitir o completo esvaziamento da tubulação.

As vazões drenadas serão encaminhadas para uma caixa (poço) de coleta e, quando possível, direcionadas para o curso de água ou dreno mais próximo. Quando a drenagem natural não é possível os volumes serão bombeados para a rede de drenagem pluvial mais próxima.

Os diâmetros mínimos ( $D_d$ ) das válvulas de drenagem podem ser definidos pela seguinte relação (Azevedo Neto):

$$D_d = D_t/6$$

onde  $D_t$  é o diâmetro da tubulação. No presente caso, como  $D_t=900\text{mm}$  resultou  $D_d=150\text{ mm}$ . Por se tratar de esgoto tratado e para agilizar eventuais operações de drenagem, adotou-se  $D_d=200\text{mm}$ .

Cada obra demandará a instalação de um tê em PEAD com DN 900x200, curva 90° DN 200, registro gaveta DN 200, tubo de drenagem (PVC) DN 200 e tampão DN 600 para a caixa.

A Figura 7.11 mostra a solução proposta.

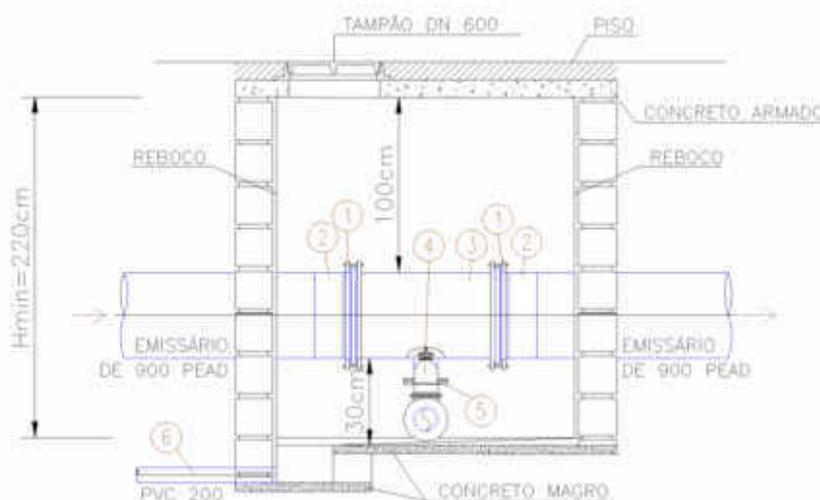


Figura 7.11: Caixa de Drenagem da Tubulação

### b) Ventosas

Nos pontos mais altos de cada trecho da tubulação foi preconizada a instalação de ventosas de tríplice função para remover os eventuais bolsões de ar formados durante a operação da tubulação. O diâmetro da ventosa ( $D_v$ ) foi preliminarmente definido através da relação (Azevedo Neto):

$$D_v = D_t/8$$

onde  $D_t$  é o diâmetro da tubulação. Considerando que  $D_t=900\text{mm}$  o diâmetro mínimo da ventosa será  $112,5\text{mm}$ . O diâmetro comercial imediatamente acima é  $150\text{mm}$ . Para aumentar a segurança da tubulação, adotou-se  $D_v=200\text{mm}$ .

A maioria das ventosas será instalada ao tempo, nos pontos de travessia sobre os cursos de água havendo, entretanto, também casos que serão instaladas em abrigos enterrados.

Cada ventosa em travessia aérea será instalada em t $\hat{e}$  DN 900x200, juntamente com registro gaveta DN 200 conforme indicado na Figura 7.12.

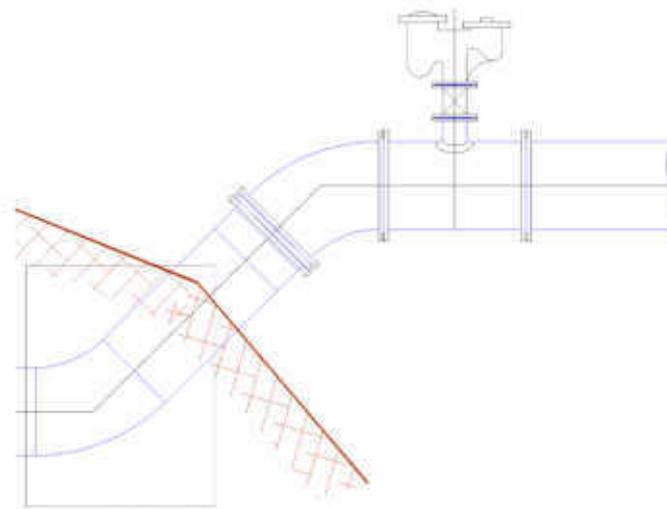


Figura 7.12: Ventosa Instalada ao Tempo, em Travessias Aéreas

As ventosas instaladas sob o nível do terreno ficarão em abrigo de alvenaria. Cada ventosa demandará a instalação de um t $\hat{e}$  DN 900x200, registro gaveta DN 200, ventosa de tríplice função DN 200 e tampão DN 600 para a caixa. A Figura 7.13 mostra mais detalhes.

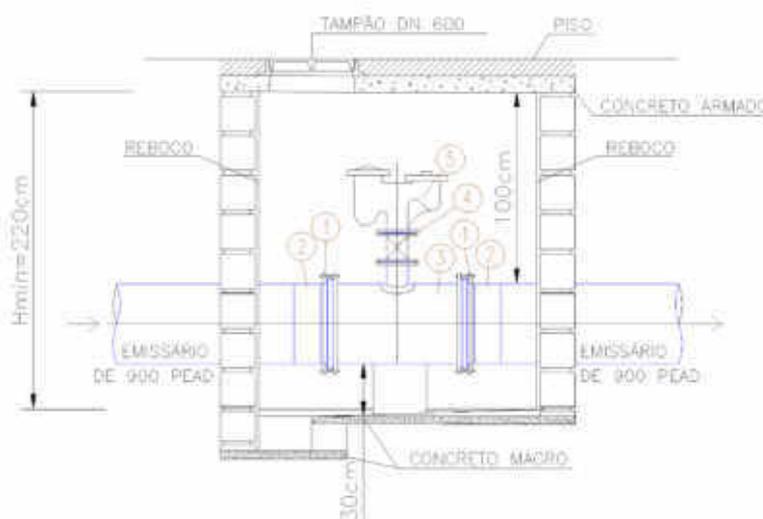


Figura 7.13: Ventosa Instalada em Caixa Enterrada

### 7.5.5 Estrutura de Descarga do Efluente no Canal C-10

A descarga do emissário ocorrerá no Canal C-10, num ponto situado entre a ciclovia e a margem da baía (Saco dos Limões). O canal se estende até cerca de 90 m ao sul da

ciclovias sendo confinadas por diques e seus taludes se encontram revestidos com material rochoso.

Por solicitação da CASAN a descarga do emissário deverá ocorrer numa cota onde não haja influências das marés na descarga e/ou carreamento de materiais que venham dificultar o livre fluxo dos efluentes. Atendendo a esta demanda posicionou-se a descarga de forma que geratriz inferior da tubulação na chegada da caixa seja igual ou superior ao nível máximo das marés, estimado em 3,0 m. Esta elevação corresponde à cota média das pistas da ciclovias existentes no local. O terreno no local de desemboque está na cota 2,80 m.

Considerando que a cota do fundo do canal naquele local é da ordem de 0,0 m haverá um desnível de aproximadamente 3,0 m desde a geratriz inferior da tubulação até o fundo, suficiente para manter uma descarga livre de obstruções. Deverão ser realizadas verificações periódicas dos níveis de sedimentos no local e executar serviços de limpeza sempre que necessário.

Para atender os critérios antes indicados propôs-se que a descarga do emissário seja realizada numa caixa de concreto aberta e equipada com guarda-corpo. A borda superior da caixa estará na cota 4,20 m (1,40 m acima do terreno natural) e o fundo estará posicionado na mesma cota de fundo do canal, resultando numa altura total da ordem de 4,20 m. As dimensões internas em planta serão de 3,0 x 3,0 m. Não terá parede no lado do canal de forma que o fluxo seja livre e facilite eventuais serviços de manutenção.

Como os tubos e peças a serem instalados na estrutura de desemboque ficarão expostos às intempéries deverão ser de ferro fundido, flangeadas.

Na chegada da tubulação do emissário serão utilizadas curvas de 45° para ajustar as elevações e alinhamentos. No desemboque será instalada uma curva de 90° associada a um segmento de tubo para direcionar o fluxo ao fundo da estrutura. A Figura 7.14 mostra o arranjo proposto para esta obra.

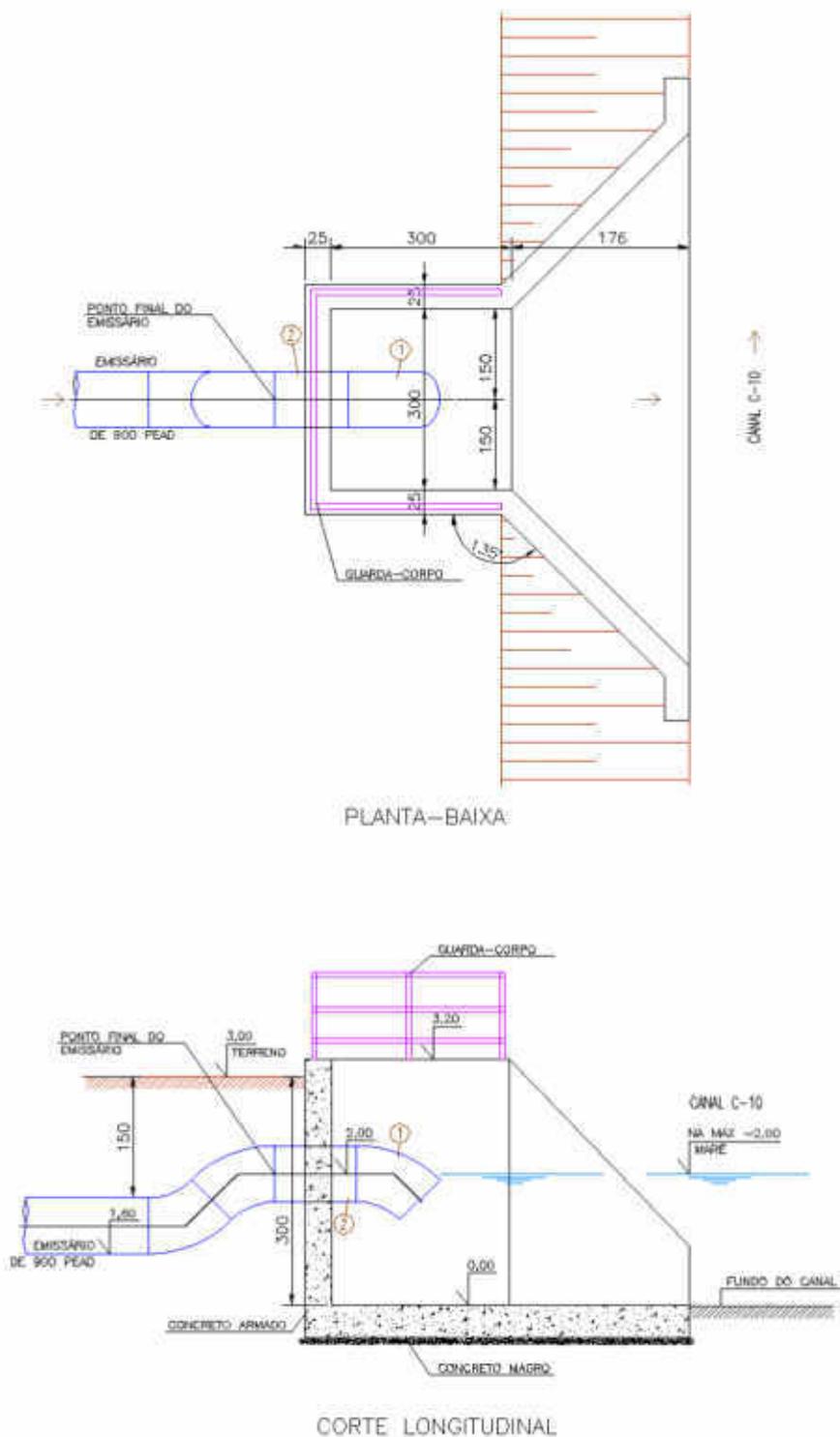


Figura 7.14: Caixa de Disposição do Efluente no Canal C-10

## 7.6 Rotinas Gerais de Operação

O Sistema de Disposição Final dos efluentes tratados será composto da Estação Elevatória e seu By Pass, da tubulação de condução do efluente até o Saco dos Limões e da tubulação de descarga emergencial no Rio Tavares.

O Sistema de Disposição, embora extenso, será de operação relativamente simples e consiste basicamente das atividades indicadas a seguir.

### 7.6.1 Estação Elevatória

A operação da Estação Elevatória será realizada através do controle dos níveis do líquido no Poço de Sucção através de eletrodos de sensibilidade posicionados nos pontos altimétricos desejados e conectados às chaves de comando das bombas. Para otimizar a operação das bombas serão utilizados inversores de frequência, evitando as frequentes operações de liga-desliga.

Nesta infraestrutura foram previstas quatro bombas de igual capacidade (300 L/s), sendo três em operação e uma de reserva. Poderão operar de forma contínua ou alternada, sempre associadas a inversores de frequência.

Numa primeira fase, até o final do plano da ETE atual, poderão ser utilizadas três bombas, sendo uma de reserva. Ao entrar em operação a ETE futura será necessário o uso de três bombas mais uma de reserva.

Por ocasião da realização de serviços de manutenção preventiva ou corretiva de uma das bombas, se houver necessidade, poderão ser realizadas manobras nas chaves de comando, desligando o sistema automático da bomba a receber a manutenção e deixando ligado o sistema automático da outra bomba. Desta forma, a paralisação do sistema de bombeamento devida a serviços de manutenção, será inexistente ou muito reduzida, permitindo elevada segurança operacional.

### 7.6.2 By Pass da Estação Elevatória

O “by pass” da Estação Elevatória funcionará por gravidade e de forma automática. Esta estrutura será equipada com duas comportas para controle da entrada do efluente no poço de sucção. Permanecerão abertas durante a operação normal da elevatória.

Numa eventual necessidade de manutenções no poço de sucção as comportas deverão ser fechadas manualmente. Neste caso toda a vazão será desviada para a tubulação do “by pass” e conduzida até o rio Tavares.

A saída dos efluentes através do vertedor do “by pass” ocorrerá somente em duas situações:

- (a) quando o nível do efluente no reservatório ultrapassar a cota máxima prevista em decorrência de falha ou falta de energia elétrica;
- (b) em razão do fechamento das comportas para manutenção emergencial da elevatória.

Em ambos os casos o efluente que sai da estrutura de “by pass” será direcionado à entrada da tubulação que conduzirá, por gravidade, até corpo receptor alternativo (rio Tavares). Esse vertimento deverá ser um evento extremo, de ocorrência rara e sua duração deverá ser a menor possível de forma a minimizar eventuais danos ambientais.

### 7.6.3 Tubulação do By Pass e Estrutura de Desemboque

A tubulação do “by pass” da Estação Elevatória, os poços de visita e a estrutura de desemboque deverão ser inspecionados periodicamente para verificar eventuais acúmulos de detritos e outros tipos de obstruções, principalmente na saída da tubulação na margem do rio Tavares.

## 8 AVALIAÇÃO AMBIENTAL E SOCIAL DA ALTERNATIVA ESCOLHIDA

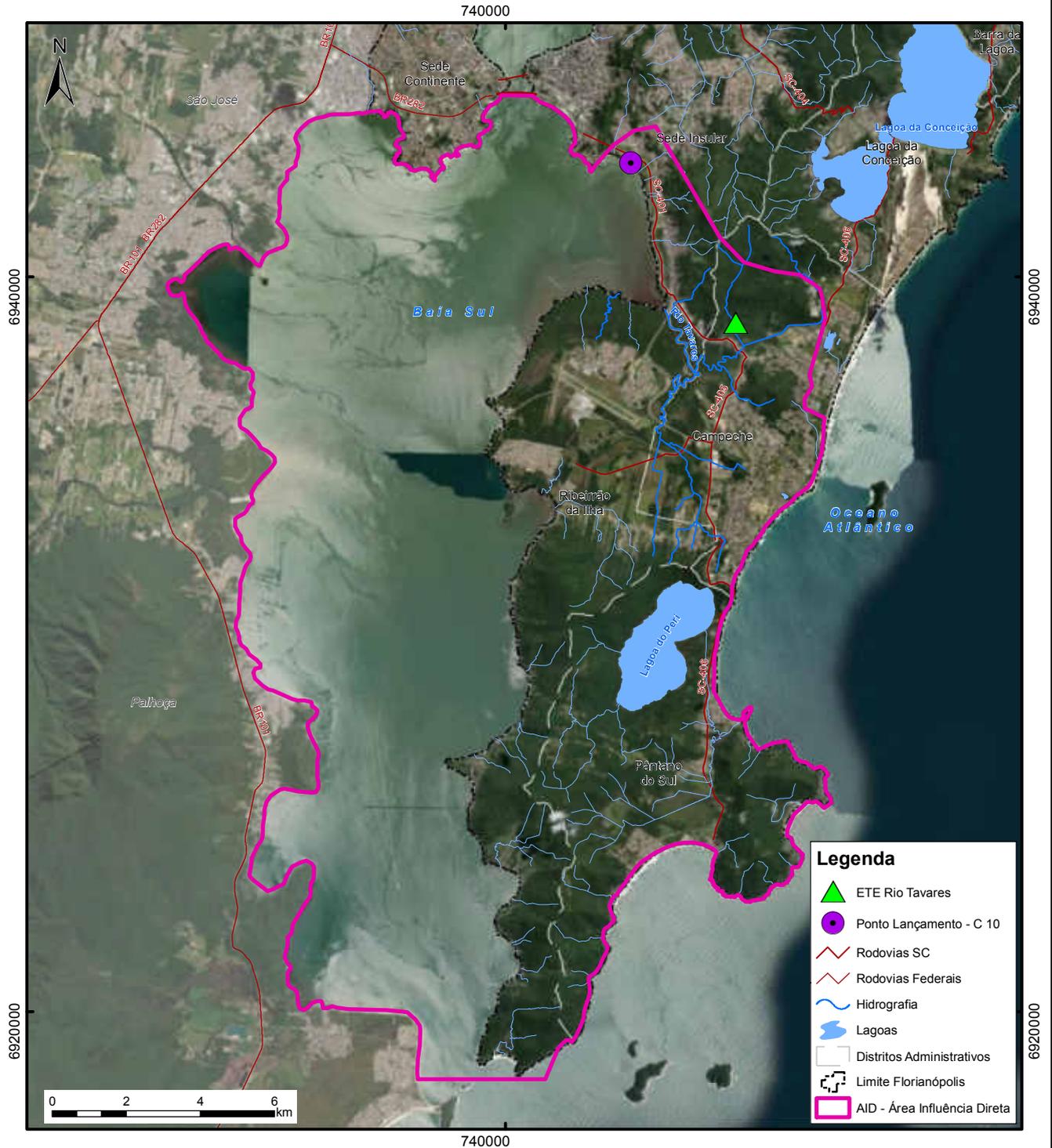
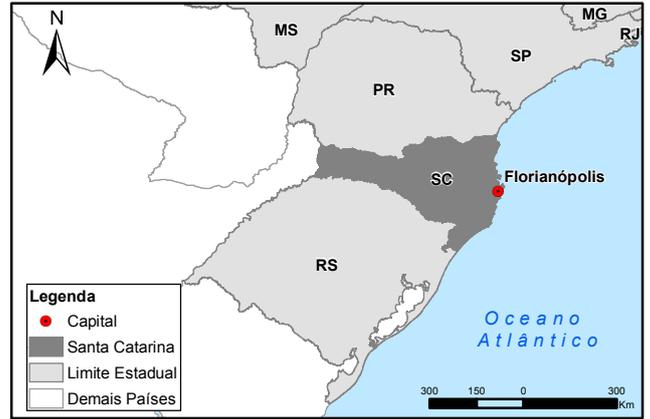
## 8 AVALIAÇÃO AMBIENTAL E SOCIAL DA ALTERNATIVA ESCOLHIDA

A avaliação ambiental e social da alternativa escolhida é uma etapa importante do estudo. Ressalta-se que as avaliações anteriores que levaram à seleção da alternativa escolhida, realizadas por meio de Análise Multicritério de Avaliação do Desempenho das Alternativas com a aplicação de Matriz de Decisão, a qual permitiu a comparação e ordenação das alternativas, incluíram a avaliação ambiental e social de vários fatores, de forma a comparar os impactos entre as alternativas.

O item em questão tem o objetivo de avaliar as questões ambientais e sociais da alternativa escolhida (Alternativa 2: Lançamento nos Canais de Drenagem - Ponto C-10, com previsão de lançamento de 200l/s), analisar os principais impactos ambientais e sociais e propor os programas ambientais a serem desenvolvidos durante a implantação e operação da alternativa de lançamento de efluente da ETE do Sul da Ilha (Região do Rio Tavares). Ressalta-se que a base dos Programas Ambientais aqui apresentados foi o PGA (Plano de Gestão Ambiental) desenvolvido pela Casan em atendimento da LAI do SES Rio Tavares, conforme solicitado pela Casan.

### 8.1 AID – Área de Influência Direta

A AID – Área de Influência Direta considerando o ponto de lançamento no Canal C-10 (vazão de 200 l/s) pode ser visualizada na Figura 8.1.



## 8.2 Principais Impactos Ambientais e Sociais da Alternativa Escolhida

O item em questão irá identificar os principais impactos ambientais e sociais prováveis decorrentes da implantação da alternativa escolhida. A Avaliação de Impacto Ambiental é um dos instrumentos mais amplamente empregado no mundo para a verificação dos futuros efeitos da ação humana sobre o meio ambiente.

Seu propósito é suprir informações por meio do exame sistemático das atividades do projeto. Isto permite maximizar os benefícios, considerando os fatores saúde, bem-estar humano, meio ambiente e elementos dinâmicos no estudo para avaliação (COSTA et al., 2005). Com a avaliação de impactos ambientais pode-se exigir para todos os empreendimentos com potencial impactante, a observação de pontos que possibilite a harmonização da relação do homem com o ambiente, disciplinando a ação humana e impondo limites à utilização dos recursos naturais.

A presente avaliação de impactos se refere às estruturas preconizadas para a disposição final do efluente tratado da ETE Rio Tavares, considerando uma vazão de 200 l/s, que integram a Alternativa 2: Lançamento nos Canais de Drenagem - Ponto C-10, que prevê as seguintes estruturas:

- Estação Elevatória de Esgoto Tratado: a qual será implantada dentro dos limites das instalações da ETE;
- Tubulação de condução do esgoto tratado (emissário) até o ponto de lançamento, em uma extensão de cerca de 7,02 km, cujo caminhamento se dá ao longo de vias de acesso à ETE além de trecho da margem norte da Via Expressa Sul, atravessando o complexo viário sob as pistas, percorrendo a margem Leste da ciclovia e passando sobre diversos canais e cursos d'água;
- Estrutura de Descarga do Efluente no Canal C-10; e
- Tubulação de Descarga Emergencial, no corpo receptor alternativo (Rio Tavares).

### 8.2.1 Identificação dos Impactos

Os impactos ambientais são definidos pela Resolução do Conama nº 001/86 como: “qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas no meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam a saúde, a segurança e o bem estar da população; às atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; a qualidade dos recursos ambientais”.

A Avaliação de Impactos Ambientais assegura uma análise sistemática dos impactos ambientais. Tem por objetivo garantir que responsáveis pela tomada de decisão apresentem soluções adequadas à população e ao meio ambiente, gerando medidas de controle e proteção, medidas mitigadoras e compensatórias, conforme o impacto.

Assim, a metodologia utilizada se deu a partir da identificação dos potenciais impactos resultantes da implantação do empreendimento (Estruturas de Condução e lançamento dos Efluentes Tratados da ETE do Sul da Ilha (Fase Rio Tavares)), bem como a classificação e a valoração dos mesmos. Em um primeiro momento os impactos da alternativa escolhida (Lançamento nos Canais de Drenagem - Ponto C-10) foram identificados nas diversas fases do empreendimento (Planejamento, Implantação e Operação), conforme pode ser observado no Quadro 8.1.

Quadro 8.1: Identificação dos Principais Impactos

Identificação dos Impactos para a Alternativa Escolhida Alternativa 2: Lançamento nos Canais de Drenagem - Ponto C-10	
Impacto	Descrição
<i>Fase de Planejamento</i>	
Geração de expectativas da população e grupos de interesse	Ao se definir a implantação da alternativa escolhida, haverá uma grande expectativa na população local em busca de informações. Esse impacto pode ser positivo, com relação a expectativa de melhorias na situação do esgotamento sanitário do município e da região, bem como negativo pelo eventual descontentamento da população localizada ou usuária de áreas próximas ao empreendimento pela expectativa de prejuízos devido ao empreendimento (alterações ambientais /ou nas atividades econômicas).
Produção de Conhecimento sobre a região e das condições locais	Ao desenvolver os estudos e projetos para a implantação da alternativa será necessária a coleta de informações locais detalhadas, o que irá proporcionar maior conhecimento da região e condições locais.
Geração de emprego e renda	Novos empregos serão gerados na contratação de mão de obra especializada para elaboração dos diversos itens dos estudos e projetos. Desde pessoal especializado para o desenvolvimento de estudos e projetos até serviços de campo investigativos/complementares nos locais onde serão efetuadas as obras.
<i>Fase de Implantação</i>	
Oferta de serviço/renda	Contratação de serviços de terceiros, mão de obra direta e a aquisição de materiais e equipamentos voltados ao planejamento do empreendimento e à execução das obras.
Aumento na arrecadação tributária	Este impacto refere-se à geração de tributos, dentre outros, decorrentes de pagamento de salários, compras de materiais de construção, bem como da contratação de serviços ligados às obras, os quais abrangerão as três esferas de governo, destacadamente a municipal.
Mudança na vida da população do entorno da obra - Mobilidade restrita	Com o início das atividades, a população lindeira e usuários do complexo viário envolvido terá sua rotina alterada pela execução da obra. Nessa fase estão previstos os serviços de abertura de valas nas vias para implantação da rede de esgoto, implantação de acessos a áreas, que podem ocasionar alterações no trânsito, aumento do ruído e da poeira no local, etc.
Acidentes de trabalho e com moradores	Ocorrência de acidentes nas frentes de serviços ou em função da operação de equipamentos relativos à obra. Entre os possíveis acidentes citem-se: quedas em valas e buracos, atropelamentos, danos a veículos e pessoas por maquinário, acidentes de trânsito, surgimento de possíveis rachaduras nos imóveis próximos de escavações, são possíveis acidentes que podem ocorrer durante a execução das obras.
Interferência na infraestrutura existente	Possível interrupção de abastecimento de água por incidentes que possam ocorrer junto à rede de abastecimento de água ao longo do trajeto do emissário, interferência com rede de drenagem pluvial, com a rede coletora de esgotos e/ou transtornos causados no trânsito por interrupção de parte das ruas.
Implantação de áreas de servidão administrativas	Modalidade onde se impõe restrição de uso sem a perda da propriedade e/ou da posse, neste caso utilizada para receber à implantação do transporte do esgoto (emissário terrestre)
Crescimento do comércio local	A contratação de operários e entrada de recursos por meio da aquisição de materiais, aluguel de imóveis trará impacto positivo sobre o comércio local.
Alteração na paisagem local	Na implantação serão percebidas mudanças na paisagem devido à implantação de canteiros de obras, acessos, sinalização, supressão de vegetação, alteração na topografia e implantação de estruturas como a Estação elevatória e os dutos do emissário. A movimentação de terra
Alteração na calha dos cursos d' água e/ou canais	Nos casos em que ocorrer erosão no solo, o material carreado poderá ser conduzido até os leitos dos cursos d' água provocando seu assoreamento ou alterações nem seu leito. No caso de disposição inadequada do solo proveniente da escavação das valas esse impacto também poderá ocorrer.
Transtornos no fluxo de veículos	Durante a execução da obra, poderá haver estreitamento de ruas, desvios de fluxo no sistema viário e na ciclovia, podendo causar trânsito lento em alguns locais principalmente em áreas de maior urbanização, bem como alteração dos acessos podendo causar desconforto aos pedestres e usuários do sistema viário.
Emissão de ruídos	Com a implantação das obras será necessário a utilização de veículos e maquinário pesado, como caminhões, escavadeiras provocando a lentidão no fluxo de veículos e/ou interdição temporária de vias, bem como a geração de ruídos, a própria presença de pessoal deverá gerar barulhos que aumentarão os níveis de pressão sonora durante a implantação do empreendimento.
Emissão de poeiras, material particulado e gases	Na fase de implantação do empreendimento as emissões atmosféricas mais significativas serão constituídas basicamente de material particulado emitidos dos processos de intervenção no solo e do tráfego de veículos/máquinas e equipamentos ocasionando levantamento de poeira na área. Além destes aspectos, também terão: limpeza e preparação de áreas, escavações, obras civis e montagens de estruturas. As emissões de gases oriundos dos escapamentos de veículos/máquinas/equipamentos participantes das obras na fase de implantação também poderão contribuir para alteração da qualidade do ar internamente ao sítio da obra e nas vizinhanças dele. Entretanto, não deverão ocorrer contribuições significativas que comprometam a qualidade do ar na região de entorno.
Geração de resíduos sólidos e efluentes líquidos	Os efluentes líquidos e resíduos sólidos serão gerados nos canteiros e frentes de obras, além dos efluentes e resíduos gerados pelos próprios trabalhadores também poderá haver a geração de efluentes oleosos em atividades de manutenção de veículos, máquinas e equipamentos, geração de resíduos relacionados à remoção do solo decorrentes das escavações, fragmentos de rochas, bem como, restos de embalagens, tubulações, tintas e solventes, asfalto, e outros tipos de pavimentos etc.
Formação de processos erosivos	A escavação, movimentação e compactação do solo, quando da construção da Estação Elevatória de Efluentes e tubulações gerar processos erosivos. Também poderá ocorrer processos de erosão em área de empréstimo de insumos como terra, areia e agregados.
Assoreamento de cursos d' água	Nos locais com presença de erosão no solo e/ou disposição inadequada de materiais de empréstimo como terra, areia e agregados, os materiais poderão ser carreados até os leitos dos cursos d' água provocando seu assoreamento. No caso de disposição inadequada do solo proveniente da escavação das valas esse impacto também poderá ocorrer.
Perturbação/interferência na fauna	As operações de supressão de vegetação, movimentação de terra, processos erosivos, ruídos e a presença das obras poderão causar o afugentamento da fauna e a alteração na oferta de alimento, em especial nas áreas com supressão de cobertura vegetal onde haverá redução das áreas de abrigo da fauna.
Perda de cobertura vegetal	Haverá supressão vegetal na área da ETE, onde será implantada a Estação elevatória e no trecho inicial do emissário terrestre, até a área urbanizada; a partir deste ponto haverá menor necessidade de supressão. O traçado do emissário acompanhará, em grande parte, os sistemas viário e cicloviário existentes, com intervenção em áreas já antropizadas.
Alteração na dinâmica do ecossistema	A supressão vegetal, mesmo que de pequenas áreas, poderá gerar algum desequilíbrio no ecossistema local, com a migração de animais para outras áreas.
Intervenção em APP (transposição de cursos de água)	A implantação do SES causará impacto negativo por haver intervenção nas áreas de preservação permanente de cursos de água, notadamente no rio Tavares. É importante destacar que as transposições serão realizadas preferentemente junto à estruturas já existentes, com os dutos posicionados ao longo da estrada de acesso à ETE, vias expressas e ciclovia, com assentamento realizado em valas no terreno natural, sobre estruturas de drenagem e sobre cursos de água (canalizados ou não).
<i>Fase de Operação</i>	
Alteração na paisagem local	A paisagem local será alterada pela introdução de estruturas como a Estação elevatória e os dutos do emissário.
Melhoria nos índices de saneamento	Com a operação do SES Sul da Ilha-Fase Rio Tavares irá ocorrer a melhoria dos índices de saneamento da região, o que está diretamente relacionado às condições de saúde pública local

Identificação dos Impactos para a Alternativa Escolhida Alternativa 2: Lançamento nos Canais de Drenagem - Ponto C-10	
Impacto	Descrição
Melhoria nas condições sanitárias	A coleta, o tratamento e a destinação final dos efluentes dos esgotos deverão melhorar a saúde e o bem-estar da população beneficiada, favorecendo à redução de doenças de veiculação hídrica e da presença de vetores. Este impacto favorável na qualidade de vida da população beneficiada deve reduzir as faltas ao trabalho por este tipo de doença.
Redução da poluição difusa	Com a operação do SES Sul da Ilha-Fase Rio Tavares haverá a diminuição da poluição difusa, os efluentes sanitários serão coletados e encaminhados a ETE para tratamento adequado e posterior lançamento dos efluentes tratados de forma adequada. A realidade atual de Campeche é a falta de tratamento de efluentes, fossas sépticas fora dos padrões exigidos ou sem manutenção, o que causa a poluição difusa. Redução na interferência no aporte de poluição a RESEX Pirajubá.
Contratação de serviços especializados	A operação do SES Sul da Ilha-Fase Rio Tavares e o monitoramento dos impactos necessitarão ser realizados por equipes especializadas, que deverão ser contratadas com este intuito.
Geração de emprego e renda	A potencialização das atividades de turismo, pela melhoria das condições sanitárias e de qualidade ambiental pode aumentar nas atividades econômicas ligadas ao turismo, gerando emprego e renda.
Risco de acidentes ambientais	Eventuais acidentes operacionais, que alterem negativamente a qualidade dos efluentes e/ou eventos que reduzam a capacidade de diluição do ponto de lançamento dos efluentes podem gerar acidentes ambientais devido ao aumento das concentrações de nutrientes no ponto de lançamento. Acidentes com eventual ruptura da canalização e/ou peças do emissário poderá resultar em extravasamento de efluentes no solo e/ou cursos de água, gerando contaminações e/ou prejuízos para a fauna e flora.
Enriquecimento do ecossistema	O aumento do aporte de nutrientes em períodos em que os lançamentos alterem as concentrações dos parâmetros de qualidade de água acima do limiar estabelecido na Resolução CONAMA 357 (Água Salobra - Classe 1) poderá ocasionar o aumento da população de organismos marinhos na zona de mistura.
Alteração da biomassa fitoplanctônica	Os lançamentos que elevarem as concentrações dos parâmetros de qualidade de água acima do limiar estabelecido na Resolução CONAMA 357 (Água Salobra - Classe 1) poderão aumentar o aporte de nutrientes, com potencial para ocasionar o aumento da biomassa fitoplanctônica.
Alteração no crescimento das algas	O maior aporte de nutrientes e/ou desequilíbrio na concentração do P e N poderá promover o crescimento de algas.
Interferência na pesca artesanal e esportiva	A presença do lançamento de efluentes pode gerar o afastamento dos usuários da região próxima da saída do Canal receptor, por temerem que o pescado possa sofrer contaminação, por desconhecimento do nível de tratamento dos esgotos.
Alteração na qualidade da água	O lançamento dos efluentes ou falhas do sistema de tratamento poderão alterar os padrões de concentração dos parâmetros de qualidade, afetando negativamente a qualidade da água do canal e/ou da zona de mistura. O rio Tavares, como corpo receptor emergencial, poderá ter sua qualidade afetada, em eventos emergências onde os efluentes alcançarem seu leito.
Alteração na qualidade da água subterrânea	Possível modificação da qualidade da água subterrânea devido a falhas do sistema de tratamento e/ou de condução dos efluentes que gerem extravasamento no solo e atinjam o lençol freático.
Preservação dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos	Modificação esperada na qualidade dos recursos hídricos da região (Rios, Canais e Lagoas) devido a coleta dos esgotos na área proposta para o empreendimento, com a consequente desativação de sistemas individuais menos eficientes.
Contaminação do solo	A contaminação do solo pode ser provocada por vazamentos acidentais ou infiltrações estruturais em algum elemento do sistema - rede, EE, ETE, emissário.
Melhoria da Balneabilidade	A redução da poluição difusa e de aporte de esgotos não tratados às praias da região poderá trazer uma melhoria nos índices de balneabilidade, reduzindo as ocorrências de índices classificados como impróprio.
Geração de ruídos - alteração dos níveis de pressão sonora	Esse impacto poderá ser proveniente do funcionamento da Estação Elevatória de efluentes dos esgotos tratados.
Emissões atmosféricas - alteração da qualidade dos recursos atmosféricos pela presença de mau odor	Na fase de operação do sistema de esgotamento sanitário poderão aparecer odores provenientes da má operação do sistema, assim como da falha/manutenção de algum equipamento de controle de odor como exaustores.
Alteração da qualidade da água na zona de mistura na Baía Sul	Eventos de não conformidade das condições de balneabilidade na zona de mistura quando a qualidade da água no ponto de lançamento dos efluentes do tratamento dos esgotos superar os limites das concentrações dos parâmetros analisados estabelecidos na Resolução CONAMA 357 (Água Salobra - Classe 1) (previsto para 3 % do tempo).

Após a identificação/descrição dos impactos para cada fase do empreendimento, foi desenvolvida a classificação dos mesmos (tipo, categoria, abrangência, duração, reversibilidade, magnitude). Esta análise permitiu estabelecer previamente um prognóstico sobre eles, adotando-se os seguintes critérios para cada atributo:

#### **Tipo de Impacto:**

Este atributo para classificação do impacto considera a consequência do impacto ou de seus efeitos em relação ao empreendimento, podendo ser classificado como direto ou indireto.

- Direto: Qualquer alteração no meio físico, químico e biológico do meio ambiente proveniente de atividades humanas que diretamente afetam a saúde, bem-estar e segurança da população.
- Indireto: Qualquer alteração no meio físico, químico e biológico do meio ambiente decorrentes de desdobramentos consequentes dos impactos diretos que afetam a saúde, bem-estar e segurança da população.

#### **Categoria do Impacto:**

O atributo categoria do impacto considera a classificação do mesmo em negativo (adverso) ou positivo (benéfico).

#### **Área de Abrangência:**

A definição criteriosa e bem delimitada das áreas de influência permite a classificação da abrangência de um impacto em local ou regional, conforme estabelecido a seguir:

- Local: quando o impacto, ou seus efeitos, ocorrem ou se manifestam na área restrita à intervenção do empreendimento.
- Regional: quando o impacto, ou seus efeitos, ocorrem ou se manifestam no entorno imediato à área de intervenção do empreendimento.

#### **Duração ou Temporalidade:**

Este atributo de classificação/valoração de um impacto corresponde ao tempo de duração que o impacto pode ser verificado na área em que se manifesta, variando como temporário ou permanente. Adotam-se os seguintes critérios para classificação em temporário ou permanente:

- Temporário: Quando um impacto cessa a manifestação de seus efeitos em um horizonte temporal definido ou conhecido.
- Permanente: Quando um impacto apresenta seus efeitos se estendendo além de um horizonte temporal definido ou conhecido e quando se estende por toda a vida útil do empreendimento.

#### **Reversibilidade:**

A classificação de um impacto segundo este atributo, considera as possibilidades do mesmo ser reversível ou irreversível, para isto são utilizados os seguintes critérios:

- Reversível: Quando é possível reverter à tendência do impacto ou os efeitos decorrentes das atividades do empreendimento, levando-se em conta a aplicação de medidas para reparação dele (no caso de impacto negativo) ou com a suspensão da atividade geradora do impacto.
- Irreversível: Quando mesmo com a suspensão da atividade geradora do impacto não é possível reverter à tendência do mesmo.

#### **Magnitude:**

Este atributo, na metodologia utilizada, considera a intensidade com que o impacto pode se manifestar, isto é, a intensidade com que as características ambientais podem ser alteradas, adotando-se uma escala nominal de baixo, médio e alto.

O Quadro 8.2 apresenta a classificação dos impactos.

Quadro 8.2: Classificação dos Principais Impactos

Classificação dos Impactos para a Alternativa Escolhida: Alternativa 2 - Lançamento nos Canais de Drenagem - Ponto C-10						
Impacto	Tipo de Impacto	Categoria do Impacto	Área de Abrangência	Duração	Reversibilidade	Magnitude
<i>Fase de Planejamento</i>						
Geração de expectativas da população e grupos de interesse	Indireto	Negativo/Positivo	Local	Temporário	Reversível	Alto
Produção de Conhecimento sobre a região e das condições locais	Indireto	Positivo	Regional	Temporário	Irreversível	Médio
Geração de emprego e renda	Direto	Positivo	Regional	Temporário	Irreversível	Baixo
<i>Fase de Implantação</i>						
Oferta de serviço/renda	Indireto	Positivo	Regional	Temporário	Irreversível	Baixo
Aumento na arrecadação tributária	Indireto	Positivo	Local	Temporário	Irreversível	Baixo
Mudança na vida da população do entorno da obra - Mobilidade restrita	Direto	Negativo	Local	Temporário	Reversível	Médio
Acidentes de trabalho e com moradores	Direto	Negativo	Local	Temporário	Irreversível	Médio
Interferência na infraestrutura existente	Direto	Negativo	Local	Temporário	Reversível	Baixo
Implantação de áreas de servidão administrativas	Direto	Negativo	Local	Permanente	Irreversível	Médio
Crescimento do comércio local	Indireto	Positivo	Local	Temporário	Irreversível	Baixo
Alteração na paisagem local	Direto	Negativo	Local	Permanente	Irreversível	Médio
Alteração na calha dos cursos d'água e/ou canais	Direto	Negativo	Local	Permanente	Irreversível	Médio
Transtornos no fluxo de veículos	Direto	Negativo	Local	Temporário	Reversível	Alto
Emissão de ruídos	Direto	Negativo	Local	Temporário	Reversível	Baixo
Emissão de poeiras, material particulado e gases	Direto	Negativo	Regional	Temporário	Reversível	Médio
Geração de resíduos sólidos e efluentes líquidos	Direto	Negativo	Local	Temporário	Reversível	Médio
Formação de processos erosivos	Direto	Negativo	Local	Temporário	Reversível	Baixo
Assoreamento de cursos d'água	Direto	Negativo	Local	Permanente	Reversível	Médio
Perturbação/interferência na fauna	Direto	Negativo	Local	Temporário	Reversível	Baixo
Perda de cobertura vegetal	Direto	Negativo	Local	Permanente	Irreversível	Médio

**Classificação dos Impactos para a Alternativa Escolhida: Alternativa 2 - Lançamento nos Canais de Drenagem - Ponto C-10**

<b>Impacto</b>	<b>Tipo de Impacto</b>	<b>Categoria do Impacto</b>	<b>Área de Abrangência</b>	<b>Duração</b>	<b>Reversibilidade</b>	<b>Magnitude</b>
Alteração na dinâmica do ecossistema	Direto	Negativo	Local	Temporário	Reversível	Médio
Intervenção em APP	Direto	Negativo	Local	Permanente	Irreversível	Médio
<i>Fase de Operação</i>						
Alteração na paisagem local	Direto	Negativo	Local	Permanente	Irreversível	Baixo
Melhoria nos índices de saneamento	Direto	Positivo	Local	Permanente	Irreversível	Alto
Melhoria nas condições sanitárias	Direto	Positivo	Local	Permanente	Irreversível	Alto
Redução da poluição difusa	Direto	Positivo	Regional	Permanente	Irreversível	Médio
Contratação de serviços especializados	Direto	Positivo	Regional	Permanente	Irreversível	Baixo
Geração de emprego e renda	Indireto	Positivo	Local	Permanente	Reversível	Baixo
Risco de acidentes ambientais	Direto	Negativo	Local	Temporário	Reversível	Médio
Enriquecimento do ecossistema	Direto	Negativo/Positivo	Local	Permanente	Reversível	Médio
Alteração da biomassa fitoplanctônica	Direto	Negativo/Positivo	Local	Temporário	Reversível	Médio
Alteração no crescimento das algas	Direto	Negativo/Positivo	Local	Temporário	Reversível	Médio
Interferência na pesca artesanal e esportiva	Indireto	Negativo	Local	Temporário	Reversível	Baixo
Alteração na qualidade da água	Direto	Negativo	Local	Temporário	Reversível	Médio
Alteração na qualidade da água subterrânea	Direto	Negativo	Local	Permanente	Irreversível	Baixo
Preservação dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos	Direto	Positivo	Regional	Permanente	Irreversível	Alto
Contaminação do solo	Direto	Negativo	Local	Temporário	Reversível	Baixo
Melhoria da Balneabilidade	Direto	Positivo	Local	Permanente	Irreversível	Alto
Geração de ruídos - alteração dos níveis de pressão sonora	Direto	Negativo	Local	Permanente	Reversível	Médio
Emissões atmosféricas - alteração da qualidade dos recursos atmosféricos pela presença de mau odor	Direto	Negativo	Local	Permanente	Reversível	Alto
Alteração da qualidade da água na zona de mistura na Baía Sul	Direto	Negativo/Positivo	Local	Temporário	Reversível	Médio

### 8.3 Medidas Mitigadoras, Compensatórias e Potencializadoras

Após a identificação dos impactos, medidas mitigadoras, compensatórias e potencializadoras serão apresentadas a fim de indicar ações que visem à redução ou eliminação dos impactos negativos (medidas mitigadoras e compensatórias) e também ações objetivando a maximização dos impactos positivos (medidas potencializadoras). As medidas mitigadoras/reparadoras propostas foram baseadas na previsão de eventos adversos potenciais sobre os itens ambientais destacados, tendo por objetivo a eliminação ou atenuação de tais eventos. As medidas potencializadoras propostas, conforme citado anteriormente, visam a otimizar as condições de instalação do empreendimento através da maximização dos efeitos positivos. Tais medidas mitigadoras e potencializadoras apresentam características de conformidade com os objetivos a que se destinam:

- Medidas mitigadoras são ações propostas com a finalidade de minimizar ou eliminar eventos adversos que se apresentam com potencial para causar prejuízos aos itens ambientais destacados nos meios físico, biótico e socioeconômico;
- Medidas compensatórias consistem em ações que procuram repor bens socioambientais perdidos em decorrência de ações diretas ou indiretas do empreendimento;
- Medidas potencializadoras visam a otimizar ou a maximizar o efeito de um impacto positivo decorrente direta ou indiretamente da instalação do empreendimento.

Desta forma, o Quadro 8.3 apresenta as medidas propostas para os impactos identificados nas diferentes fases do empreendimento.

Quadro 8.3: Medidas Previstas para cada Impacto Identificado

Impactos Esperados	Medidas
<b>Potencializadoras</b>	
Geração de expectativas da população e grupos de interesse	<i>Informar à população sobre o projeto a ser implantado; Estabelecer um canal de relacionamento efetivo; Formar parceria/contato com representantes da população (pescadores, surfistas, associações de bairros, ONGs, etc.); Formar parceria com entidades públicas e privadas (Prefeitura, Secretarias, Vigilância Sanitária, Conselho do Meio Ambiente, etc.); Executar todas as medidas de controle ambiental propostas para o meio antrópico de acordo com o preconizado.</i>
Produção de Conhecimento sobre a região e das condições locais	<i>Estabelecer um canal de relacionamento proativo com a população para transferência de informações; Formar parceiras com entidades públicas e privadas a fim de divulgar os dados produzidos ao longo dos estudos e projetos; Disseminar para a população (trabalhadores, pescadores, surfistas, veranistas, etc.) informações sobre o meio ambiente e sobre a alteração dos sistemas de esgotamento sanitário; Publicar dados relevantes obtidos durante os estudos de campo.</i>
Geração de emprego e renda / Contratação de serviços especializados / Crescimento do comércio local / Aumento na arrecadação tributária	<i>Priorizar a contratação de profissionais locais sempre quando possível, oportunizar que a mão de obra direta e indireta seja da região, inclusive a compra de materiais e equipamentos, contratação de serviços especializados, priorização de pequenos comércios locais, etc.</i>
Melhoria nos índices de saneamento	<i>Monitorar os índices de saneamento do município. Divulgar os dados para a população e demais usuários; Manter atualizado os índices junto a plataforma de dados (SNIS).</i>
Melhoria da Balneabilidade	<i>Monitorar e divulgar os dados de balneabilidade e qualidade da água nas praias da região</i>
Redução da poluição difusa / Preservação dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos / Melhoria nas condições sanitárias	<i>Divulgar os dados relacionados a implantação do SES Sul da Ilha (Campeche) - Fase Rio Tavares; Estabelecer um canal de relacionamento com a população local; Formar parcerias com órgãos públicos e privados (Secretaria Municipal da Saúde, Vigilância Sanitária, Secretaria do Meio Ambiente); Consientizar a população e demais usuários sobre a importância da ligação na rede de esgoto quando em funcionamento; Desenvolver campanhas de qualidade da água dos rios, lagoas, canais de drenagem, praias, águas subterrâneas, etc. de forma periódica e divulgar os dados para a população local demonstrando as melhorias da qualidade da água com a implantação do SES.</i>
<b>Preventivas/Mitigadoras/Compensatória</b>	
Mudança na vida da população do entorno da obra - Mobilidade restrita / Transtornos no fluxo de veículos	<i>Estabelecer um canal de comunicação com a população; Manter divulgação da programação da obra, o seu avanço e restrições temporais de acesso. Sinalizar com antecedência a faixa a ser interrompida, determinar horários específicos para carga e descarga de materiais e resíduos, prever a presença de um agente de trânsito nas primeiras semanas de instalação da obra.</i>
Acidentes de trabalho e com moradores	<i>Treinamento de funcionários e constante utilização e manutenção dos equipamentos proteção coletiva e individual pelos trabalhadores e operadores de máquinas.; Seguir as normas de segurança do trabalho (NR 's) e disponibilizar profissional habilitado para o acompanhamento de todo o processo de implantação e posteriormente operação do SES. Orientação da comunidade sobre os riscos inerentes a obra e sinalização das praças de serviço.</i>
Interferência na infraestrutura existente	<i>Estabelecer um canal de comunicação com a população divulgando com antecedência as interrupções de serviços previstas; Definir horários que causem menores impactos na infraestrutura existente, determinar tempo/horas de interferência, população afetada, etc.</i>
Implantação de áreas de servidão administrativas	<i>Estabelecer um canal de comunicação com a população; Efetuar os devidos pagamentos de indenizações quando aplicável.</i>
Alteração na paisagem local	<i>Estabelecer um canal de relacionamento com a população; Implantar ações que melhorem o paisagismo visando a melhor inserção do canteiros-de-obra no seu entorno e cortina vegetal na área da ETE e Estação Elevatória; Utilizar métodos construtivos adequados, treinamento dos operadores de máquinas e encarregados e recuperação das áreas degradada. Na Implantação de cortina vegetal.</i>
Emissão de ruídos	<i>Manter veículos e máquinas reguladas e com seu dispositivo de amortecimento de ruído ('silencioso") em perfeitas condições;</i>

Impactos Esperados	Medidas
	<i>Estabelecer horário específico para realização dos trabalhos de perfuração no solo e outras atividades geradoras de maiores ruídos.</i>
Emissão de poeiras, material particulado e gases / Emissões atmosféricas - alteração da qualidade dos recursos atmosféricos pela presença de mau odor	<i>Umectação constante do solo nas áreas de intervenção, com frequência pré-determinada, para controle na origem das emissões de material, cargas transportadas em caminhões, através do recobrimento das carrocerias com lonas; Controlar as emissões de poluentes oriundas dos motores de combustão interna - realizar manutenção preventiva das características originais do sistema de escapamento dos veículos. No caso de odores, realizar a instalação de cortina vegetal e enclausuramento das unidades geradoras de odores.</i>
Geração de resíduos sólidos e efluentes líquidos	<i>O efluente doméstico do canteiro terá destinação adequada e das frentes de obra será reservado nos banheiros químicos que serão recolhidos pela empresa responsável e os veículos conterão kit emergência para o caso de vazamento de óleo (pó de serra, pá e saco plástico); Implantação de coleta seletiva e de disposição adequada dos resíduos. Implantação de medidas de gestão de resíduos sólidos.</i>
Formação de processos erosivos / Assoreamento de cursos d'água / Alteração na calha dos cursos d'água e/ou canais	<i>Utilizar métodos construtivos adequados, treinamento dos operadores de máquinas e encarregados e recuperação das áreas degradadas / reconformação da seção do curso de água / desassoreamento. Monitoramento de processos erosivos.</i>
Perturbação/interferência na fauna / Alteração na dinâmica do ecossistema	Medidas de controle de ruídos durante a obra e a operação do Sistema. Solicitar autorização de afastamento e resgate de fauna, realocação de espécies resgatadas para áreas com adequada oferta de alimentos e abrigo. Compensação ambiental decorrente da supressão vegetal.
Perda de cobertura vegetal / Intervenção em APP	<i>Solicitar autorização de supressão de vegetação, intervenção de APP e compensação ambiental quando necessário de acordo com as condicionantes ambientais dos órgãos ambientais competentes.</i>
Alteração na qualidade da água / Alteração da qualidade da água na zona de mistura na Baía Sul / Enriquecimento do ecossistema / Alteração da biomassa fitoplanctônica / Alteração no crescimento das algas / Interferência na pesca artesanal e esportiva	<i>Monitoramento da qualidade ambiental, com o monitoramento das águas superficiais e sedimentos, das águas da Baía Sul e da biota aquática, em conformidade com a Resolução 357/2005 e suas alterações, bem como as normas do IMA e demais normas aplicáveis. Divulgar os dados dos monitoramentos para a Comunidade, por meio de Programa de Comunicação, demonstrando as melhorias alcançadas. Controle operacional da ETE, evitando-se o lançamento de efluentes fora dos padrões definidos.</i>
Risco de acidentes ambientais / Alteração na qualidade da água subterrânea / Contaminação do solo	<i>A operação e manutenção das redes coletoras e estação elevatória deve realizar inspeções e manutenções preventivas nos sistemas; Implantar dispositivos de segurança indicados (bypass emergencial, extravasores, etc.); Treinamento de funcionários relacionado a situações de emergência; Disponibilização de Kits de emergência; Correto manejo das atividades nas áreas, não permitindo movimentações e intervenções no solo desnecessárias, em áreas próximas ao leito dos corpos hídricos; Recuperação das áreas afetadas;</i>
Geração de ruídos - alteração dos níveis de pressão sonora	<i>Isolamento acústico das edificações (projetar clausura para equipamentos com maior potencial de emissão de ruídos (motobombas); manutenção dos equipamentos.</i>

Com base nos impactos identificados nas diferentes fases do empreendimento, o mesmo poderá ser considerado viável, uma vez que todos os impactos negativos observados são passíveis de mitigação e/ou prevenção através da implantação de ações/programas específicos em cada uma das fases. É importante ressaltar que o prognóstico esperado para a região com a implantação do SES Sul da Ilha - Fase Rio Tavares é de melhoria nas condições ambientais, uma vez que a situação atual não conta com a coleta, tratamento e disposição adequados/eficientes dos efluentes gerados. Juntamente com as melhorias ambientais, esperam-se melhorias relacionadas à qualidade de vida da população.

## 8.4 Programas Ambientais Propostos

Para que as medidas sugeridas sejam implementadas durante as diferentes fases do empreendimento é importante que sejam propostos Programas Ambientais que contemplem as ações necessárias para que as obras previstas neste estudo sejam implantadas e operadas conforme a legislação ambiental vigente e as condicionantes de seu licenciamento, a fim de minimizar os impactos ambientais adversos e potencializar os impactos positivos. Tais programas deverão ser detalhados e ajustados com base no projeto executivo da alternativa selecionada e dos estudos ambientais específicos para a etapa de implantação do sistema de condução e lançamento do esgoto tratado da ETE Rio Tavares.

Para o licenciamento do Sistema de Esgotamento Sanitário - SES Sul da Ilha foi elaborado e aprovado um Plano de Gestão Ambiental - PGA (CASAN, 2016) para as fases em implantação. Este PGA é composto por 17 programas ambientais que devem permitir acompanhar a interação do empreendimento com os meios físico, biótico e socioeconômico, e será desenvolvido na fase de implantação, pré-operação e operação do sistema. O Quadro 8.4 relaciona os programas ambientais que integram o PGA e as fases em que serão desenvolvidos.

Quadro 8.4: Sistema de Esgotamento Sanitário - SES Sul da Ilha - Programas Ambientais a Serem Executados nas Fases de Implantação e Operação do Empreendimento

PROGRAMAS AMBIENTAIS	PERÍODO DE EXECUÇÃO		
	IMPLANTAÇÃO	PRÉ-OPERAÇÃO	OPERAÇÃO
Programa de Supervisão Ambiental	X	X	X
Programa de Monitoramento de Processos Erosivos	X	-	-
Programa de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil	X	X	-
Programa de Monitoramento de Ruídos	X	X	-
Programa de Recuperação de Áreas Degradadas	X	X	X
Programa de Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais	X	X	X
Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas	X	X	X
Programa de Monitoramento da Eficiência do Sistema de Tratamento de Esgoto	-	X	X
Programa de Monitoramento das Atividades Extrativistas	X	X	X
Programa de Educação Ambiental	X	X	-
Programa de Monitoramento da Biota e dos Sedimentos no Entorno da RESEX	X	-	-
Programa de Proteção da Fauna Silvestre	X	-	-
Programa de Comunicação Social	X	X	X

PROGRAMAS AMBIENTAIS	PERÍODO DE EXECUÇÃO		
	IMPLANTAÇÃO	PRÉ-OPERAÇÃO	OPERAÇÃO
Programa de Monitoramento da Qualidade do Berbigão	X	X	-
Plano de Ação Emergencial	-	X	X
Programa de Monitoramento da Ictiofauna	X	-	-
Programa de Gerenciamento de Resíduos Sólidos	-	-	X

Fonte: Casan, 2016

Os programas anteriormente relacionados, integrantes do PGA preveem as atividades necessárias para que as medidas potencializadoras, mitigadoras ou compensatórias propostas em função dos impactos ambientais identificados no presente estudo de alternativas sejam implementadas, conforme indica o Quadro 8.5. Desta forma, considera-se que os programas ambientais que já estavam previstos na licença daquelas etapas continuam válidos. Assim, conforme orientação da Contratante, para dar continuidade às ações em andamento, os programas existentes no PGA do Sistema de Esgotamento Sanitário - SES Sul da Ilha existente devem ser mantidos e complementados.

Quadro 8.5: Programas previstas para implementação das medidas potencializadoras e mitigadoras

Impactos Esperados	Medidas	Programa Ambiental
	<b>Potencializadoras</b>	
Geração de expectativas da população e grupos de interesse	<i>Informar à população sobre o projeto a ser implantado; Estabelecer um canal de relacionamento efetivo; Formar parceria/contato com representantes da população (pescadores, surfistas, associações de bairros, ONGs, etc.); Formar parceria com entidades públicas e privadas (Prefeitura, Secretarias, Vigilância Sanitária, Conselho do Meio Ambiente, etc.); Executar todas as medidas de controle ambiental propostas para o meio antrópico de acordo com o preconizado.</i>	<i>Programa de Comunicação Social Programa de Supervisão Ambiental</i>
Produção de Conhecimento sobre a região e das condições locais	<i>Estabelecer um canal de relacionamento proativo com a população para transferência de informações; Formar parceiras com entidades públicas e privadas a fim de divulgar os dados produzidos ao longo dos estudos e projetos; Disseminar para a população (trabalhadores, pescadores, surfistas, veranistas, etc.) informações sobre o meio ambiente e sobre a alteração dos sistemas de esgotamento sanitário; Publicar dados relevantes obtidos durante os estudos de campo.</i>	<i>Programa de Comunicação Social Programa de Educação Ambiental Programa de Supervisão Ambiental</i>
Geração de emprego e renda / Contratação de serviços especializados / Crescimento do comércio local / Aumento na arrecadação tributária	<i>Priorizar a contratação de profissionais locais sempre quando possível, oportunizar que a mão de obra direta e indireta seja da região, inclusive a compra de materiais e equipamentos, contratação de serviços especializados, priorização de pequenos comércios locais, etc.</i>	<i>Programa de Supervisão Ambiental</i>
Melhoria nos índices de saneamento	<i>Monitorar os índices de saneamento do município. Divulgar os dados para a população e demais usuários; Manter atualizado os índices junto a plataforma de dados (SNIS).</i>	<i>Programa de Comunicação Social Programa de Supervisão Ambiental</i>
Melhoria da Balneabilidade	<i>Monitorar e divulgar os dados de balneabilidade e qualidade da água nas praias da região</i>	<i>Programa de Comunicação Social Programa de Supervisão Ambiental</i>

Impactos Esperados	Medidas		Programa Ambiental
	Potencializadoras		
Redução da poluição difusa / Preservação dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos / Melhoria nas condições sanitárias	<p><i>Divulgar os dados relacionados a implantação do SES Sul da Ilha (Campeche) - Fase Rio Tavares; Estabelecer um canal de relacionamento com a população local; Formar parcerias com órgãos públicos e privados (Secretaria Municipal da Saúde, Vigilância Sanitária, Secretaria do Meio Ambiente); Conscientizar a população e demais usuários sobre a importância da ligação na rede de esgoto quando em funcionamento; Desenvolver campanhas de qualidade da água dos rios, lagoas, canais de drenagem, praias, águas subterrâneas, etc. de forma periódica e divulgar os dados para a população local demonstrando as melhorias da qualidade da água com a implantação do SES.</i></p>		<p><i>Programa de Comunicação Social Programa de Supervisão Ambiental</i></p>
<b>Preventivas / Mitigadoras / Compensatória</b>			
Mudança na vida da população do entorno da obra - Mobilidade restrita / Transtornos no fluxo de veículos	<p><i>Estabelecer um canal de comunicação com a população; Manter divulgação da programação da obra, o seu avanço e restrições temporais de acesso. Sinalizar com antecedência a faixa a ser interrompida, determinar horários específicos para carga e descarga de materiais e resíduos, prever a presença de um agente de trânsito nas primeiras semanas de instalação da obra.</i></p>		<p><i>Programa de Supervisão Ambiental Programa de Comunicação Social</i></p>
Acidentes de trabalho e com moradores	<p><i>Treinamento de funcionários e constante utilização e manutenção dos equipamentos proteção coletiva e individual pelos trabalhadores e operadores de máquinas.; Seguir as normas de segurança do trabalho (NR 's) e disponibilizar profissional habilitado para o acompanhamento de todo o processo de implantação e posteriormente operação do SES. Orientação da comunidade sobre os riscos inerentes a obra e sinalização das praças de serviço.</i></p>		<p><i>Programa de Supervisão Ambiental Programa de Comunicação Social</i></p>
Interferência na infraestrutura existente	<p><i>Estabelecer um canal de comunicação com a população divulgando com antecedência as interrupções de serviços previstas; Definir horários que causem menores impactos na infraestrutura existente, determinar tempo/horas de interferência, população afetada, etc.</i></p>		<p><i>Programa de Supervisão Ambiental Programa de Comunicação Social</i></p>
Implantação de áreas de servidão administrativas	<p><i>Estabelecer um canal de comunicação com a população; Efetuar os devidos pagamentos de indenizações quando aplicável.</i></p>		<p><i>Programa de Supervisão Ambiental Programa de Comunicação Social</i></p>
Alteração na paisagem local	<p><i>Estabelecer um canal de relacionamento com a população; Implantar ações que melhorem o paisagismo visando a melhor inserção do canteiros-de-obra no seu entorno e cortina vegetal na área da ETE e Estação Elevatória; Utilizar métodos construtivos adequados, treinamento dos operadores de máquinas e encarregados e recuperação das áreas degradada. Na Implantação de cortina vegetal.</i></p>		<p><i>Programa de Supervisão Ambiental Programa de Comunicação Social Programa de Monitoramento de Processos Erosivos Programa de Monitoramento da Biota e dos Sedimentos no Entorno da RESEX Programa de Recuperação de Áreas Degradadas</i></p>
Emissão de ruídos	<p><i>Manter veículos e máquinas reguladas e com seu dispositivo de amortecimento de ruído ("silencioso") em perfeitas condições; Estabelecer horário específico para realização dos trabalhos de perfuração no solo e outras atividades geradoras de maiores ruídos.</i></p>		<p><i>Programa de Supervisão Ambiental Programa de Monitoramento. de Ruídos</i></p>
Emissão de poeiras, material particulado e gases / Emissões	<p><i>Umectação constante do solo nas áreas de intervenção, com frequência pré-determinada, para controle na origem das emissões de material, cargas transportadas</i></p>		<p><i>Programa de Supervisão Ambiental Programa de Mon. da Eficiência</i></p>

Impactos Esperados	Medidas		Programa Ambiental
	Potencializadoras		
atmosféricas - alteração da qualidade dos recursos atmosféricos pela presença de mau odor	<i>em caminhões, através do recobrimento das carrocerias com lonas; Controlar as emissões de poluentes oriundas dos motores de combustão interna - realizar manutenção preventiva das características originais do sistema de escapamento dos veículos. No caso de odores, realizar a instalação de cortina vegetal e enclausuramento das unidades geradoras de odores.</i>		<i>do Sistema de Tratamento</i>
Geração de resíduos sólidos e efluentes líquidos	<i>O efluente doméstico do canteiro terá destinação adequada e das frentes de obra será reservado nos banheiros químicos que serão recolhidos pela empresa responsável e os veículos conterão kit emergência para o caso de vazamento de óleo (pó de serra, pá e saco plástico); Implantação de coleta seletiva e de disposição adequada dos resíduos. Implantação de medidas de gestão de resíduos sólidos.</i>		<i>Programa de Supervisão Ambiental Programa de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil Programa de Gerenciamento de Resíduos Sólidos</i>
Formação de processos erosivos / Assoreamento de cursos d' água /Alteração na calha dos cursos d' água e/ou canais	<i>Utilizar métodos construtivos adequados, treinamento dos operadores de máquinas e encarregados e recuperação das áreas degradadas / reconfirmação da seção do curso de água / desassoreamento. Monitoramento de processos erosivos.</i>		<i>Programa de Supervisão Ambiental Programa de Mon. de Processos Erosivos Programa de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil Programa de Gerenciamento de Resíduos Sólidos Programa de Recuperação de Áreas Degradadas</i>
Perturbação/interferência na fauna / Alteração na dinâmica do ecossistema	<i>Medidas de controle de ruídos durante a obra e a operação do Sistema. Solicitar autorização de afugentamento e resgate de fauna, realocação de espécies resgatadas para áreas com adequada oferta de alimentos e abrigo. Compensação ambiental decorrente da supressão vegetal.</i>		<i>Programa de Supervisão Ambiental Programa de Mon. de Ruídos Programa de Recuperação de Áreas Degradadas Programa de Proteção da Fauna Silvestre</i>
Perda de cobertura vegetal / Intervenção em APP	<i>Solicitar autorização de supressão de vegetação, intervenção de APP e compensação ambiental quando necessário de acordo com as condicionantes ambientais dos órgãos ambientais competentes.</i>		<i>Programa de Supervisão Ambiental Programa de Recuperação de Áreas Degradadas Subprograma de Salvamento e Resgate da Fauna</i>
Alteração na qualidade da água / Alteração da qualidade da água na zona de mistura na Baía Sul / Enriquecimento do ecossistema / Alteração da biomassa fitoplanctônica / Alteração no crescimento das algas / Interferência na pesca artesanal e esportiva	<i>Monitoramento da qualidade ambiental, com o monitoramento das águas superficiais e sedimentos, das águas da Baía Sul e da biota aquática, em conformidade com a Resolução 357/2005 e suas alterações, bem como as normas do IMA e demais normas aplicáveis. Divulgar os dados dos monitoramentos para a Comunidade, por meio de Programa de Comunicação, demonstrando as melhorias alcançadas. Controle operacional da ETE, evitando-se o lançamento de efluentes fora dos padrões definidos.</i>		<i>Programa de Supervisão Ambiental Programa de Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais Programa de Monitoramento da Biota e dos Sedimentos no Entorno da RESEX Programa de Monitoramento das Atividades Extrativistas Programa de Monitoramento da Eficiência do Sistema de Tratamento de Esgoto Programa de Monitoramento da Qualidade do Berbigão Programa de Monitoramento da Ictiofauna Plano de Ação Emergencial</i>
Risco de acidentes ambientais / Alteração na qualidade da água	<i>A operação e manutenção das redes coletoras e estação elevatória deve realizar inspeções e manutenções preventivas nos sistemas; Implantar dispositivos de segurança indicados (bypass</i>		<i>Programa de Supervisão Ambiental Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas</i>

Impactos Esperados	Medidas		Programa Ambiental
	Potencializadoras		
subterrânea / Contaminação do solo	<i>emergencial, extravasores, etc.); Treinamento de funcionários relacionado a situações de emergência; Disponibilização de Kits de emergência; Correto manejo das atividades nas áreas, não permitindo movimentações e intervenções no solo desnecessárias, em áreas próximas ao leito dos corpos hídricos; Recuperação das áreas afetadas;</i>		Programa de Monitoramento da Eficiência do Sistema de Tratamento de Esgoto Programa de Recuperação de Áreas Degradadas Plano de Ação Emergencial
Geração de ruídos - alteração dos níveis de pressão sonora	<i>Isolamento acústico das edificações (projetar clausura para equipamentos com maior potencial de emissão de ruídos (motobombas); manutenção dos equipamentos.</i>		Programa de Supervisão Ambiental Programa de Monitoramento de Ruídos

Pelo exposto, os programas que compõem o PGA deverão ter sua área de abrangência expandida, incluindo o novo ponto de lançamento e sua área de influência, bem como as áreas de implantação das estruturas previstas neste estudo, que são as tubulações de condução dos efluentes tratados, o “By pass”, a Estação Elevatória de Efluentes Tratados e a Estrutura de Descarga do Efluente no Canal C-10. Da mesma forma, deve ser ajustada a malha amostral dos programas de monitoramento, quando necessário. Dentre os programas previstos o Programa de Monitoramento da Eficiência do Sistema de Tratamento de Esgoto se refere à ETE, no entanto os resultados do programa se refletem na operação das estruturas de segurança previstas. Assim, os programas detalhados no PGA foram transcritos e incluídas as atividades /especificidades relativas às obras que integram a alternativa selecionada neste estudo para o lançamento dos efluentes tratados da ETE Rio Tavares. O item relativo ao cronograma foi suprimido, tendo em vista que o detalhamento do cronograma deverá ser realizado a partir do cronograma de execução das obras quando da elaboração do projeto executivo das estruturas da Alternativa selecionada, observando as etapas previstas para execução de cada programa, conforme já apresentado no Quadro 8.4.

O detalhamento do projeto da alternativa selecionada, bem como o seu licenciamento junto ao IMA-SC poderão evidenciar a necessidade de adequações/complementações nos Programas Ambientais. Ressaltando-se novamente que as avaliações ambientais ora desenvolvidas se referem à Alternativa 2, de lançamento dos efluentes tratados no Canal C-10, para uma vazão de 200 l/s.

#### 8.4.1 Programa de Supervisão Ambiental

O Programa de Supervisão Ambiental é o documento que define o processo gerencial a ser adotado para a execução de um conjunto de ações destinadas basicamente a evitar ou a mitigar as consequências dos impactos provocados pela implantação do Sistema de Esgotamento Sanitário - SES Sul da Ilha e pelas instalações de apoio, buscando soluções para alguns dos processos potenciais de degradação ambiental que possam ser deflagrados pela implantação e operação do sistema.

Em todas as atividades desenvolvidas haverá um supervisor ambiental que lidará diretamente com os responsáveis pelas obras, operação e programas ambientais, citados neste PGA, efetuando o acompanhamento e controle ambiental tanto na fase de implantação como operação do sistema.

Em relação ao gerenciamento do PGA, a supervisão ambiental terá como atribuição a fiscalização daqueles programas que são de responsabilidade da empreiteira e irá gerenciar os programas que são de responsabilidade do empreendedor.

Caberá a supervisão ambiental, a elaboração de relatórios periódicos que serão encaminhados ao órgão ambiental, apresentando os resultados do monitoramento dos programas ambientais do PGA, e se estes estão atendendo ao solicitado nas condicionantes do processo de licenciamento ambiental.

#### 8.4.1.1 Objetivos

##### a) Objetivo Geral

Supervisionar as obras de instalação e a operação do empreendimento, assegurando que todos os programas ambientais instituídos no PGA sejam executados com estrita observância à legislação ambiental aplicável ao empreendimento.

##### b) Objetivos Específicos

- Promover a articulação institucional entre a empreiteira responsável pela aplicação dos programas ambientais, a equipe de supervisão e a CASAN no processo de licenciamento durante a instalação e operação do empreendimento, com o intuito de analisar criticamente o desenvolvimento do SES Sul da Ilha;
- Garantir o acompanhamento da execução de todas as medidas mitigadoras propostas no EAS do empreendimento;
- Garantir a implantação do PGA e o cumprimento dos prazos estabelecidos, para que ao término da obra, o empreendedor possa obter a licença de operação;
- Acompanhar todos os trabalhos para garantia de manutenção das condições previstas ou estabelecidas no processo de licenciamento ambiental, bem como exercer o efetivo gerenciamento ambiental do empreendimento em caráter permanente, ou seja, na instalação e operação do sistema de esgotamento sanitário;
- Encaminhar ao órgão ambiental relatórios trimestrais de acompanhamento das obras e pré-operação, e ao término, relatórios semestrais de monitoramento dos programas executados na operação do sistema; e
- Encaminhar ao órgão ambiental, ao fim das obras de implantação, o Relatório Ambiental de Conclusão da Obra.

#### 8.4.1.2 Justificativa

Na implantação do empreendimento, a supervisão ambiental justifica-se pela necessidade de assegurar que todos os programas ambientais sejam executados conforme estabelecido no PGA e nas condicionantes da LAP.

O Programa de Supervisão Ambiental é indispensável para um empreendimento que busca atingir a qualidade ambiental, tendo em vista fornecer ao empreendedor uma estrutura capaz de garantir a utilização das técnicas mais apropriadas de gerenciamento e proteção ambiental, por meio de inspeções periódicas guiadas por lista de verificação e acompanhamento dos demais programas ambientais integrantes do PGA.

Este programa é direcionado ao controle, a regulamentação e o monitoramento das atividades de construção e operação do sistema. Tem-se como meta manter o grau de interferência de poluição do meio local, e seu entorno, nos mais baixos níveis possíveis em face à tecnologia existente. Caso não haja um rígido controle durante a implantação do empreendimento e posterior operação, as medidas de controle ambientais previstas poderão não ter a eficiência esperada, implicando em riscos ao meio ambiente.

#### 8.4.1.3 - Metodologia

Como citado anteriormente, o Programa de Supervisão Ambiental será responsável pelo gerenciamento de todas as atividades ambientais referentes à implantação e operação do empreendimento, demonstrando suas conformidades e desempenhos através de relatórios técnicos de atividades, que deverão ser protocolados junto ao órgão ambiental para avaliação.

A seguir são descritas as atividades gerais a serem desenvolvidas pela equipe da supervisão ambiental.

- Execução dos compromissos ambientais assumidos para licenciamento, procurando equacionar, integrar e realizar todos os planos, projetos e programas de ordem ambiental que sejam de interesse e que possam atingir e/ou proteger direta e indiretamente os meios físico, biótico e antrópico nos quais o empreendimento encontra-se inserido;
- Realizar acompanhamento, avaliação e revisão de toda documentação técnica e ambiental do empreendimento, incluindo os quantitativos e custos, objetivando a complementação dos programas, estabelecendo metas a atingir dentro dos objetivos gerais acordados para licenciamento;
- Quando se fizer necessário, participar na elaboração dos termos de contratos e convênios a serem celebrados com empresas especializadas / instituições de pesquisa / Organizações não governamentais para implementação e desenvolvimento das atividades especializadas previstas nos programas;
- Desenvolver procedimentos (atividades) que contemplem todas as exigências estabelecidas nas licenças ambientais do empreendimento, incluindo implantação de áreas de servidão administrativas;
- Dimensionar as equipes responsáveis pela execução dos programas ambientais e fazer a previsão de todos os equipamentos e materiais necessários à realização dos trabalhos;
- Repasse dos procedimentos a serem adotados de acordo com o cronograma de obras para os setores responsáveis pela sua execução;
- Executar o monitoramento e acompanhamento de todas as atividades ambientais, inventariando e avaliando, periodicamente seus efeitos e/ou resultados e propondo, quando necessário, alterações, complementações, ou novas ações e atividades, definindo as fases de estudos e projetos, e considerando também se os prazos contratuais e os recursos estão alocados de acordo com o andamento dos serviços;
- Efetuar controle ambiental sistemático das obras e dos programas, com o objetivo de atender às exigências dos órgãos, visando obter e renovar os certificados e licenças ambientais para o funcionamento legal das obras e serviços;
- Definir as diretrizes para identificação e mitigação ou potencialização dos impactos ambientais diretos e acumulativos decorrentes das atividades de implantação e não detectados nas fases do Diagnóstico Ambiental; e
- Estabelecer a sistemática de acompanhamento das obras e operação do sistema de esgotamento sanitário.

Para atender aos objetivos específicos deste programa serão descritos as metodologias conferidas para execução das principais atividades.

#### **a) Articulação Institucional**

O Programa de Supervisão Ambiental deverá ter uma direta interação com os Programas de Comunicação Social e Educação Ambiental.

Para a implantação do empreendimento, o programa contará com a participação de agentes privados, bem como de entidades civis e órgãos vinculados ao poder público, que de alguma forma apresentam interface direta com a execução das obras.

Nesse sentido, o programa será a ponte para promover a articulação institucional entre o empreendedor e as demais entidades envolvidas de alguma forma na viabilização do empreendimento. Para desenvolver estas atividades devem seguir as seguintes medidas:

- Orientação dos procedimentos técnicos e atuação como agente de informações entre a empreiteira, comunidade e o empreendedor;
- Realizar reuniões com a participação de integrantes da equipe técnica encarregada dos serviços de supervisão, para discutir os aspectos relevantes do projeto e suas implicações com as atividades ambientais a serem desenvolvidas;

- Atendimento aos questionamentos que eventualmente poderão ocorrer relativos ao empreendimento;
- Manutenção de um canal de comunicação contínuo entre o empreendedor e a sociedade, especialmente a população diretamente afetada pelo empreendimento, de forma a motivar e possibilitar a sua participação nas diferentes fases da obra;
- Adoção de ações preventivas e de melhorias com vistas ao atendimento às proposições instituídas no PGA, com a finalidade de otimizar os impactos positivos previstos em decorrência da implantação e operação do empreendimento; e
- Adoção de ações corretivas imediatas, quando houver ocorrências de não conformidades relacionadas às questões ambientais solicitadas pelos órgãos responsáveis, com repasse imediato para o empreendedor. Após esse procedimento enviar também aos órgãos fiscalizadores informações sobre a ação corretiva do evento.

#### **b) Gerenciamento Ambiental das Obras**

Durante as obras de instalação do empreendimento, as atividades a serem desenvolvidas pelo gerenciamento ambiental da obra estão apresentadas a seguir.

- Acompanhamento do desenvolvimento da obra, verificando a sua conformidade com as condicionantes do projeto de engenharia, em especial as medidas de controle ambiental, e do licenciamento ambiental;
- Realizar o registro fotográfico de todas as etapas da obra, principalmente das áreas mais sensíveis, registrando a situação antes, durante e após a construção;
- Acompanhamento da obra até que todas as condicionantes ambientais para a implantação sejam atendidas; e
- Elaboração, de forma gradual do Relatório Ambiental de Conclusão da Obra em função da execução das obras.

#### **c) Gerenciamento dos Programas Ambientais**

Caberá a supervisão ambiental o gerenciamento dos programas ambientais apresentados no PGA durante a instalação, pré-operação e operação do sistema, conforme descrito a seguir.

- Estabelecimento de metas relativas a cada um dos programas ambientais;
- Planejamento detalhado da execução dos programas;
- Acompanhamento do andamento dos programas ambientais;
- Análise e adoção, quando necessário, de ações necessárias à reformulação dos programas ambientais; e
- Registro de todas as atividades, referentes a implementação dos programas ambientais, realizadas no período das obras e operação, incluindo os contatos, comunicações e reuniões realizadas.

#### **8.4.1.4 - Inter-relação com Outros Planos e Programas**

Como este programa gerencia todas as medidas de mitigação de impacto ambiental propostas no PGA, este possui estreita relação com todos os programas ambientais previstos neste documento.

#### **8.4.1.5 - Equipe Técnica**

A equipe técnica responsável pela execução do programa de supervisão ambiental deverá ser composta por um profissional da área ambiental (engenheiro, geógrafo, biólogo) e um técnico de meio ambiente/saneamento.

#### 8.4.1.6 - Relatórios para Órgão Ambiental

Os relatórios deverão ser encaminhados trimestralmente para o órgão ambiental, durante a fase de obras e semestralmente durante a operação do empreendimento, descrevendo as atividades desenvolvidas e os resultados dos programas ambientais de cada período. Além disso, ao final da obra caberá à supervisão ambiental elaborar o Relatório Ambiental de Conclusão da Obra.

#### 8.4.2 Programa de Monitoramento de Processos Erosivos

Este programa tem a finalidade de prevenir a formação de processos erosivos ao longo da implantação da obra, no intuito de minimizar os impactos ambientais causados nas etapas construtivas do empreendimento, onde serão implantadas a Estação de Tratamento de Esgotos - ETE e as Estações Elevatórias de Esgotos - EEEs e na abertura das valas para assentamento da rede coletora de esgoto doméstico e as estruturas necessárias para o lançamento dos efluentes tratados, que integram a Alternativa 2, do presente estudo.

A implantação do Sistema de Esgotamento Sanitário - SES Sul da Ilha envolverá atividades que poderão resultar na degradação de áreas localizadas na região do empreendimento causando processos erosivos.

Os fenômenos referentes à transformação dos solos, que ocorrem em processos de retirada ou transporte de sedimentos da superfície são chamados de processos erosivos. Eles acontecem a partir de etapas de desgaste, transporte e sedimentação das rochas ou do próprio solo.

Grande parcela do terreno onde será construída a ETE Rio Tavares já foi terraplanado, não sendo necessária a execução de cortes e aterros acentuados. O projeto de engenharia indica uma possível necessidade de movimentação de terra às unidades do tratamento terciário da estação. Devido a pequena desconformidade do terreno, em relação ao seu nível, a escavação será variável entre 0,5 e 1,0 metro de profundidade, dependendo da região. A movimentação de terra para o nivelamento do terreno e implantação das novas unidades é relativamente simples, diminuindo os riscos de ocorrência de processos erosivos.

Para a implantação das estruturas previstas na Alternativa Selecionada, foram propostos métodos não destrutivos para implantação das tubulações ao longo das vias existentes, o que deve minimizar os processos erosivos.

Neste programa serão propostas eventuais medidas mitigadoras e/ou corretivas, em caso de identificação de pontos de erosão nos locais das obras do SES Sul da Ilha, em todas as suas etapas.

##### 8.4.2.1 Objetivos

###### c) Objetivo Geral

Monitorar o comportamento das áreas mais suscetíveis à erosão durante a implantação do empreendimento, que são: áreas onde serão implantadas a ETE e as estações elevatórias de esgoto bruto e tratado, locais de abertura das valas para assentamento da rede coletora de esgotos e tubulações de condução dos efluentes tratados e de equipamentos de segurança do sistema, bem como da estrutura de lançamento dos efluentes, depósitos temporários de materiais.

###### d) Objetivos Específicos

- Orientar ações preventivas para combater a ocorrência de processos erosivos;
- Adotar medidas preventivas de controle de formação de focos de erosão e carreamento de solos;

- Implantar sistemas de drenagem pluvial, evitando dessa forma o surgimento de processos erosivos;
- Elaborar relatórios trimestrais durante a implantação do empreendimento para o órgão ambiental com os registros das atividades desenvolvidas.

#### **8.4.2.2 Justificativa**

Na área onde será implantada a ETE e a Estação Elevatória de Esgotos Tratados, a retirada da cobertura protetora do solo (vegetação) durante as atividades de terraplenagem, as escavações necessárias para a construção das fundações das estruturas, aliadas à intensidade e frequência de chuvas na região podem desencadear a ocorrência de processos erosivos.

Tem-se ainda que, no caso das estações elevatórias, a erosão pode ocorrer durante as escavações para implantação das estruturas, principalmente pela influência do lençol freático. Com relação à rede coletora de esgoto sanitário e as tubulações de condução do esgoto tratado, o risco de erosão se dá principalmente pela influência do lençol freático, o tipo de solo e pela profundidade das valas para o assentamento dos tubos.

Desta forma, justifica-se a adoção do Programa de Monitoramento dos Processos Erosivos a fim de evitar e minimizar os impactos ambientais gerados, e ainda, propor medidas de controle de erosão nas áreas afetadas.

#### **8.4.2.3 Metodologia**

Em caso de identificação de pontos de erosão nos locais das obras deverão ser propostas eventuais medidas mitigadoras e/ou corretivas, como:

- Reduzir a perda de solo e de outros materiais das áreas trabalhadas na implantação da obra;
- Impedir o carreamento de materiais particulados e inertes para os cursos hídricos provenientes das atividades operacionais do processo construtivo do empreendimento;
- Monitoramento das áreas estabilizadas;
- Manutenção do plantio;
- Determinar os locais suscetíveis a erosões;
- Definir atividades de proteção das estradas e faixas lindeiras;
- Construção de taludes com alturas e inclinações favoráveis;
- Recobrimento do solo com espécies de plantas gramíneas e/ou leguminosas;
- Utilização de práticas para controle de erosão, como utilização de escoramento;
- Implantação de sistema de drenagem pluvial; e
- Planejamento adequado da limpeza das áreas destinadas a ETE e estações elevatórias, evitando dessa forma a exposição prolongada dos solos às intempéries.

#### **8.4.2.4 Equipe Técnica**

A equipe técnica responsável pela execução do programa de monitoramento de processos erosivos deverá ser composta por um engenheiro florestal ou agrônomo e um técnico agrícola ou florestal.

#### **8.4.2.5 Relatórios para Órgão Ambiental**

Os relatórios do programa devem ser encaminhados ao órgão ambiental trimestralmente, apontando as medidas de controle adotadas e deverão conter no mínimo as seguintes informações:

- Descrição das medidas de controle de erosão implantadas; e

- Registros fotográficos.

### 8.4.3 Programa de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil

Durante a implantação do SES Sul da Ilha, em todas as suas etapas, como em qualquer obra de construção civil, há um aumento na geração de resíduos. A obra em si gera resíduos específicos denominados de resíduos da construção civil, porém além dele, são gerados resíduos consequentes das atividades das equipes de trabalho.

O crescimento consolidado do setor da construção civil está transformando a realidade dos canteiros de obras. Já se verifica o grande avanço na qualidade da construção civil, que passa a investir em tecnologias e qualificação como forma de aumentar a produtividade e reduzir os desperdícios. Saber as dimensões dos riscos e impactos depende de um maior conhecimento sobre os resíduos, dos seus componentes, das estimativas de produção, da sua trajetória da geração ao destino final e das formas de manuseio e tratamento ao longo da trajetória, o que contribui para um gerenciamento adequado dos resíduos e preservação ambiental.

Segundo a Resolução do CONAMA 307/2002, Artigo 2, *“Resíduos da construção civil são os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha.”*

Diversos são os impactos identificados e correlacionados com a geração de resíduos por parte da implantação do sistema, conforme apresentado no EAS do processo de licenciamento ambiental das etapas anteriores e na avaliação ambiental realizada para a Alternativa 2. Dentre eles está o aumento da geração de resíduos sólidos, potencial aumento de vetores, degradação da qualidade das águas superficiais, dentre outros. O manejo adequado desses resíduos diminui a possibilidade dos impactos apontados.

O presente programa consiste no detalhamento das atividades necessárias para o gerenciamento de resíduos sólidos, previsto para a fase de instalação e pré-operação do SES Sul da Ilha. Entre elas destacam-se a coleta, a segregação, o armazenamento, o transporte e a disposição final dos resíduos, permitindo assim, a identificação de ações corretivas, caso se faça necessário.

Para classificação dos resíduos gerados durante a instalação e operação do sistema de esgotamento sanitário serão utilizadas as Resoluções do CONAMA nº 307/2002 e nº 275/2001, as normas da ABNT 10004 e ABNT 15113, e a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei Federal nº 12305/2010).

#### 8.4.3.1 Objetivos

##### e) Objetivo Geral

Gerenciar e reduzir, adequadamente, o volume de resíduos gerados na implantação e pré-operação do empreendimento, visando disseminar as informações entre os trabalhadores para que não haja impactos ambientais ou estéticos causados pela disposição inadequada dos resíduos.

##### f) Objetivos Específicos

- Implantar a segregação, acondicionamento, coleta, armazenamento, transporte externo e destinação final adequada dos resíduos sólidos, obedecendo aos critérios técnicos da legislação ambiental em vigor;
- Promover a conscientização dos trabalhadores quanto à importância da minimização e gerenciamento dos resíduos, fornecendo treinamentos e instruções técnicas;

- Propor soluções para redução da produção dos resíduos sólidos, objetivando a melhoria da qualidade ambiental e a redução de custos relacionados com o desperdício de materiais;
- Realizar reuniões periódicas de controle do programa a fim de garantir a manutenção da qualidade ambiental e sanitária na área do empreendimento; e
- Protocolar no órgão ambiental relatórios trimestrais durante a implantação e semestrais durante a operação do empreendimento com os resultados do programa, e com os Controles de Transporte de Resíduos - CTR.

<b>Controle de Transporte de Resíduos - CTR</b>		
<b>CTR N.º:</b>		<b>Data da Retirada:</b>
<b>1 - Identificação do Transportador</b>		
Nome ou Razão Social:		CPF ou CNPJ:
Endereço:		Telefone:
Cadastro Municipal:		Placa do Veículo:
Nome do Condutor:		CPF:
<b>1.1 - Tipo de Veículo Utilizado</b>		
<input type="checkbox"/> Poli-guindaste		<input type="checkbox"/> Roll-on
<input type="checkbox"/> Basculante		<input type="checkbox"/> Outros _____
<b>2 - Identificação do Gerador</b>		
Nome ou Razão Social:		CPF ou CNPJ:
Endereço:		Telefone:
Bairro:		Município:
<b>2.1 - Endereço da Retirada</b>		
<input type="checkbox"/> Mesmo do gerador		
Endereço: Rua/Av.		Telefone:
Bairro:		Município:
<b>3 - Identificação da Destinação do Resíduo</b>		
Nome ou Razão Social:		CPF ou CNPJ:
Endereço:		Telefone:
Bairro:		Município:
<b>4 - Caracterização do Resíduo</b>		
Volume Transportado (m³):		
<input type="checkbox"/> Concreto/argamassa/alvenaria		<input type="checkbox"/> Solo
<input type="checkbox"/> Volumosos (móveis e outros)		<input type="checkbox"/> Madeira
<input type="checkbox"/> Volumosos (galhos e podas)		<input type="checkbox"/> Outros _____
Assinatura do Transportador	Assinatura do Gerador	Assinatura Destinação do resíduo
Obs.: Este documento deverá ser emitido em 3 vias: 1- Transportador; 2- Gerador; 3- Receptor.		

Figura 8.2: Controle de Transporte de Resíduos - CTR Modelo

#### 8.4.3.2 Justificativa

Os resíduos sólidos gerados a partir de obras constituem uma problemática ambiental, haja vista os efeitos deletérios que podem causar ao meio ambiente, quando não há uma gestão adequada dos mesmos. Tais efeitos podem ser verificados pela poluição do solo e da água, além da contribuição para o assoreamento de corpos hídricos, quando lançados em locais inadequados.

As obras de implantação do SES Sul da Ilha contarão com a movimentação de máquinas, equipamentos, ferramentas e materiais, além da manutenção do canteiro de obras, ou seja, atividades que geram resíduos de diferentes tipos.

O gerenciamento de resíduos sólidos abrangerá medidas que visam melhorar a eficiência dos procedimentos repassados a todos os trabalhadores, assim como medidas de intervenção nos procedimentos de coleta de resíduos, segregação e prováveis medidas de intervenção física nos locais apropriados para o desenvolvimento dos trabalhos de segregação para reciclagem, além da adequação das áreas de armazenamento.

Nesse sentido, torna-se necessária a implantação do Programa de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, a fim de reduzir o volume de entulhos gerados durante a execução da obra e promover o devido tratamento e disposição final para todo o resíduo sólido gerado.

#### 8.4.3.3 Metodologia

Nas obras de implantação do SES Sul da Ilha a construção civil representará a principal fonte de resíduos sólidos no empreendimento. Portanto, recomenda-se que os resíduos sejam segregados e gerenciados conforme a classificação dada pela Resolução do CONAMA nº 307/2002, que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Ressalta-se ainda que o gerenciamento dos resíduos na fase de implantação deve ser realizado mensalmente para garantir a qualidade na segregação, acondicionamento, coleta, armazenamento, transporte externo e destinação final dos resíduos.

Também durante a implantação do sistema serão gerados resíduos domésticos (Classe A), devendo estes também ser gerenciados pela empreiteira.

O modelo de gerenciamento de resíduos sugerido neste programa está resumido no fluxograma apresentado na Figura 8.3.

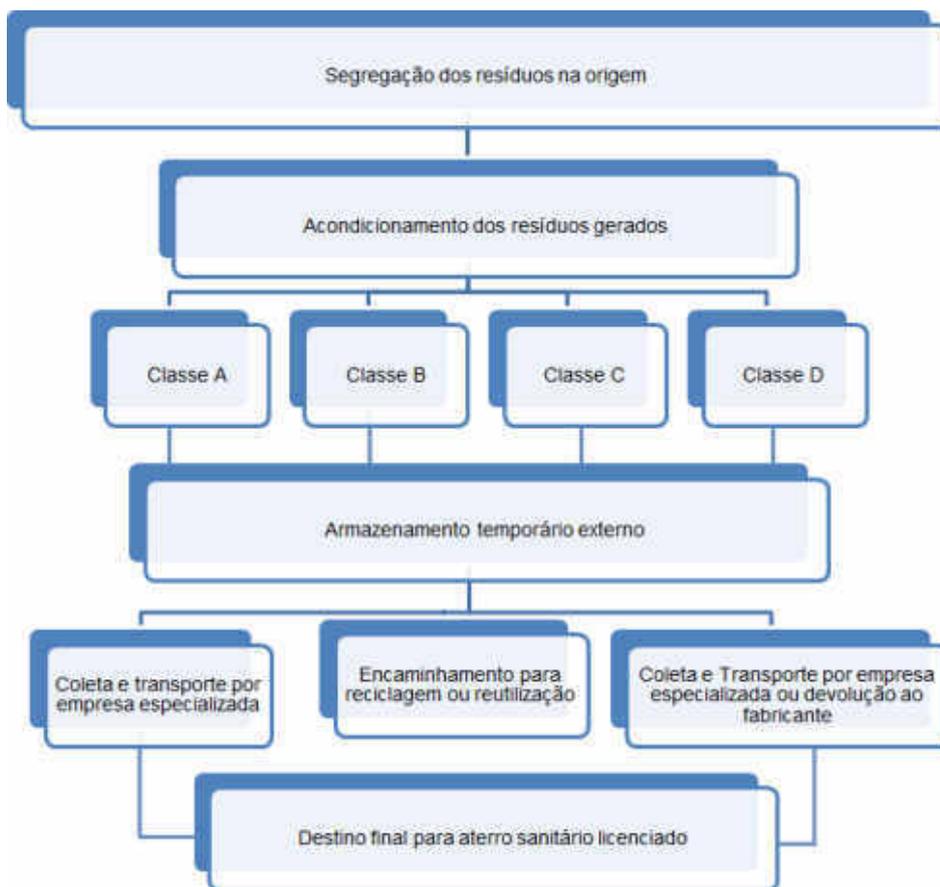


Figura 8.3: Fluxograma do Gerenciamento dos Resíduos

As fases podem ser resumidas em: separação na fonte (após as possibilidades de redução); acondicionamento; coleta; armazenamento temporário externo; transporte; e destinação final.

Outro resíduo importante que deverá ser devidamente coletado e encaminhado para tratamento adequado, são os efluentes sanitários gerados pela equipe de trabalho, tanto no canteiro de obras como nas frentes de serviço. Assim, faz-se necessária a instalação de banheiros químicos provisórios. Esse resíduo não é caracterizado conforme a descrição apresentada para os resíduos sólidos, da mesma maneira que o seu manejo. Seu encaminhamento deve ser realizado por empresa devidamente licenciado em local, da mesma forma, devidamente regularizado.

A seguir, serão apresentadas as principais etapas do programa a serem seguidas pelos trabalhadores, após receberem as devidas instruções no treinamento obrigatório.

a) Instruções aos Trabalhadores

Serão realizadas reuniões periódicas para repassar aos trabalhadores noções básicas dos procedimentos de acondicionamento de resíduos, procurando despertar a consciência ambiental dos mesmos para a necessidade de preservação do meio ambiente e saúde pública e da relação dos resíduos sólidos com estas questões.

O conteúdo apresentado também deve abranger a importância do reaproveitamento de materiais, como uma ação que contribui para a conservação de recursos naturais (na medida em que se economizam matérias primas) e minimização de impactos (na medida em que se reduz a quantidade de lixo gerado a ser tratado e disposto).

Nesta etapa, serão distribuídos aos trabalhadores materiais de divulgação como folhetos e cartazes para melhor esclarecimento dos procedimentos corretos referente ao manuseio e destinação final dos resíduos da construção civil.

- b) Caracterização dos Resíduos Gerados
- b.1) Unidades Geradoras de Resíduos

A geração de resíduos sólidos e líquidos oriundos da implantação do sistema ocorrerá no canteiro de obras e ao longo das áreas previstas para frente de trabalho, como a implantação da rede de esgotamento, das Estações Elevatórias de Esgotos e da Estação de Tratamento de Esgotos, incluindo as estruturas previstas na alternativa 2, selecionada para o lançamento dos efluentes tratados no Canal de Drenagem C-10.

No Quadro 8.6 apresentam-se as unidades geradoras de resíduos na área do canteiro de obra e na frente de trabalho mostrando a classe de resíduos.

Quadro 8.6: Unidades Geradoras de Resíduos e as Respectivas Classes

UNIDADES GERADORAS	CLASSE DOS RESÍDUOS
Escritório	B
Depósito	B
Refeitório	B e C <sup>1</sup>
Alojamento	B
Pátio de estacionamento	D
Frente de trabalho (Implantação da Rede, Estações Elevatórias de Esgotos - EEE e Estação de Tratamento de Esgotos - ETE, Estação Elevatória de esgoto tratado, By Pass e Emissário,).	A

Nota 1: No refeitório terá resíduo de classe C se for o caso de usar isopor para marmita.

- b.2) Classificação dos Resíduos da Construção Civil

Segundo a Resolução do CONAMA nº 307/2002, com a implantação do SES Sul da Ilha os resíduos sólidos da construção civil podem ser classificados em:

**Classe A** - são os resíduos reutilizáveis como agregados ou recicláveis, tais como:

- de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;
- de construção, demolição, reformas e reparos e edificações: componentes de cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimentos etc.) argamassa de concreto; e
- de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios - fios etc.) produzidas nos canteiros de obras.

**Classe B** - são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e gesso;

**Classe C** - são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação;

**Classe D** - são resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde, oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros bem como, telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde.

A Figura 8.4 resume e exemplifica o conteúdo acima exposto, referente aos tipos de resíduos sólidos da construção civil.



Figura 8.4: Tipos de Resíduos da Construção Civil

### b.3) Estimativa dos Resíduos Gerados

Considerado a previsão de contratação de 90 funcionários, durante a fase mais produtiva da obra, estima-se que será gerado em torno de 70 kg de resíduos sólidos urbanos por dia, devendo estes resíduos serem destinados à coleta de resíduos municipal, a qual deverá dispor os mesmos em aterro sanitário licenciado. Estes resíduos gerados são classificados como classe B.

### c) Diretrizes de Gerenciamento dos Resíduos

#### c.1) Segregação e Acondicionamento dos Resíduos

A segregação dos resíduos tem como finalidade evitar a mistura daqueles incompatíveis, visando garantir a possibilidade de reutilização, reciclagem e a segurança no manuseio. A mistura de resíduos incompatíveis pode causar: geração de calor; fogo ou explosão; geração de fumos e gases tóxicos; geração de gases inflamáveis; solubilização de substâncias tóxicas, dentre outros.

O acondicionamento consiste no ato de embalar corretamente os resíduos segregados, em sacos ou recipientes que evitem vazamentos e resistam às ações de ruptura, preparando para a coleta de forma sanitariamente adequada e compatível com o tipo e a quantidade de resíduos.

Segundo a Resolução do CONAMA nº 307/2002, os geradores deverão ter como objetivo prioritário a não geração de resíduos e, secundariamente, a redução, a reutilização, a reciclagem e a destinação final. Dessa forma, os resíduos sólidos serão gerenciados de acordo com sua classificação, e as cores dos recipientes para acondicionamento dos resíduos devem ser, preferencialmente, com as cores e simbologia definidas pela Resolução do CONAMA nº 275/2001, conforme Quadro 8.7.

Quadro 8.7: Cores Estabelecidas pela Resolução do Conama Nº 275/2001 para a Segregação e Acondicionamento de Resíduos

TIPO	COR	DESCRIÇÃO DO TIPO DE RESÍDUO
	PAPEL	Papel, papelão e sacos de papel, não contaminados com óleo e produtos químicos;

TIPO	COR	DESCRIÇÃO DO TIPO DE RESÍDUO
	<b>PLÁSTICO</b>	Plástico, borrachas; garrafas PET, copos descartáveis;
	<b>VIDRO</b>	Vidro não contaminado com óleo e produtos químicos;
	<b>METAL</b>	Metais, latas e latas de refrigerante, material enferrujado, sucatas, aço, alumínio, ferro, fios, aço inoxidável, correntes usadas, grilhões;
	<b>MADEIRA</b>	Madeira e serragem não contaminada com óleo;
	<b>RESÍDUOS ORGÂNICOS</b>	Restos de alimentos, cascas de frutas;
<b>NÃO RECICLÁVEIS</b>	<b>RESÍDUOS SERVIÇOS DE SAÚDE</b>	Resíduos de enfermaria / ambulatoriais;
	<b>RESÍDUOS RADIOATIVOS</b>	Baterias para radares, rádio, lítio, alcalinas;
	<b>RESÍDUOS NÃO RECICLÁVEIS</b>	Resíduos gerais não recicláveis ou misturados, contaminados e não passíveis de separação;
	<b>RESÍDUOS PERIGOSOS</b>	Todos os resíduos contaminados com óleo e/ou produtos químicos.

#### c.2) Coleta e Movimentação Interna

A coleta interna deve ser realizada diariamente por pessoas previamente designadas, providenciando o encaminhamento para o armazenamento externo dos resíduos. O encaminhamento à destinação final ocorre em um intervalo de tempo periódico, no intuito de evitar o aparecimento de vetores de doenças nos canteiros de obras (roedores e insetos).

O transporte de resíduos é realizado por meio de equipamentos adequados, em boas condições de conservação, de forma que não permita vazamento ou derramamento dos resíduos em locais públicos ou dispersem pelo canteiro.

#### c.3) Armazenamento Temporário Externo

O armazenamento dos resíduos, além de promover a sua organização, permite estocar os materiais em período que atenda à regularidade de coleta das empresas que serão responsáveis pelo transporte externo dos resíduos.

O local de armazenamento temporário externo deverá receber todos os resíduos recicláveis e não recicláveis provenientes das obras e operação do empreendimento, onde permanecerão até serem encaminhados para tratamento e/ou destinação final. O depósito deverá ser submetido a procedimentos de limpeza e desinfecção, após cada operação de coleta ou transferência de resíduos.

A área destinada ao armazenamento temporário de resíduos deve ser mantida em perfeitas condições de higiene e limpeza, assim como os todos os recipientes de acondicionamento de resíduos nesta área, evitando desta forma a proliferação de vetores de doenças, estando assim em conformidade com a ABNT 11.174 (Armazenamento de resíduos classes II - não inertes e III - inertes - Procedimento) e ABNT 12.235 (Armazenamento de resíduos sólidos perigosos - Procedimento).

#### c.4) Coleta e Transporte Externo

A coleta para o transporte é específica para cada grupo de resíduo, evitando a mistura entre tipos diferentes. As normas da ABNT mais relevantes para a etapa de coleta e transporte de resíduos sólidos são ABNT 13463 (Coleta de resíduos sólidos) e ABNT 13221 (Transporte de resíduos).

A empreiteira responsável pela obra deverá realizar o recolhimento dos resíduos em um intervalo de tempo curto, a fim de evitar o aparecimento de vetores de doenças na obra (roedores e insetos), e encaminhar as cópias do Controle de Transporte de Resíduos - CTR,

conforme anexo da norma ABNT 15113. Ressalta-se que as empresas responsáveis pela coleta e transporte dos resíduos sólidos perigosos devem obrigatoriamente possuir a Licença Ambiental de Operação - LAO vigente.

#### c.5) Destinação Final

A destinação final dos resíduos previamente separados deverá estar de acordo com a natureza do produto em questão, sabendo-se que, de acordo com a Resolução do CONAMA nº 307/2002, Art. 4º, § 1º, os resíduos de construção civil não poderão ser dispostos em aterros de resíduos domiciliares, em áreas de “bota fora”, em encostas, corpos d’água, lotes vagos e em áreas protegidas por Lei.

As empresas responsáveis pela destinação final e o tratamento dos resíduos deverão ser devidamente licenciadas pelo órgão ambiental, atendendo às condicionantes de proteção ao meio ambiente e à saúde pública. Essas empresas deverão emitir o Certificado de Destinação Final - CDF dos resíduos (ANEXO II), que deverá ser anexado nos relatórios a serem protocolados no IMA.

Os resíduos orgânicos (resíduos produzidos durante as refeições) deverão ser acondicionados em sacos plásticos. Os sacos devem ser colocados nos locais e horários previstos pela empresa concessionária de limpeza pública, sendo ela responsável pela coleta, transporte, e destinação final destes resíduos.

#### d) Medidas Adotadas

Os resíduos gerados nas obras de implantação do empreendimento serão de diferentes tipos, conforme já mencionado, necessitando segregação e acondicionamento específicos. A seguir, serão descritas as formas de acondicionamentos dos resíduos, de acordo com a sua classe e o local onde é gerado.

##### d.1) Canteiro de Obras, Depósito, Refeitório e

##### Alojamento Resíduos - Classe A:

**Segregação e Acondicionamento:** A segregação deverá ser realizada no local de origem logo após a sua geração, para evitar descarte. O acondicionamento deverá ser compatível com o seu volume, preferencialmente caçambas estacionárias.

**Armazenamento:** Em local seguro e protegido, contendo a devida identificação, sendo em forma de pilhas para que possam ser reutilizadas. Recomendável o uso de dispositivo de cobertura.

**Tratamento:** Deverá priorizar soluções de destinação que envolvam a reciclagem dos resíduos, de modo a permitir seu aproveitamento como agregado. A destinação de ser áreas de transbordo e triagem, áreas de reciclagem ou aterros de resíduos da construção civil licenciadas pelos órgãos competentes.

Os resíduos classificados como classe A podem ser reciclados para uso em pavimentos e concretos sem função estrutural.

O transporte deverá ser realizado por empresa especializada em coleta de entulhos, em caminhão com equipamento poliguindaste ou caminhão basculante, sempre coberto com lona, sendo as coletas realizadas de acordo com as necessidades.

##### Resíduos - Classe B:

**Segregação e Acondicionamento:** Os resíduos orgânicos e recicláveis como papel, plástico, vidro e metal deverão ser acondicionados em contentores de cores padrão

conforme Resolução do CONAMA nº 275/2001, de acordo com a classificação e o estado físico dos resíduos.

**Armazenamento:** Os contentores recicláveis deverão ser instalados nas proximidades da cozinha e refeitório.

**Tratamento:** Os resíduos recicláveis deverão ser coletados semanalmente por veículo próprio para este fim, já os resíduos orgânicos deverão ser coletados três vezes por semana também por veículo específico, os quais deverão ser encaminhados para aterro sanitário licenciado.

Deverá ser instalado um conjunto de quatro contentores para os resíduos recicláveis, como azul para resíduo de papel, verde para resíduo de vidro, amarelo para resíduo de metal e vermelho para resíduo de plástico. Se houver necessidade recomenda-se a instalação de mais um contentor na cor marrom para resíduos orgânicos.

Nestas Unidades Geradoras de resíduos de Classe B é imprescindível que a empreiteira instale banheiro químico ou um banheiro doméstico. A empresa contratada para instalação do banheiro químico deve apresentar licenciamento. Em caso de banheiro doméstico, deverá ser instalado conforme norma responsável, com destinação adequada para os efluentes.

d.2) Pátio de Estacionamento e Área de Impermeabilização de

Materiais Produtos Perigosos - Classe D:

**Acondicionamento:** Nos tambores próprios de óleos novos.

**Armazenamento:** Em local seguro e protegido, com bacia de contenção e em área no próprio canteiro.

**Tratamento:** As portarias da Agência Nacional do Petróleo - ANP registradas sob os números 125,126,127 e 128/1999 ditam normas para o gerenciamento do recolhimento, coleta e destinação final dos óleos lubrificantes usados. Segundo as portarias, os produtores e os importadores de óleos lubrificantes acabados são responsáveis pela coleta e destinação final do óleo lubrificante usado ou contaminado.

Assim, todo o óleo lubrificante usado ou contaminado deve obrigatoriamente ser recolhido e ter a destinação adequada, de forma a não afetar negativamente o ambiente, sendo proibidos quaisquer descartes em solos, águas subterrâneas, no mar, em sistemas de esgotos ou evacuação de águas residuais.

Ressaltamos que aos relatórios periódicos da gestão ambiental serão anexados os documentos de comprovação do envio de cada tipo de resíduo para tratamento e/ou destinação final adequada (Certificado de Destinação Final - Anexo II da Lei 15.442/2011).

d.3) Implantação da Rede de esgotos brutos, tubulações de condução de efluentes tratados, Estações Elevatórias de Esgotos, Estação de Tratamento de Esgoto e Estação Elevatória de Esgotos Tratados

Os resíduos gerados ao longo das obras de implantação do SES Sul da Ilha deverão ter os seguintes procedimentos:

Resíduos de Classe A - Todos os resíduos que serão gerados deverão ser acondicionados em caçambas estacionárias, deverão ser locadas conforme as frentes de obras, ou seja, durante as etapas das obras é que surgirá a necessidade do local e número de caixas a serem implantadas. A coleta e transporte deverão ser feitas por empresa especializada em coleta de entulhos, sendo realizadas de acordo com as necessidades da frente de trabalho, sempre que as caixas estiverem cheias a empresa deverá ser acionada para coleta das mesmas e colocação de uma nova caixa no local.

Resíduos de Classe B - Todos os resíduos recicláveis ou orgânicos gerados deverão ser acondicionados separadamente em sacos plásticos e encaminhados no final do turno de trabalho para os contentores das cores respectivas, instalados no canteiro de obra.

Ao longo da frente de trabalho deverá ser implantado banheiro químico para atendimento rápido, prático e de qualidade para com os trabalhadores e com relação ao meio ambiente e a higiene. A empresa responsável deverá ter licenciamento para instalação. E a mesma deve apresentar manutenção adequada para deixar os sanitários sempre limpos e higienizados.

Todo material gerado no banheiro químico deverá ter a destinação adequada em pontos de descarte legais autorizados pelos órgãos responsáveis, tendo assim, a certeza de não estar prejudicando a natureza.

Resíduos de Classe C - “*Todos os resíduos não recicláveis deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas*”, conforme a Resolução do CONAMA Nº 307/2002, Artigo 10, inciso III.

Resíduos de Classe D - Todos os resíduos como embalagens de lubrificantes ou fluidos deverão ser acondicionados em saco plásticos e encaminhados no final do turno de trabalho para o contentor da cor laranja instalado no canteiro de obra.

#### 8.4.3.4 Equipe Técnica

A equipe técnica responsável pela execução do Programa de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil deverá ser composta por um Engenheiro Sanitarista e Ambiental e um auxiliar técnico.

#### 8.4.3.5 Relatórios para Órgão Ambiental

Os relatórios do Programa de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil serão trimestrais durante a instalação e semestrais durante a operação do empreendimento e encaminhados ao órgão ambiental, contendo no mínimo as seguintes informações:

- Registros de monitoramento dos resíduos gerados no empreendimento;
- Registros fotográficos da implantação e execução do programa;
- Indicação da destinação final dos resíduos;
- Comprovantes (CTR/CDF) da coleta, transporte e destinação final dos resíduos por empresa licenciada; e
- Estimativa de geração de resíduos em cada período.

#### 8.4.4 Programa de Monitoramento de Ruídos

O ruído caracteriza-se como um som desagradável e indesejável, ou como um estímulo que não contém informações úteis à tarefa em execução. Portanto, o som passa a ser considerado ruído quando causa ao homem a sensação de desconforto e mal estar, afetando a saúde e a produtividade. Este fato está diretamente relacionado a fatores como distância da fonte sonora, duração do som e intensidade do som, além de características individuais de cada pessoa, como sensibilidade auditiva e concentração.

O canteiro de obras, o aumento de circulação de pessoas, a movimentação de máquinas e equipamentos para a implantação do Sistema de Esgotamento Sanitário - SES Sul da Ilha são atividades potencialmente geradoras de ruídos, que podem causar um aumento nos níveis de emissão de ruídos do período inicial de construção até a conclusão das obras. Logo, a possível interferência no conforto acústico das comunidades circunvizinhas ao empreendimento e para os trabalhadores das obras, remete a necessidade da implementação do presente programa ambiental, visando também minimizar os possíveis impactos ambientais.

#### 8.4.4.1 Objetivos

##### a) Objetivo Geral

Avaliar a interferência de ruído gerada pela implantação do sistema de esgotamento sanitário nas comunidades ao entorno do empreendimento, principalmente daquelas vizinhas às áreas onde serão implantadas as estações elevatórias de esgoto bruto e tratado, a ETE e as tubulações.

##### b) Objetivos Específicos

- Orientar para a adequada localização do canteiro de obras e outras estruturas de apoio das obras, a fim de minimizar o impacto dos ruídos gerados à população;
- Conscientizar os trabalhadores do canteiro de obras e demais estruturas de apoio para evitarem emissão de ruídos desnecessários e minimizarem os gerados;
- Orientar e fiscalizar a utilização dos Equipamentos de Proteção Individual - EPIs pelos funcionários da obra e da pré-operação da ETE;
- Planejar a melhor logística de transporte dos equipamentos e maquinários durante as obras de instalação do sistema;
- Monitorar as condições de emissão de ruídos dos veículos, máquinas e equipamentos utilizados nas obras;
- Avaliar se os níveis de pressão sonora emitidos estão de acordo com o limite permitido na ABNT 10151 - Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade - Procedimento;
- Elaborar relatórios trimestrais durante a obra do empreendimento para o órgão ambiental; e
- Propor medidas de controle da emissão de ruídos e dos impactos ambientais.

#### 8.4.4.2 Justificativa

A implantação do sistema pode elevar os níveis de pressão sonora da região ao entorno da área do empreendimento, podendo causar desconforto a comunidade circunvizinha. Dessa forma, torna-se necessário o planejamento e a implementação de medidas de controle que reduzam a emissão de ruídos e que permitam acompanhar a eficiência das medidas adotadas.

#### 8.4.4.3 Metodologia

A avaliação dos níveis de pressão sonora emitidos durante a implantação do SES Sul da Ilha se baseará na ABNT 10151. Esta norma fixa as condições exigíveis para avaliação da aceitabilidade do ruído em comunidades, recomendando a obtenção do Nível de Pressão Sonora Equivalente - LAeq, em decibéis ponderados em "A" chamado dB(A), como forma de quantificação dos níveis de ruído.

A metodologia do Programa de Monitoramento de Ruídos se divide em duas etapas. A primeira etapa trata das medidas de controle na emissão dos ruídos e a segunda apresenta a metodologia para o monitoramento dos ruídos gerados pela implantação e pré-operação do sistema.

Durante a implantação do sistema, bem como durante a pré-operação do SES Sul da Ilha será adotado o Nível de Critério de Avaliação - NCA, conforme determinação da NBR 10151, tendo também como base as características gerais do zoneamento, uso e ocupação do solo, apresentado no ANEXO III - DESENHO Nº 02071-SES-ECO-DGE- 0280-A, do município de Florianópolis (Ilha).

A seguir serão detalhadas as duas etapas deste programa ambiental, sendo que, a primeira são as medidas de controle e a segunda é o monitoramento dos níveis de pressão sonora.

##### a) Medidas de Controle

Como citado anteriormente, deverão ser tomadas medidas de controle durante toda a implantação e pré-operação do empreendimento para minimizar a emissão de ruídos e reduzir os seus impactos ambientais nas comunidades ao entorno.

As medidas de controle propostas no presente documento são:

- Evitar instalações de canteiro de obras próximo aos aglomerados urbanos;
- Priorizar a escolha de veículos, máquinas e equipamentos que apresentem baixos índices de emissão de ruídos;
- Instalar e executar um programa de manutenção preventiva dos veículos, máquinas e equipamentos, para que sejam minimizadas as emissões de ruídos;
- Operações que tenham alta emissão de ruídos só poderão ser executadas no período diurno, conforme horário definido pela ABNT 10151 ou legislação estadual ou municipal mais restritiva;
- Exigir dos funcionários vinculados às obras a utilização de equipamentos de proteção individual (protetores auriculares tipo concha ou similar), quando estiverem em contato com equipamentos de emissão sonora, respeitando a legislação trabalhista;
- Verificar se em áreas próximas às residências, os limites de emissão sonora estão dentro do estabelecido pela ABNT 10151, ou por legislação estadual ou municipal mais restritiva;
- Estabelecer um canal de comunicação permanente com a comunidade, a fim de esclarecer possíveis dúvidas e receber reclamações ou sugestões dos moradores ou público em geral; e
- A equipe técnica deste programa deverá reunir-se mensalmente, ou conforme a necessidade, com a equipe de supervisão ambiental para verificar a eficiência das medidas de controle adotadas.

#### b) Monitoramento dos Níveis de Pressão Sonora

O monitoramento dos níveis de pressão sonora será realizado conforme os procedimentos estabelecidos pela ABNT 10151, os quais serão detalhados a seguir, e os resultados serão comparados com o NCA da área em questão, determinado previamente pela equipe técnica do programa.

As medições de nível de pressão sonora ocorrerão mensalmente durante a instalação e pré-operação do empreendimento e os relatórios de monitoramento deverão ser entregues trimestralmente ao órgão ambiental contemplando todos os resultados obtidos.

##### b.1) Pontos de Monitoramento

Durante a etapa de implantação e pré-operação do empreendimento os pontos de monitoramento deverão localizar-se nas estações elevatórias de esgoto de médio e grande porte, incluindo a Elevatória de esgotos tratados, ETE e algumas frentes de trabalho e ao entorno do canteiro de obras a serem definidos quando da programação das obras (empreiteiro), de modo que possam ser levantados os níveis de ruído externamente aos limites da fonte geradora e que interferem na comunidade circunvizinha.

A Figura 8.5 apresenta a localização de algumas estações elevatórias, passíveis de monitoramento, devendo-se incluir um ponto de monitoramento junto à Estação Elevatória de Efluentes Tratados, que será localizadanos limites da ETE.

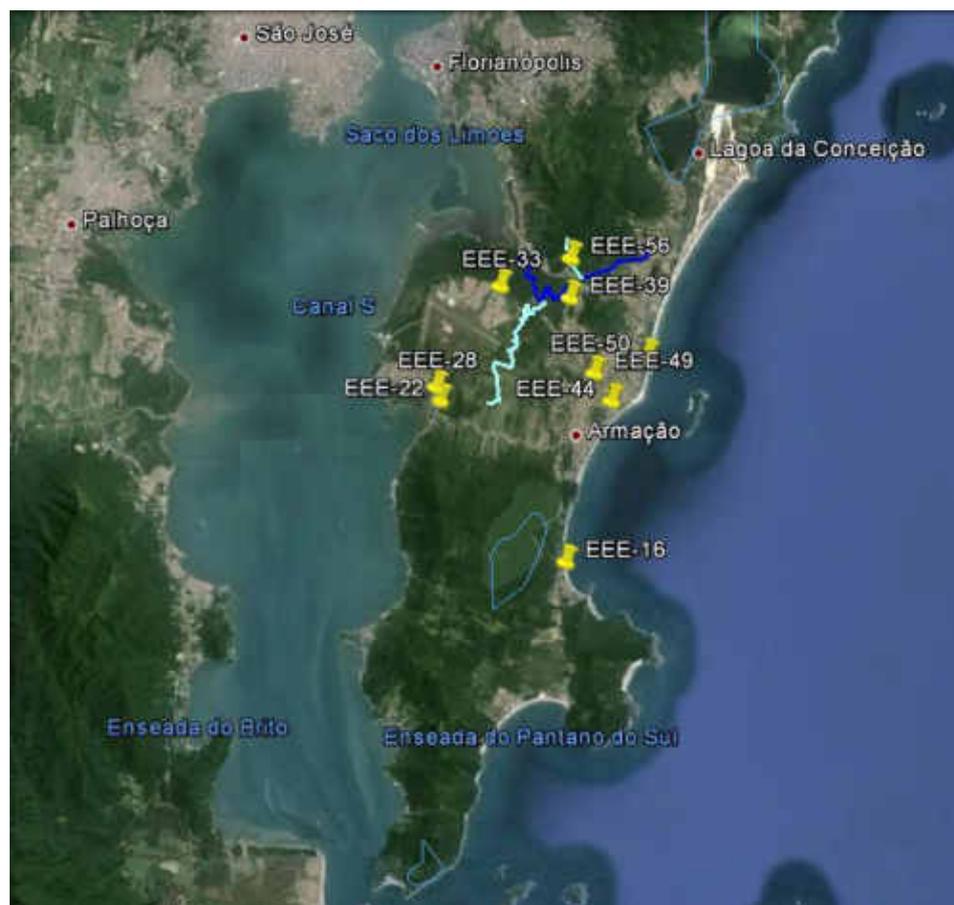


Figura 8.5: Sistema de Esgotamento Sanitário - SES Sul da Ilha Monitoramento de Ruídos Locais Passíveis de Monitoramento

b.2) Equipamentos de Medição Medidor Nível de Pressão Sonora:

Para medidores com fabricação anteriores ao ano de 2002, o medidor de nível de pressão sonora ou o sistema de medição, de acordo com a ABNT 10151, deve atender às especificações da norma IEC 60651 para tipo 0, tipo 1 ou tipo 2. Recomenda-se que o equipamento possua recursos para medição de nível de pressão sonora equivalente ponderado em “A” (Leq), conforme IEC 60804.

Caso seja utilizado um medidor com projeto de fabricação posterior ao ano de 2002, recomenda-se que este atenda a norma IEC 61672-1, que integra e substitui as normas IEC 60651 e IEC 60804.

O medidor de nível de pressão sonora deve ter certificado de calibração da Rede Brasileira de Calibração - RBC ou do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO.

A Figura 8.6 (Fonte: <http://www.impac.com.br/decibelmetro/decibelmetrodigital.htm>, acesso em 21 de outubro de 2013) apresenta um exemplo/modelo de medidor de nível de pressão sonora a ser utilizado.



Figura 8.6: Medidor de Nível de Pressão Sonora

#### Calibrador Acústico:

O calibrador acústico deve atender às especificações da norma IEC 60942, devendo ser classe 2, ou melhor.

O calibrador acústico deve ter certificado de calibração da RBC ou do INMETRO.

Uma verificação e eventual ajuste do medidor de nível de pressão sonora ou do sistema de medição devem ser realizados pelo operador do equipamento, com o calibrador acústico, imediatamente antes e após cada medição, ou conjunto de medições relativas ao mesmo evento.

#### b.3) Procedimentos de medição Condições Gerais:

As medições deverão ser executadas nos pontos pré-determinados durante as atividades de implantação do SES Sul da Ilha. Lembrando que, o levantamento de níveis de ruído deve ser medido externamente aos limites da atividade que contém a fonte de geração.

Na ocorrência de reclamações, as medições do nível de pressão sonora devem ser efetuadas nas condições e locais indicados pelo reclamante.

Durante as medições, os equipamentos deverão estar em pleno funcionamento, para que assim, possa se registrar o ruído do maquinário, de equipamentos operacionais, do tráfego e nas localidades ao entorno. Deverá ser observada a condição mais favorável à poluição sonora nas várias frentes de serviços, sejam elas próximas ou não de comunidades.

Não devem ser efetuadas medições na existência de interferências audíveis advindas de fenômenos da natureza (por exemplo: trovões, chuvas fortes etc.).

#### Períodos de Coletas de Dados:

A ABNT 10151 define o período diurno como sendo um intervalo entre as 07h00min e às 22h00min. Contudo, a norma determina em seu item 6.2.2 que os limites de horário para o período diurno e noturno podem ser definidos pelas autoridades de acordo com os hábitos da população.

Durante a implantação e pré-operação do empreendimento a coleta de dados deverá ser executada apenas no período diurno, se não houver obras no período noturno. Entretanto, caso esse quadro se modifique o monitoramento deverá se estender para os dois períodos.

Execução da Medição:

Segundo a ABNT 10151, as medições serão executadas com medidor de nível sonoro de acordo com as especificações da norma IEC 60651 (Sound Level Meters), para equipamentos fabricados anteriores a 2002, e a norma IEC 61672 para equipamentos fabricados após o ano de 2002. O equipamento deverá estar ajustado na escala de compensação “A” e resposta de leitura rápida “fast”, com indicativo de localização e horário da avaliação para cada registro.

Além do registro dos dados pelo medidor deverão ser anotadas as condições observadas “in situ” pela equipe técnica que podem influenciar na caracterização do ruído. Recomenda-se ainda que, em cada ponto amostral, seja registrada a contagem de veículos passantes, conforme a classificação proposta por WENDT “et al” (2001), onde classifica-se Veículos Leves - VL (motos e similares), Veículos Médios - VM (automóveis e camionetas), e, Veículos Pesados - VP (caminhões e ônibus).

O Quadro 8.8 apresenta um modelo de ficha com as informações que são necessárias para preenchimento durante a medição “in situ” dos níveis de pressão sonora.

Quadro 8.8: Sistema de Esgotamento Sanitário - SES Sul da Ilha Modelo de Ficha para Preenchimento “In Situ” Durante a Execução da Medição dos Níveis de Pressão Sonora

Nº DO PONTO			
Coordenada planas (UTM), zona _____-Modelo GPS:			
Referência de localização:			
PERÍODO DIURNO		PERÍODO NOTURNO	
Data:		Data:	
Início:	Término:	Início:	Término:
Condições meteorológicas:		Condições meteorológicas:	
Vento:		Vento:	
Contagem de veículos:		Contagem de veículos:	
Observações:		Observações:	
Registro Fotográfico		Registro Fotográfico	

Durante as medições, a altura do microfone deve ser posicionada entre 1,20 metros e 1,50 m acima do solo com pelo menos 2 m do limite da propriedade e de quaisquer outras superfícies refletoras, como muros e paredes, conforme ABNT 10151. Na impossibilidade de atender alguma destas recomendações, a descrição da situação medida deverá constar no relatório de monitoramento.

Critérios de Avaliação:

Primeiramente, deverá ser definido o Nível de Critério de Avaliação - NCA verificado conforme a definição dos pontos de amostragem em cada frente de trabalho de obras ou estação elevatória do SES Sul da Ilha. Ressalta-se que o mapa de zoneamento do Plano Diretor Municipal, e o EAS do presente empreendimento deverão ser verificados para definição do NCA de cada região.

O Quadro 8.9 apresenta os dados da Tabela 1 da ABNT 10151 para determinação dos níveis de critério de avaliação, como citado acima.

Quadro 8.9: Sistema de Esgotamento Sanitário - SES Sul da Ilha Determinação do Nível de Ruído de Critério de Avaliação - NCA para Ambientes Externos, em dB(A)

TIPOS DE ÁREAS	DIURNO	NOTURNO
Áreas de sítios e fazendas	40	35
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	50	45
Área mista, predominantemente residencial	55	50
Área mista, com vocação comercial e administrativa	60	55
Área mista, com vocação recreacional	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

Fonte: ABNT 10151

O Nível de Ruído Ambiente (Lra) é o nível de pressão sonora equivalente ponderado em “A”, no local e horário considerados, na ausência do ruído gerado pela fonte sonora em questão. Caso o nível de ruído ambiente Lra, seja superior ao valor apresentado na Tabela 1 da ABNT 10151 (Quadro 8.9) para a área e o horário em questão, o NCA assume o valor do Lra.

Para avaliação do ruído deverá ser utilizado o Nível de Pressão Sonora Equivalente (LAeq), recomendado para avaliação de ruídos que variam com o tempo. Caso o equipamento não execute a medição automática do LAeq, deverá ser utilizado a seguinte equação para cálculo:

$$L_{eq} = 10 \log \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_i}{10}} \right]$$

Onde:

$L_i$  = nível de pressão sonora, em dB(A), lido em resposta rápida “fast” a cada 5s, durante o tempo de medição do ruído; e

$n$  = número total de leituras.

#### 8.4.4.4 Equipe Técnica

A equipe técnica responsável pela execução do Programa de Monitoramento de Ruídos deverá ser composta por um engenheiro de segurança do trabalho e um auxiliar técnico.

#### 8.4.4.5 Relatórios para Órgão Ambiental

Para apresentação dos resultados ao órgão ambiental serão elaborados relatórios de monitoramento trimestrais com a junção dos dados obtidos mensalmente nas medições. Durante a pré-operação os relatórios serão entregues mensalmente ao órgão ambiental.

Os relatórios técnicos deverão conter as seguintes informações:

- Marca, tipo ou classe e número de série de todos os equipamentos de medição utilizados;
- Data e número do último certificado de calibração de cada equipamento de medição;
- Desenho esquemático e/ou descrição detalhada dos pontos da medição;

- Horário e duração das medições do ruído;
- Metodologia utilizada;
- Valor do Nível Crítico de Avaliação - NCA de ruído aplicado para a área e o horário da medição;
- Resultado do nível de pressão sonora equivalente (LAeq) em decibels ponderados em "A" [dB(A)] avaliados conforme o limite estabelecido pelo NCA em questão;
- Apresentação do nível de ruído ambiente (Lra), se necessário;
- Referências à norma ABNT 10151;
- Condições climáticas presenciadas nos momentos das medições; e
- Registros fotográficos das medições nos pontos amostrais.

#### 8.4.5 Programa de Recuperação de Áreas Degradadas

A implantação do SES Sul da Ilha envolverá atividades que resultarão na degradação de áreas localizadas, tais como trabalhos de corte e aterro em solo, áreas de empréstimo de solo, execução e acessos provisórios, entre outras atividades. Essas modificações do solo, mesmo provisórias, podem vir a alterar as condições preexistentes, assim, caso verificada a impossibilidade de alguma área em se restaurar ao seu uso original, ao final de seus serviços, estas serão consideradas como degradadas e merecedoras de atenções e investimentos.

A implantação deste Programa de Recuperação de Área Degradada - PRAD visa estabelecer as ações a serem realizadas concomitantes ao andamento das obras voltadas ao controle de processos erosivos e na recuperação do uso original do solo. Esses procedimentos permitirão a harmonização do aspecto paisagístico do empreendimento, assim como novos usos de áreas cujas características sofreram alterações em consequência das obras de implantação do SES Sul da Ilha.

##### 8.4.5.1 Objetivos

O Programa de Recuperação de Áreas Degradadas tem como objetivo orientar e especificar as ações que devem ser planejadas e executadas para dispor soluções paisagísticas para a recuperação de áreas degradadas durante e após o término das obras de implantação do SES Sul da Ilha.

As áreas a serem recuperadas compreendem aquelas que foram utilizadas para instalações de apoio às obras, tais como:

- Áreas usadas para acampamentos e canteiros de obras provisórios;
- Áreas usadas para instalações de galpões e pátios de estocagem (insumos, tubulações, pré-moldados e outros);
- Caixas de empréstimo e bota-foras;
- Acessos e corta-rios para construção de valas e drenagens;
- Caminhos de serviço desnecessários na fase de operação do empreendimento; e
- Outras, que porventura vierem a ocorrer.
- Para tanto a lista de medidas de recuperação ambiental a serem incorporadas no projeto incluem as seguintes atividades:
- Cadastramento de passivos ambientais previamente e durante as obras de implantação;
- Estabelecimento de medidas de isolamento da área a ser recuperada, em relação ao trânsito de animais domésticos e pessoas;
- Recomposição do relevo;

- Conformação de seções estáveis para áreas degradadas, com raspagem e retirada de entulho;
- Descompactação do solo, através de escarificadores ou subsoladores, visando ao rompimento de camadas compactadas;
- Recolocação do solo fértil com uma camada uniforme;
- Correção da fertilidade por meio da aplicação de calcário e adubos orgânicos, buscando a correção físico-química do solo, quando não houver solo fértil para sua recomposição;
- Implantação de drenagem para conter processos erosivos;
- Recuperação florestal das áreas afetadas por meio do repovoamento de espécies vegetais, propiciando a aceleração do processo de regeneração natural; e
- A avaliação da implantação do projeto por meio de indicadores de recuperação utilizando informações a partir de planilhas de campo.

#### 8.4.5.2 Justificativa

A utilização de áreas para apoio às obras de instalação do SES Sul da Ilha, tais como canteiro de obras; preparação do terreno; movimento de terra; esgotamento e drenagem; fundações; assentamento das tubulações; pavimentação e ligações prediais, ocasionarão alterações significativas no uso original do solo pela cumulatividade e pelo sinergismo dos seguintes fatores impactantes:

- Execução da limpeza do terreno (com eliminação da vegetação porventura existente e do nível de solo orgânico e fértil); e
- Cortes e aterros, implicando na modificação do sistema de drenagem natural (superficial e/ou subterrânea).

Dessa forma esse programa tem por justificativa a recuperação de todas as áreas que ao final dos serviços não puderem restaurar o seu uso original, ou que apresentem focos de vetores transmissores de doenças, origem de erosões, riscos aos transeuntes entre outros fatores.

Este Programa de Recuperação de Área Degradada tem por dispositivo legal a Lei nº 6938/81 que, em seu Artigo 2º preconiza:

*“A Política Nacional de Meio Ambiente tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no País, condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana”, atendendo os princípios de recuperação de áreas degradadas e proteção de áreas ameaçadas de degradação.”*

#### 8.4.5.3 Metodologia

Na sequência consta a metodologia a ser adotada para a implementação do Programa de Recuperação de Áreas Degradadas.

##### a) Atividades Preliminares a Execução das Obras

A seguir são descritas as atividades necessárias a serem executadas antes do início das obras de implantação do empreendimento.

##### a.1) Cadastramento de Passivos Ambientais

O conceito de passivo ambiental, de acordo com o Código de Mineração pode ser definido como: “Aquele que é gerado quando no encerramento das atividades, não foi executada

nenhuma ação ou projeto no sentido de recuperação do meio ambiente, possibilitando o seu retorno às condições originais ou as condições de equilíbrio”.

No caso da instalação do SES Sul da Ilha os passivos ambientais, estão relacionados com a:

- Contaminação do solo, águas superficiais e subterrâneas por produtos químicos (óleos, graxas, tintas, etc.);
- Degradação de locais (processos erosivos, falta de vegetação superficial, etc.) por falta de recuperação de bota-foras e áreas de empréstimo; e
- Recomposição florestal não atendida.

Para o cadastramento e recuperação de passivos ambientais devem ser avaliadas previamente, ao início das obras, as condições das áreas das estações elevatórias de esgoto de pequeno, médio e grande porte, o trajeto das linhas de recalque, a área de implantação da ETE e, os demais locais que vierem a sofrer intervenções para a implantação do SES Sul da Ilha, como aquelas previstas no presente estudo de alternativas.

Esse registro tem como objetivo mapear e cadastrar ocorrências já existentes que possam apresentar algum futuro risco na implantação do empreendimento como processos de erosão e inundações. Também deverão ser registrados os novos passivos provenientes da atividade de construção durante as obras de implantação do empreendimento.

Para melhor controle dos processos de identificação e tratamento dos passivos ambientais encontrados previamente, durante e após as obras do SES Sul da Ilha, desenvolveu-se uma ficha de Cadastramento de Passivos Ambientais (Quadro 8.10). Sua finalidade é identificar os tipos de passivos, mensurar os riscos e prioridades na correção destes e aplicar medidas corretivas propostas neste programa.

O cadastro de passivos ambientais será sintetizado em uma Planilha de Controle de Passivos Ambientais (Quadro 8.11). Essas informações tabuladas servirão como indicadores dos processos de recuperação implantados para cada situação.

As ações de recuperação devem ser contempladas no cronograma de obras dentro da previsão de execução dos avanços físicos de terraplanagem, drenagens e instalação de tubulações e estruturas, uma vez que as mesmas estão estritamente ligadas à condição de conclusão destes serviços.

Quadro 8.10: Cadastramento de Passivos Ambientais

Sistema de Esgotamento Sanitário - SES Sul da Ilha			
Cadastro de Passivos Ambientais			
<b>BE</b> - Bacia de Esgotamento nº.:	<b>Data:</b>	/ /	<b>Vistoriador:</b>
<b>Localização</b> (rua, bairro):			
<input type="checkbox"/> <b>EEE</b> nº.:	Porte <input type="checkbox"/> <b>P</b> <input type="checkbox"/> <b>G</b> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <b>ETE</b>	
<input type="checkbox"/> <b>LR</b> - Linha de Recalque nº.:		<input type="checkbox"/> <b>BF</b> - Bota Fora	
<input type="checkbox"/> <b>AE</b> - Área de Empréstimo		<input type="checkbox"/>	
<b>Coordenadas (UTM) - Fuso 22 J</b>		<b>X:</b>	<b>Y:</b>
<b>Relevo do local:</b> <input type="checkbox"/> <b>P</b> - Plano <input type="checkbox"/> <b>M</b> - Montanhoso <input type="checkbox"/> <b>O</b> - Ondulado <input type="checkbox"/> <b>E</b> - Escarpado			
<b>Tipo de material/solo e cobertura vegetal</b>			
<input type="checkbox"/> <b>RO</b> - Rocha		<input type="checkbox"/> <b>SO</b> - Solo Orgânico e/ou Hidromórfico	
<input type="checkbox"/> <b>SR</b> - Solo Arenoso		<input type="checkbox"/> <b>SC</b> - Sem Cobertura	
<input type="checkbox"/> <b>SG</b> - Solo Argiloso		<input type="checkbox"/> <b>PV</b> - Pavimentado	
<input type="checkbox"/> <b>SS</b> - Solo Siltoso		<input type="checkbox"/> <b>AL</b> - Alagado	
<b>Tipo do passivo</b>			
<input type="checkbox"/> <b>ET</b> - Escorregamento de talude		<input type="checkbox"/> <b>AS</b> - Assoreamento	
<input type="checkbox"/> <b>VG</b> - Veg. degradada/desmatamento		<input type="checkbox"/> <b>SA</b> - Surgência ou acúmulo de água	

Sistema de Esgotamento Sanitário - SES Sul da Ilha Cadastro de Passivos Ambientais	
<input type="checkbox"/> <b>ER</b> - Erosão	<input type="checkbox"/> <b>RC</b> - Recalque
<input type="checkbox"/> <b>QB</b> - Queda de blocos	<input type="checkbox"/> <b>DE</b> - Deslizamento de Encosta
<input type="checkbox"/> <b>AT</b> - Aterro/dep. entulho e lixo	<input type="checkbox"/> <b>IN</b> - Invasão
<input type="checkbox"/> <b>OU</b> - Outros	
<b>Escala de risco as estruturas e/ou terceiros</b>	
<input type="checkbox"/> <b>1</b> - Já interfere com perigo	
<input type="checkbox"/> <b>2</b> - Com perigo eminente	
<input type="checkbox"/> <b>3</b> - Sem perigo	
<b>Status do passivo ambiental</b>	
<input type="checkbox"/> <b>1 - Em Recuperação</b> - Passivos que estejam sendo afetados/alterados pelas obras do SES Sul da Ilha e que se encontram em fase de aplicação de ao menos um método previsto	
<input type="checkbox"/> <b>2 - Não Recuperado</b> - Sem aplicação de nenhum dos métodos indicados.	
<input type="checkbox"/> <b>3 - Recuperado</b> - Passivos que após a instalação do SES Sul da Ilha apresentem características próximas ou mesmo melhores que as naturais ou anterior a ocorrência das obras	
<b>Discriminação do Problema:</b>	
<b>Registro Fotográfico ou croqui:</b>	
<b>Ações Ambientais Recomendadas:</b>	

Quadro 8.11: Planilha de Controle de Passivos Ambientais

BE nº	DATA DE IDENTIFICAÇÃO DE PASSIVO	EE	LR	AE	ETE	BFB	COORDENADAS UTM Z 22J	RELEVÂNCIA, O, M, O, E	SOLUÇÃO, RO, SO, SR, SC, SG, PV, S, S, A L	PASSIVO ET, VG, ER, QB, AT, AS, AS, RC, DE, IN, m	ESCALA DE RISCO (1, 2, 3)	STATUS DO PASSIVO (1, 2, 3)	DISCRIMINAÇÃO DO PROBLEMA	AÇÃO RECOMENDADA	MEDIDA CORRETIVA APLICADA	DATA DE RECUPERAÇÃO DO PASSIVO

### a.2) Remoção e Armazenamento Prévio da Camada Superficial de Solo

As áreas de apoio e as demais áreas que venham a sofrer terraplenagem terão a remoção e o armazenamento da camada superficial do solo de acordo com as seguintes etapas:

- A remoção da camada superficial de solo orgânico será realizada juntamente com a remoção da vegetação do local. Deverão ser preservadas as árvores, vegetação de qualidade e grama, localizadas nas áreas que não interfiram no desenvolvimento dos serviços. O material removido será misturado mecanicamente para ser convertido em material para cobertura morta (mulch), que será incorporado à superfície do terreno no final dos trabalhos de reabilitação;
- O solo removido será depositado em camadas de aproximadamente 1,5 m de espessura e 3 a 4 m de largura, em locais planos e protegidos das "enxurradas" e erosão, evitando a compactação do mulch durante a operação de armazenagem. O solo estocado deverá ser protegido por uma cobertura morta (produto de podas, restos de capim, folhas, etc.);
- O solo orgânico misturado com os restos de vegetação, não usado como produto florestal, será mantido em estoque durante o período de utilização das áreas que, no futuro, serão consideradas como degradadas. O tempo de estocagem deverá ser o menor possível em virtude da potencial queda na qualidade do solo orgânico com o passar dos anos;
- Quando for utilizado, o solo orgânico (mulch) deve ser transferido diretamente para a área preparada previamente para a recuperação. Normalmente a transferência direta minimiza as perdas microbiais de nutrientes e maximiza o número de sementes que sobrevivem a esta ruptura provocada;
- O material escavado que for apropriado para utilização no aterro/reaterro, será depositado ao lado da vala, poços ou cavas, a uma distância equivalente à profundidade de escavação. Caso contrário, o material escavado será transportado para área de bota-fora; e
- Os serviços de retirada de pavimentação serão executados em áreas públicas, de forma rápida. Todas as peças oriundas da retirada de pavimentação e passíveis de reaproveitamento deverão ser carregadas, transportadas, depositadas e conservadas em local apropriado, a critério da empreiteira, enquanto que os não reaproveitáveis, deverão ser encaminhado às áreas de bota-fora.

### a.3) Controle de Erosão Hídrica nas Áreas com Solo Exposto

Com o propósito de conter erosão nos locais mais íngremes das áreas durante o processo de recuperação é sugerido utilizar o material vegetal, obtido da supressão de espécies exóticas existentes no local, como toras (com cerca de 1 m de comprimento), galharia e pedras na contenção da água da chuva que drena sobre as áreas desprovidas de vegetação, acompanhando os caminhos preferenciais da água (Figura 8.7).



Figura 8.7: Exemplo De Controle Da Erosão Hídrica A Partir Do Uso De Toras, Galharias E Pedras

#### b) Atividades Simultâneas e Pós Execução das Obras

A seguir são descritas as atividades necessárias a serem executadas durante e após as obras de implantação do empreendimento.

##### b.1) Desmobilização do Canteiro de Obra

Nas atividades de desmobilização do canteiro de obra o preparo definitivo das áreas deve ser realizado por meio das seguintes atividades:

- Remoção de todos os prédios, pisos e bases de concreto;
- Vedação satisfatória ou enchimento de fossas e sumidouros;
- Remoção de cercas;
- Preparação do substrato através da correção físico-química;
- Erradicação de áreas propícias ao acúmulo de águas pluviais;
- Remoção de quaisquer barramentos ou obstáculos decorrentes das obras;
- Desobstrução da rede de drenagem natural;
- Implantação de um sistema de drenagem superficial; e
- Remoção de bueiros provisórios.

As terras de baixa capacidade de produção ou que devam ser recuperadas e que, ao mesmo tempo, sejam muito suscetíveis à erosão, deverão ser recobertas com vegetação permanente densa, capaz de exercer o controle dos processos erosivos e de recuperar o aspecto cênico dessas áreas.

##### b.2) Implantação Paisagística

Nas áreas que sofrerem intervenção para a implantação da ETE e das estações elevatórias de esgoto serão implantados portões, cercas e alambrados. Nessas áreas será executado um procedimento paisagístico através do plantio de grama e árvores descrito a seguir.

##### b.2.1) Plantio de Gramas

Compreende os serviços de limpeza, regularização e preparo da superfície, fornecimento e espalhamento de camada de terra vegetal, quando necessário, com espessura média de 0,05 m e plantio de grama, em mudas, placas ou leivas, isenta de vegetação parasitária.

As mudas serão afixadas ao solo, por intermédio de pressão dos dedos na terra lateral para que as raízes fiquem envoltas em terra e com poucos vazios em sua volta, sendo que o espaçamento entre as mudas não deverá ser superior a 0,10 m.

As placas deverão receber uma compactação dosada para que as raízes da grama tenham contato mais íntimo com o solo. Após serem colocadas justapostas e comprimidas deve-se lançar uma camada de cobertura com terra vegetal peneirada de forma a preencher os eventuais vazios. Caso necessário deve-se cravar piquetes em taludes (Figura 8.8).



**Figura 8.8: Plantio de Placas de Grama em Talude Utilizando Piquetes**

Após o plantio de mudas ou placas, será providenciada a adubação orgânica, natural ou química. Deve ocorrer a remoção do material excedente, manutenção e rega constante até que as mudas ou placas fiquem homoganeamente arraigadas ao terreno. O local deve ser protegido.

Os serviços relativos ao plantio de grama deverão ser concluídos com antecedência suficiente ao término da obra, para que o gramado não necessite de cuidados especiais para sua formação.

#### b.2.2) Plantio de Árvores e Arbustos

Compreende os serviços de limpeza, preparo das covas, fornecimento, plantio das mudas nativas e colocação de terra vegetal adubada, isenta de vegetação parasitária.

Após o plantio deverá ser providenciada proteção, manutenção e rega de todas as mudas, que deverá ser contínua, até um mínimo de 45 dias, ou até que todas elas estejam brotadas.

Nessa atividade deve-se usar plantas nativas quando houver ou que apresentem:

- Adaptabilidade às condições locais da área a recuperar;
- Ausência de toxinas;
- Germinação e crescimento confiáveis;
- Objetivo de reproduzir o ambiente original;
- Houver disponibilidade de sementes e mudas nos prazos requeridos pelas obras;
- Tolerância ao ambiente (seca; frio; alagamento); e
- Tolerância ao solo (pH; salinidade; toxicidade; fertilidade).

#### b.2.3) Recomposição Vegetal em Superfícies Degradadas

O objetivo desta ação é a recomposição da vegetação nas áreas buscando, na medida do possível, uma situação semelhante à original, ou seja, antes da implantação da ETE e das estações elevatórias de esgoto e das tubulações de condução do efluente tratado e condução emergencial.

A área do entorno levantada para a implantação da ETE Rio Tavares apresenta uma cobertura vegetal em estágio secundário de regeneração onde outrora se caracterizava com Formação das Terras Baixas. A situação da cobertura vegetal na área destinada a possível implantação de unidades de tratamento terciário da ETE Rio Tavares não difere das características gerais da região, onde predomina a cobertura vegetal nativa em estágio inicial e médio de regeneração.

De acordo com o estudo ambiental para a implantação do SES Sul da Ilha a cobertura vegetal avaliada da Área Diretamente Afetada - ADA é composta basicamente por espécies pioneiras e secundárias iniciais, fitofisionomia arbórea, aberta, com presença de espécies lenhosas (Quadro 8.12). Ocorrem ainda, epífitas e trepadeiras herbáceas, com baixa densidade. A serrapilheira é formada por fina camada resultante do acúmulo de resíduos orgânico com baixa atividade de decomposição devido à umidade constante no solo, estratos arbóreos são inexistentes.

Na etapa de licenciamento da Alternativa de lançamento dos efluentes tratados, a nova ADA deverá ser definida e o levantamento da cobertura vegetal deverá ser realizado, em especial no trecho relativo a tubulação de condução dos esgotos tratados emergencial, no caso da EE, que será implantada na área da ETE são válidas as mesmas condições aqui apresentadas para a ETE.

O Quadro 8.12 apresenta as espécies arbóreas, pelo nome vulgar e científico e as famílias, identificadas no inventário florestal realizado para o licenciamento inicial do SES Sul da Ilha, totalizando 20 espécies e gêneros, treze famílias num total de 131 indivíduos amostrados.

Quadro 8.12: Área da Estação de Tratamento de Esgoto - Espécies Arbóreas Identificadas

Nº	NOME CIENTÍFICO	NOME POPULAR	FAMÍLIA	QUANTIDADE
1	<i>Guarea lessoniana</i>	Arco-de-peneira	Meliaceae	1
2	<i>Schinus terebinthifolium</i>	Aroeira vermelha	Anacardiaceae	5
3	<i>Eugenia umbelliflora</i>	Baguaçu	Myrtaceae	2
4	<i>Matayba elaeagnoides</i>	Camboatá branco	Sapindaceae	1
5	<i>Nectandra lanceolata</i>	Canela amarela	Lauraceae	16
6	<i>Ocotea pulchella</i>	Canela pimenta	Lauraceae	1
7	<i>Myrsine sp</i>	Capororoca	Myrsinaceae	3
8	<i>Erythroxylum argentinum</i>	Concom fl. grd.	Erythroxylaceae	6
9	<i>Syagrus romanzoffiana</i>	Coqueiro	Arecaceae	6
10	<i>Cecropia sp</i>	Embauva	Moraceae	1
11	<i>Mimosa bimucronata</i>	Espinheiro	Mimosoideae	40
12	<i>Ficus sp</i>	Figueira	Moraceae	2
13	<i>Psidium guajava</i>	Goiabeira	Myrtaceae	6
14	<i>Myrcia glabra</i>	Guamirim vermelho	Myrtaceae	7
15	<i>Sapium glandulatum</i>	Leiteiro	Euphorbiaceae	2
16	<i>Guapira opposita</i>	Maria mole	Nyctaginaceae	1
17	<i>Euterpe edulis</i>	Palmiteiro	Arecaceae	2
18	<i>Pera glabrata</i>	Seca ligeiro	Euphorbiaceae	1
19	<i>Alchornea glandulosa</i>	Tamanqueira	Euphorbiaceae	27
20	<i>Cytharexylum myrianthum</i>	Tucaneira	Verbenaceae	1

Para a implantação da rede coletora de esgoto doméstico do SES Sul da Ilha não haverá a necessidade de supressão de vegetação, sendo toda a rede do sistema em vias públicas. As estações elevatórias serão implantadas em áreas com fisionomia vegetal identificada como herbácea, constituindo a arborização urbana do município indicando sua composição alterada antropicamente. Já para a ETE parte encontra-se com as fundações já implantadas

em área desmatada, porém, as unidades para o tratamento terciário do efluente necessitarão de supressão de vegetação. Como já citado, para as estruturas previstas na alternativa 2, de lançamento dos efluentes, a avaliação da cobertura vegetal deverá ser realizada.

As técnicas de cobertura convergem para o ponto de que um projeto de restauração bem-sucedido não deve se concentrar no plantio de árvores de grande porte, mas, sim, em facilitar os processos naturais de revegetação (gatilhos ecológicos) e a integração destes com organismos que não sejam vegetais. Estudos recentes indicam que se deve buscar a introdução de espécies nativas que atraem a fauna por meio de serrapilheira retirada de áreas vizinhas que contenham sementes, microrganismos, nutrientes e a diversidade da microfauna.

Dessa forma, para atingir os objetivos da restauração que é o de “promover uma nova dinâmica de sucessão ecológica, onde ocorram níveis intensos de interação entre produtores, consumidores e decompositores, num ciclo contínuo de mortes e nascimentos” (TRÊS, 2006), são recomendadas técnicas de “nucleação”. A nucleação é entendida como a capacidade de uma espécie em melhorar significativamente o ambiente, facilitando a ocupação dessa área por outras espécies (YARRANTON & MORRISON, 1974). Assim, a partir de ilhas de vegetação ou núcleos, a vegetação secundária se expande ao longo do tempo e acelera o processo de seleção natural da área degradada (MARTINS, 2007).

Serão utilizadas as seguintes técnicas de nucleação na área (REIS & TRÊS, 2007), descritas na sequência.

#### b.2.4) Transposição de Solo

Técnica de nucleação que visa a restauração do solo, auxiliando no desenvolvimento da micro, meso e macro fauna/flora que são compostas por sementes, propágulos, microrganismos, fungos, bactérias, minhocas, algas, etc., formando núcleos em áreas degradadas. A colonização do solo pode se instituir através de organismos transpostos e assim, ocorre o fornecimento de alimento aos consumidores. Para transposição de solo neste trabalho, serão retiradas amostras com cerca de 1 m<sup>2</sup> de camada superficial do solo (horizonte orgânico do solo) e serrapilheira, com profundidade de 10 cm. O solo será coletado em porção florestada existente nas proximidades da ETE, ou da camada vegetal armazenada no bota-fora (mulching), conforme descrito anteriormente na recuperação dessas áreas. O material será coletado em sacos plásticos de 10 kg, transportado e depositado nos núcleos que já estarão previamente limpos e preparados com aberturas de 1,0m x 1,0m x 0,10m para recebimento deste material.

#### b.3.1) Transposição de Galharia

Entendem-se como galharia os restos vegetais (galhos, folhas, etc.) da floresta (Figura 8.9). Este material enleirado pode germinar ou rebrotar, fornecer matéria orgânica ao solo e servir de abrigo, gerando microclima adequado a diversos animais. Aderidos a galharia são transportados, também, sementes, raízes, caules com capacidade de rebrote, pequenos roedores, répteis e anfíbios. Os núcleos de galharia terão cerca de 4 m<sup>2</sup> de ocupação e 1 a 2 m de altura. No presente trabalho, as galharias serão formadas a partir do material suprimido (troncos e ramos) relativo às espécies exóticas ou nativas oriundas da supressão autorizada da vegetação.



Figura 8.9: Exemplo de Restos Vegetais Compondo Galharia

### b.3.2) Poleiros Artificiais

Poleiros artificiais: poleiros são recomendados para atrair aves e morcegos, já que proporcionam áreas de pouso para esses animais ao se deslocarem entre fragmentos florestais. Através das fezes e do material regurgitado por esses animais, ocorre a deposição das sementes nas proximidades dos poleiros, formando ilhas de diversidade. Serão confeccionados poleiros de bambu a partir de material obtido no local. Os poleiros terão cerca de 3 a 5 m de altura, ocupando cerca de 6 m<sup>2</sup> (Figura 8.10).



Figura 8.10: Exemplo de Poleiro Artificial de Bambu

### b.3.3) Núcleos de Anderson

Núcleos de Anderson: As mudas serão plantadas formando pequenos núcleos denominados de “núcleos de Anderson”. Os núcleos serão compostos por cinco mudas plantadas em formato de cruz, sob espaçamento 1,0 x 1,0 m, com quatro mudas nas bordas e uma central

(Figura 8.11). Serão utilizadas mudas de dez espécies arbóreas nativas do local que, além de serem “bagueiras”, ou seja, fornecerem alimento para a fauna a partir de seus frutos, apresentarem comportamento de pioneiras ou secundárias iniciais, ou seja, estarem adaptadas a condições de forte incidência luminosa. Precedendo o plantio das mudas, será feita a limpeza do local através de capina. As covas terão 0,30 x 0,30 x 0,30 m e receberão 500 g de adubo orgânico (cama de aviário) misturado ao solo para compor o substrato no qual as mudas serão plantadas. Após o plantio as mudas serão tutoradas com estacas de bambu de 1,5 m, com duas amarrações (com barbante de sisal) em forma de “8” e será feito coroamento ao redor de cada muda e deposição de folhas mortas para retenção de água. Após o plantio e semanalmente nos três primeiros meses, as mudas serão irrigadas e monitoradas quanto à presença de formigas cortadeiras e necessidade de capina. As mudas serão obtidas a partir de viveiros da região. O número de mudas pode ser distribuído uniformemente entre as espécies selecionadas ou de acordo com a disponibilidade nos viveiros da região. Deve-se evitar a repetição da espécie em cada núcleo. A relação das espécies utilizadas para compor os núcleos de Anderson é apresentada no Quadro 8.13.



Figura 8.11: Exemplo De Núcleo De Anderson

Quadro 8.13: Sugestão de Espécies Arbóreas Pioneiras e Secundárias Iniciais Indicadas para Compor os Núcleos de Anderson

FAMÍLIA	NOME CIENTÍFICO	NOME POPULAR
ANACARDIACEAE	<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	Aroeira-vermelha
CALOPHYLLACEAE	<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.	Guanandi
CANNABACEAE	<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	Grandiúva
ERYTHROXYLACEAE	<i>Erythroxylum argentinum</i> O. E. Schulz	Cocão
EUPHORBIACEAE	<i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng.) Müll. Arg.	Tanheiro
FABACEAE	<i>Inga marginata</i> Willd.	Ingá-feijão
MYRTACEAE	<i>Eugenia uniflora</i> L.	Pitangueira
	<i>Psidium cattleianum</i> Sab.	Araçazeiro
PRIMULACEAE	<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R. Br. ex Roem. & Schult.	Capororoca
SAPINDACEAE	<i>Allophylus edulis</i> (St. Hil.) Radlk.	Chal-chal

### b.3) Revegetação em Taludes de Cortes e Aterros

Tendo em vista que os taludes de cortes e aterros normalmente são compostos pelas camadas inferiores dos solos, sempre de baixa fertilidade, devem ser adotadas soluções que, em curto prazo, venham a compor uma cobertura vegetal eficiente e duradoura.

Deve-se priorizar a indicação dos processos de hidrossemeadura e/ou a gramagem em placas, por serem as formas de plantio mais indicadas para proteção destas superfícies. Em taludes com maior potencial para instabilidades deverão ser usadas gramíneas com sistemas radiculares profundos.

#### Notas:

- A hidrossemeadura tem as vantagens da rapidez e da facilidade de execução, notadamente em taludes muito inclinados e/ou altos, permitindo uma composição de espécies diferenciadas de gramíneas e leguminosas;
- O plantio de grama em placas, com fixação por estacas ou por telas (metálicas ou vegetais), propicia imediata proteção superficial do solo, desde que seja superada a descontinuidade física entre o talude e a placa. A grama em placas será obrigatoriamente adquirida em produtores credenciados, evitando a extração e a exploração de jazidas vegetais a esmo, o que proporcionaria a degradação de novas áreas para obtenção de matéria prima; e
- Complementando a cobertura vegetal feita por hidrossemeadura e/ou por gramagem em placas, serão introduzidas mudas de árvores, de arbustos e de trepadeiras alastrantes, resistentes à acidez comum dos solos tropicais, com o objetivo de promover a recolonização.

O plantio terá continuidade pelo terreno natural, inclusive ultrapassando os limites da área degradada, visando a assegurar proteção eficiente nesta interface com a vegetação lindeira. Deverá ser identificada a necessidade de usar dissipadores de energia nos locais de descarga dos dispositivos de drenagem, especialmente nas interfaces entre a drenagem implantada e a drenagem ou terreno natural. Deve ser previsto o melhoramento do solo sempre que forem detectadas deficiências na fertilidade, estabelecendo os critérios para correção da acidez, para a adubação primária, e para o manejo.

É obrigatório o acompanhamento sistemático da evolução da cobertura vegetal desde a implantação até a total consolidação. Mudanças que não se desenvolverem serão substituídas e será feita a complementação de áreas não recobertas pela grama, inclusive com o enriquecimento da adubação, até a obtenção da cobertura da superfície final desejada.

As técnicas a serem utilizadas para o plantio das gramíneas podem ser as seguintes:

- Plantio por leivas: o solo deve ser regularizado e preparado para receber as placas do material. Além disso, nos locais com declividade mais acentuadas as placas devem ser fixadas por pequenas estacas;
- Plantio de mudas: deve ser realizada uma preparação do solo e a abertura de linhas de sulco conforme a curva de nível; e
- Hidrosemeadura: feito por jatos de águas, juntamente com sementes e adubo lançados por compressores no solo anteriormente preparado.

O recobrimento do solo com vegetação herbácea densa proporciona a proteção contra a erosão laminar. A parte aérea da vegetação e seus resíduos em decomposição protegem o solo, tanto dos processos de mobilização quanto de carreamento, pela ação dos agentes erosivos relacionados ao escoamento das águas pluviais.

O tipo de sistema radicular contribui significativamente para a proteção do solo e melhoria da estabilidade de taludes e encostas. Este efeito de proteção é potencializado quando são aplicadas espécies com sistema radicular fasciculado, com raízes finas que proporcionam

maior superfície específica, conferindo maior penetração das raízes e contribuindo para a fixação do solo construído.

Visando este efeito são indicadas três espécies de gramíneas que possuem as características acima citadas: *Brachiaria humidicola*, *Melinis minutifolia* (capim-gordura) e *Vertiveria zizanooides* (vetiver).

Um estudo comprovou que *B. humidicola* aumenta o efeito de agregação e estruturação do solo (COELHO, 2008), contribuindo para maior estabilidade. *B. brizantha*, apresenta sistema radicular profundo e bem desenvolvido, o que as torna esta espécie importante. E

*V. zizanooides* é uma planta destaque para estabilização de taludes e controle de erosão, seu destaque principal, deve-se ao fato de não ser uma planta invasora e de tolerar ambientes pobres, aliado ao fato de possuir raízes penetrantes com até 3 m de profundidade (COUTO et al., 2010).

### c) Monitoramento

As áreas sujeitas à recomposição vegetal devem ser monitoradas durante e após a execução do PRAD, precisando-se executar as diretrizes apresentadas na sequência, com vistas a garantir a conservação dessas:

- Garantir a manutenção de indivíduos de espécies nativas estabelecidas, plantadas no PRAD ou germinadas no local, por meio da execução dos tratamentos culturais, como coroamento, controle de formigas cortadeiras, adubação entre outras iniciativas;
- Controlar a introdução de espécies exóticas invasoras por meio da remoção dos indivíduos adultos e controle das plântulas;
- Evitar o acesso de pessoas alheias ao projeto de recuperação, assim como de animais domésticos;
- Adotar medidas de conservação e atração de animais nativos dispersores de sementes;
- Acompanhar e monitorar a eficiência das atividades de recuperação, por meio de indicadores de desempenho previamente determinados; e
- Possuir equipe de profissionais habilitados para o monitoramento do processo de recuperação dessas áreas.
- Isolamento das Áreas Recuperadas e Implantação de Placas de Sinalização

Deve-se manter o isolamento da área, com cerca de arame farpado para evitar a passagem de pessoas, além de implantar sinalização no local com a instalação de placas indicativas da execução do projeto de recuperação (Figura 8.12).



Figura 8.12: Exemplo De Placa Sinalizadora De Área Em Recuperação

#### 8.4.5.4 Inter-relação com Outros Planos e Programas

Este programa possui estreita relação com o Programa de Comunicação Social, o Programa de Educação Ambiental, o Programa de Supervisão Ambiental, o Programa de Monitoramento de Processos Erosivos e o Programa de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, descritos neste documento.

#### 8.4.5.5 Equipe Técnica

A equipe técnica responsável pela execução do Programa de Recuperação de Áreas Degradadas deverá ser composta por um engenheiro ambiental ou agrônomo, um biólogo e um técnico de meio ambiente.

#### 8.4.5.6 Relatórios para Órgão Ambiental

Os relatórios deverão ser encaminhados trimestralmente para o órgão ambiental, durante todo o período de implementação deste programa.

#### 8.4.6 Programa de Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais

As águas superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio Tavares é um dos principais ambientes envolvidos na atividade da ETE Rio Tavares, mesmo com a mudança do ponto de lançamento do efluente para o Canal de Drenagem PC-10, o que determinou a expansão da área de interesse até este Canal que também deságua na Baía Sul. Segundo a alternativa 2, selecionada no presente estudo, o Rio Tavares será o corpo receptor alternativo dos efluentes, que serão conduzidos por gravidade, em caso de problemas com a Estação Elevatória de Efluentes Tratados e/ou outro componente impeça o funcionamento adequado do sistema. Alterações de qualidade da água podem gerar efeitos negativos sobre a biota de forma geral, tanto no corpo receptor, como no seu estuário. A relevância ambiental e social da ictiofauna local e do berbigão caracterizam a importância do controle dos possíveis impactos deste ambiente. O controle específico da biota complementa o conhecimento acerca dos efeitos destes impactos, bem como seus níveis de abrangência e gravidade.

Os efeitos que o empreendimento pode causar sobre a qualidade das águas superficiais está intimamente ligada com os efeitos sobre a biota, por essa razão o Programa de Monitoramento das Águas Superficiais, o Programa de Monitoramento da Ictiofauna, o Programa de Monitoramento da Biota e dos Sedimentos, o Programa de Monitoramento da

Qualidade do Berbigão e os programas de monitoramento relacionados a atividade extrativista devem ser implantados de forma sinérgica.

O Programa de Monitoramento das Águas Superficiais apresenta a descrição dos procedimentos de controle e vigilância contínua. As informações levantadas caracterizam o ambiente antes da implantação do sistema de esgotamento sanitário e futuramente deverá caracterizá-lo durante a implantação e operação, de acordo com o disposto na legislação. A interpretação sobre a ocorrência de impactos e seus níveis será decorrente dos resultados obtidos nos diferentes momentos do empreendimento, através de uma análise comparativa.

O programa é constituído por monitoramento através de análises de parâmetros de qualidade da água. Os parâmetros analisados são correspondentes àqueles apresentados pela Resolução do CONAMA nº 357/2005 além de serem acrescentados alguns requisitos considerados pertinentes e que complementam as informações necessárias a serem apresentadas por este programa. Neste momento serão apresentadas a metodologia de monitoramento da qualidade da água e a metodologia de interpretação qualitativa dos resultados desse monitoramento.

O enquadramento dos corpos hídricos de Santa Catarina eram anteriormente definidos pela Portaria nº 024/79, porém esta foi revogada pela Resolução nº 01/2008 do Conselho Estadual de Recursos Hídricos de Santa Catarina - CERH, que define em seu Artigo 1º, que se deve adotar a classificação estabelecida pela Resolução nº 357/2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA, enquanto não aprovado o novo enquadramento dos corpos d'água superficiais do estado de Santa Catarina, baseado em estudos técnicos específicos. Desta forma, tanto o rio Tavares como o Canal de Drenagem ficam enquadrados como classe 2, em função dos usos de suas águas, enquanto não forem aprovados os respectivos enquadramentos, segundo Artigo 42 da Resolução do CONAMA nº 357/2005.

#### 8.4.6.1 Objetivos

##### Objetivo Geral

Acompanhar e avaliar a qualidade das águas do rio Tavares e seu tributário, corpo receptor dos efluentes tratados na ETE Rio Tavares, por meio das análises dos parâmetros de qualidade das águas realizadas trimestralmente nas amostras de águas coletadas.

##### Objetivos Específicos

- Coletar trimestralmente amostras de água do Canal de Drenagem PC-10 e do rio Tavares encaminhando para análise laboratorial, sendo que, no período de pré-operação e operação as coletas serão mensais;
- Avaliar os resultados dos parâmetros físico-químicos e biológicos das amostras, quanto ao atendimento à Resolução do CONAMA nº 357/2005, verificando a eficiência do tratamento dos efluentes durante as obras e operação do sistema;
- Formar um banco de dados através do acompanhamento contínuo da qualidade das águas superficiais e realizar reuniões periódicas para discussão dos dados;
- Controlar a qualidade das águas superficiais do Canal de Drenagem PC-10 e do rio Tavares e seu tributário, propondo medidas preventivas e/ou corretivas, quando for o caso;
- Estabelecer e acompanhar a qualidade da água na zona de mistura e a dispersão de plumas do esgoto tratado nas águas da Baía Sul, e
- Aplicar os índices de interpretação qualitativa para a caracterização da situação das águas superficiais; e
- Encaminhar relatórios trimestrais na fase de instalação e semestrais na fase de operação para o órgão ambiental com os resultados do programa de monitoramento.

#### 8.4.6.2 Justificativa

O monitoramento ambiental pressupõe o acompanhamento da evolução de um determinado processo, gerando subsídios para a realização de alterações necessárias a manutenção da qualidade ambiental.

O processo de monitoramento ambiental apresenta como premissa básica a possibilidade de detecção de falhas no sistema de proteção ambiental do empreendimento. Esta detecção permite que sejam adotadas medidas corretivas rapidamente, de maneira que sejam evitados impactos ambientais significativos, ou ainda, que venham a se formar passivos ambientais no entorno do empreendimento, ou na sua região de influência direta.

O controle da qualidade das águas superficiais deve ser realizado considerando o potencial de degradação que o efluente tem sobre o corpo receptor. Segundo o estudo inicial de autodepuração do ponto de lançamento dos efluentes tratados (Canal de Drenagem PC-10), em condições normais de operação da ETE Rio Tavares, é previsto que o efluente não degradará a qualidade do corpo receptor além dos seus limites de enquadramento. O monitoramento coleta as informações necessárias para a verificação prática dessas previsões. O Rio Tavares, como receptor alternativo também não deverá ter sua condição de qualidade alterada. Dessa forma, o controle pode ser a comprovação de que o corpo receptor é capaz de autodepurar o efluente sem desrespeitar o seu enquadramento, ou de que o efluente necessita ser melhorado para que o lançamento seja em acordo com a legislação vigente.

A importância do monitoramento está relacionada também a possibilidade de contaminação das águas superficiais no caso da ETE Rio Tavares não remover adequadamente, em sua operação, os poluentes presentes nos esgotos domésticos, e assim, lançar um efluente com parâmetros acima dos limites permitidos pela legislação. Com uma abordagem diferenciada o Programa de Monitoramento da Eficiência de Tratamento de Esgotos complementa o controle da qualidade das águas superficiais com este enfoque.

Mesmo antes da operação, ainda na etapa de implantação, esse ambiente deve ser monitorado, em função da possibilidade de degradação ambiental específica a essa fase. Os programas ambientais de Monitoramento de Processos Erosivos e de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil estão previstos para minimizar as chances de impactos durante a implantação.

Para que seja possível a avaliação da ocorrência de impactos ambientais e suas intensidades através de análise comparativa, é necessário que as análises sejam iniciadas antes de qualquer alteração do ambiente por parte do empreendimento.

Por fim, é importante destacar que o Programa em questão deverá buscar avaliar a qualidade dos corpos d'água superficiais influenciados pelo SES e acompanhar suas eventuais alterações, podendo servir como instrumento para auxiliar e orientar a gestão dos mesmos. Além disso, pode auxiliar na identificação de possíveis pontos de lançamento de esgotos brutos ao longo da rede coletora, além de fornecer subsídios para outras ações saneadoras. Irá auxiliar na avaliação do desempenho da ETE, acompanhar o monitoramento da balneabilidade realizado pelo IMA e verificar a evolução deste parâmetro ao longo da operação do SES Sul da Ilha - Fase Rio Tavares

#### 8.4.6.3 Metodologia

##### **Metodologia Análises de Qualidade da Água**

A qualidade da água do corpo receptor dos efluentes tratados e do rio Tavares será monitorada para aferir-se o quanto os parâmetros físico-químicos e biológicos poderão ser alterados pela implantação e operação do sistema, e se esses se mantiveram ou não de próximas aos resultados apresentados na campanha realizada no diagnóstico do EAS e no

presente estudo de alternativas, antes do início da obra, e se estão de acordo com a legislação ambiental vigente.

As coletas de água previstas neste programa de monitoramento deverão ser realizadas trimestralmente, tanto na implantação como na operação do sistema, e mensalmente na pré-operação. Seguirão as diretrizes da norma ABNT 9898 (Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores - Procedimento) e o guia nacional de coleta e preservação de amostras da CETESB/2011.

Os resultados analíticos obtidos no monitoramento serão avaliados com base no Artigo 15 da Resolução do CONAMA nº 357/2005, que apresenta as condições e padrões para águas doces e salobras de classe 2.

A seguir, será detalhada a metodologia para o monitoramento da qualidade das águas superficiais no rio Tavares e seu tributário.

### Pontos de Monitoramento

O monitoramento da qualidade das águas superficiais deverá ser realizado no corpo receptor e no corpo receptor alternativo (Rio Tavares), na foz dos mesmos.

A Figura 8.13 apresenta a conformação espacial da malha amostral prevista inicialmente, quando havia a previsão de lançamento no rio Tavares, e o Quadro 8.14 apresenta as coordenadas de cada um desses pontos. O monitoramento destes pontos já vem sendo realizado pela CASAN, por isso a determinação de continuidade destes pontos, bem como a ampliação da malha amostral. O monitoramento permitirá se obter uma série histórica capaz de apresentar as variações da qualidade de água ao longo das fases do empreendimento (pré-implantação, implantação, pré-operação e operação).



Figura 8.13: Malha Amostral - Monitoramento da Qualidade Das Águas Superficiais

Quadro 8.14: Monitoramento Da Qualidade Das Águas Superficiais Pontos De Monitoramento

Seção	COORDENADAS PLANAS UTM (m) <sup>1</sup>	
	E	S
RT 01	744360,87	6938959,77
RT 02	744936,30	6937502,71
RT 03	744653,53	6937077,23
RT 04	746510,57	6938056,09
RT 05	746245,79	6938523,43
RT 06	746100,81	6938811,97
RT 07	743274,95	6943419,26
RT 08	743139,88	6943132,42
RT 09	742979,33	6942851,10

Nota 1: SIRGAS 2000

### Parâmetros de Monitoramento

Para o monitoramento da qualidade das águas superficiais serão analisados os parâmetros apresentados no Quadro 8.15. Os resultados obtidos serão comparados com os valores máximos e mínimos permitidos para as águas doces de classe 2, conforme estabelecido na Resolução do CONAMA nº 357/2005, Artigo 15.

Quadro 8.15: SES Sul da Ilha - Parâmetros Avaliados No Monitoramento Das Águas Superficiais

PARÂMETROS	UNIDADES
DBO <sub>5</sub>	mg/L O <sub>2</sub>
DQO	mg/L
pH	-
Fósforo Total	mg/L
Nitrogênio Amoniacal Total	mg/L N
Nitrato	mg/L N
Oxigênio Dissolvido	mg/L O <sub>2</sub>
Coliformes Termotolerantes	UFC/100 mL
E. Coli	NMP/100 mL
Sólidos Totais	mg/L
Sólidos Dissolvidos totais	mg/L
Temperatura	°C
Turbidez	UNT
Cloreto/salinidade	mg/L Cl

Todas as análises laboratoriais deverão ser submetidas a laboratórios devidamente reconhecidos pelo IMA, conforme Decreto Estadual 3754/2010.

### Metodologia de Coleta

A coleta das amostras é, provavelmente, o passo mais importante para a avaliação da área de estudo; portanto, é essencial que a amostragem seja realizada com precaução e técnica, para evitar todas as fontes possíveis de contaminação e perdas e representar o corpo d'água amostrado (CETESB, 2011).

A metodologia de coleta das águas superficiais será realizada de acordo com o guia de coleta e preservação de amostras de água da CETESB e conforme a ABNT 9898.

O tipo de coleta (manual ou com auxílio de equipamentos), bem como a profundidade em que serão coletadas as amostras (superficial ou em diferentes distâncias abaixo da superfície), será definido pelo coordenador da equipe de coleta juntamente com a equipe do programa de monitoramento das águas superficiais.

### **Materiais Utilizados**

Deverão ser utilizados os seguintes materiais na coleta:

- Frascos resistentes e inertes de acordo com as análises requisitadas;
- Etiquetas resistentes ou canetas com tinta insolúvel em água para identificação dos frascos de coleta;
- Amostradores de profundidade, caso seja necessário;
- Termômetro de imersão parcial ou sensor de temperatura;
- Medidor de pH e Oxigênio Dissolvido - OD;
- Luvas descartáveis;
- Gelo reciclável;
- Recipiente de isopor ou caixas apropriadas para o transporte das amostras;
- Formulário de registro de coleta; e
- Outros materiais e equipamentos de segurança individuais e/ou coletivos que a equipe achar pertinente em função das amostragens requeridas.

### **Técnicas de Amostragem**

No momento da coleta, certificar-se que a parte interna dos frascos, assim como as tampas e batoques, não seja tocada com a mão ou fique exposta ao pó, fumaça e outras impurezas (gasolina, óleo e fumaça de exaustão de veículos podem ser grandes fontes de contaminação de amostras). Acondicionar em caixas térmicas com gelo as amostras que exigem refrigeração para sua preservação.

A coleta de amostras para análise microbiológica deve ser realizada sempre antes da coleta para qualquer outro tipo de análise, a fim de evitar o risco de contaminação do local de amostragem com frascos ou amostradores não estéreis.

Os frascos devem ser preenchidos completamente e tampados imediatamente para reduzir o contato com o ar, e a logística do transporte, bem como o modo de embalar os frascos com amostras, deve ser determinado antes de iniciados os trabalhos de coleta.

Durante a coleta, deverá ser medido o pH e a temperatura de cada amostra e anotado no rótulo do frasco juntamente com a identificação do ponto, data e horário de coleta. As demais informações deverão ser preenchidas no formulário de registro de coleta.

#### Coleta Manual:

Se a equipe definir pela coleta manual, as amostras deverão ser coletadas diretamente nos frascos adequados, com todos os cuidados de assepsia, enxaguando-os anteriormente com água do ponto de coleta. Mergulhar o frasco entre 15 cm e 30 cm abaixo da superfície da água e colocar a boca em sentido contrário a corrente.

Deverá ser medido o pH e a temperatura da amostra no local e anotados os dados no rótulo do frasco, juntamente com a identificação do amostrado.

Logo após a coleta, os frascos deverão ser devidamente acondicionados em caixas ou recipientes térmicos contendo gelo, e em seguida enviados ao laboratório responsável pelas análises.

#### Coleta com Auxílio de Equipamentos:

Nos casos em que a localização do ponto de amostragem impossibilite a coleta diretamente no local (manual), ou se a profundidade for distante da superfície, é necessária a utilização de dispositivos adequados para essa finalidade. Os equipamentos devem conter estrutura metálica ou material inerte e estéril de modo que não contaminem as amostras de água e os frascos de coleta.

Para evitar a contaminação de uma amostra para outra se deve lavar o equipamento com o próprio líquido a ser amostrado.

Para as amostragens em superfície, os equipamentos mais comumente utilizados são o balde de aço inox, confeccionado em aço inox AISI 316L polido (Figura 8.14), e o coletor com braço retrátil (Figura 8.15).



Figura 8.14: Balde de Aço Inox



Figura 8.15: Coletor Com Braço Retrátil: (A) Vista Lateral Do Equipamento Montado; (B) Vista Do Balde E Do Braço Retrátil Desmontado; (C) Vista Superior Do Balde Coletor

Para a coleta em profundidade, o equipamento mais utilizado é a garrafa de “Van Dorn”, que permite a coleta em diferentes distâncias da superfície. A garrafa pode ser confeccionada

com tubo cilíndrico de PVC rígido, acrílico ou de aço inox AISI 316L polido com capacidade variada de 2 litros, 6 litros e 10 litros (Figura 8.16 e Figura 8.17).



Figura 8.16: Garrafa De Van Dorn De Fluxo Vertical: (A) Garrafa Desmontada; (B) Garrafa Montada



Figura 8.17: Garrafa De Van Dorn De Fluxo Horizontal: (A) Garrafa Desmontada; (B) Garrafa Montada

## Registro de Coleta

Durante a coleta, a equipe deve registrar todas as informações de campo, preenchendo uma ficha de coleta por amostra ou conjunto de amostras da mesma característica, contendo os seguintes dados:

- Nome do programa de amostragem e do coordenador, com telefone para contato;
- Nome dos técnicos responsáveis pela coleta;
- Número de identificação da amostra;
- Identificação do ponto de amostragem: código do ponto, endereço, coordenadas geográficas, etc.
- Data e hora da coleta;
- Natureza da amostra (água tratada, nascente, rio, lago, efluente industrial, água salobra, água salina etc.);
- Tipo de amostra (simples, composta ou integrada)
- Medidas de campo (temperatura, pH, oxigênio dissolvido); eventuais observações de campo;
- Condições meteorológicas nas últimas 24 horas que possam interferir com a qualidade da água (chuvas);
- Indicação dos parâmetros a serem analisados nos laboratórios envolvidos;
- Equipamento utilizado com especificação; e
- Outras informações relevantes.

O Quadro 8.16 apresenta um modelo de ficha de coleta contendo as informações citadas acima a ser utilizado para anotações em campo.

Quadro 8.16: Modelo De Ficha De Coleta

<b>FICHA DE COLETA: PROGRAMA DE MONITORAMENTO DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS</b>					
Coordenador:			Contato:		
Data de Coleta:		Hora:	Condição Meteorológica:		
Equipe de coleta:					
Nº do Ponto:		Coordenadas:			
Localização:					
<input type="checkbox"/> água tratada <input type="checkbox"/> nascente <input type="checkbox"/> rio ou lago <input type="checkbox"/> água salobra					
Natureza da amostra: <input type="checkbox"/> água salina <input type="checkbox"/> água doce <input type="checkbox"/> outros					
Nº AMOSTRA	TIPO	TEMP. (°C)	pH	OD	OBSERVAÇÕES
Equipamento de coleta:					
Parâmetros analisados em laboratório:					
Outras informações:					

## Acompanhamento da Balneabilidade

A partir dos resultados do monitoramento da qualidade das águas superficiais do entorno do empreendimento se conseguirá realizar o acompanhamento da qualidade das águas do mar ou balneabilidade. Este acompanhamento é extremamente importante para a população, constatando os efeitos decorrentes da implantação do empreendimento.

O Quadro 8.17 e a Figura 8.18 apresentam a localização dos pontos de monitoramento da balneabilidade realizado pelo IMA, na Baía Sul, mais próximos do ponto de lançamento e da foz do rio Tavares.

Quadro 8.17: Coordenadas Planas Dos Pontos De Monitoramento Da Balneabilidade Baía Sul

PONTO	LOCAL	COORDENADAS PLANAS UTM (m)	
		EIXO X (S)	EIXO Y (E)
48	Praia da Tapera	6934929,04	739770,13
49	Praia da Base Aérea	6936158,31	739896,89
52	Praia do José Mendes	6943272,22	742030,62

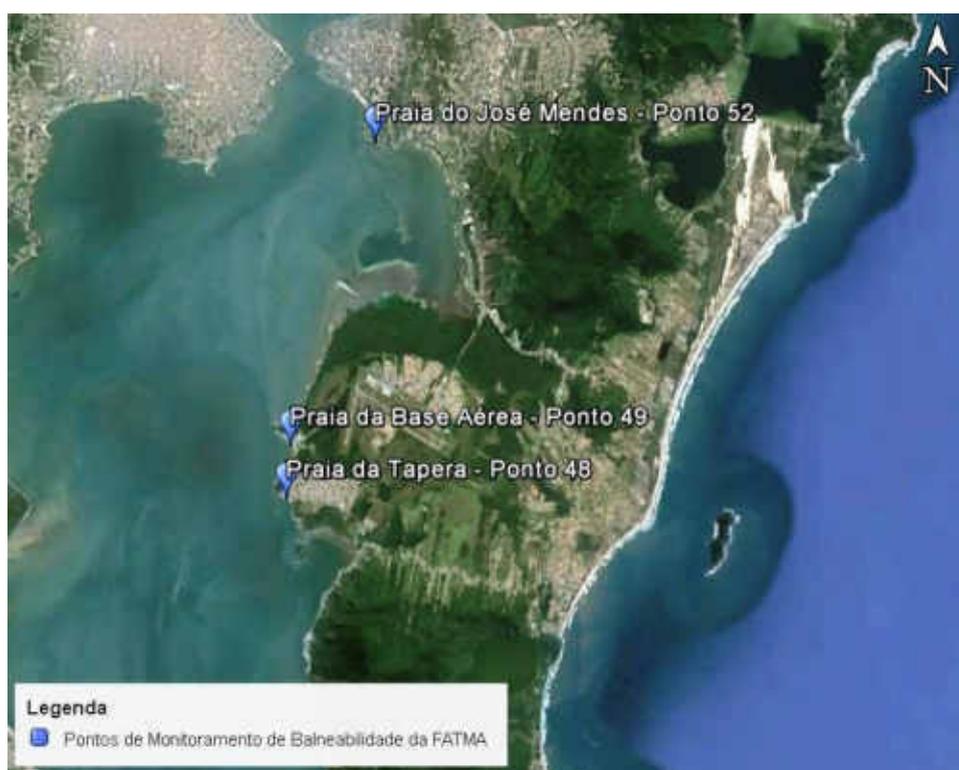


Figura 8.18: Monitoramento Balneabilidade -Localização Dos Pontos De Monitoramento Da Balneabilidade

## Metodologia Índices de Interpretação Qualitativa

A complementação dos resultados obtidos pelas análises de qualidade da água será realizada pela aplicação de índices que interpretam esses resultados de forma qualitativa, a fim de facilitar a compreensão sobre a interação do lançamento do efluente no corpo receptor, da mesma forma que facilita a identificação de possíveis impactos.

A aplicação desses índices não diminui a importância de uma avaliação quantitativa específica para cada um dos parâmetros analisados, uma vez que sua verificação é importante para que sejam certificadas as condições de enquadramento do rio. Caso apenas um dos parâmetros resulte fora dos limites estabelecidos por legislação específica, todo o enquadramento estará comprometido.

Os dois índices mais comuns utilizados para este objetivo são o Índice de Qualidade da Água - IQA e o Índice de Estado Trófico - IET. Ambos utilizam parâmetros específicos de qualidade da água para qualificar a situação do corpo hídrico em questão.

#### *Índice de Qualidade da Água - IQA*

Este índice é caracterizado por parâmetros que estão relacionados com a presença de esgotos domésticos no corpo hídrico, ou seja, parâmetros que são sensíveis a presença de contaminação biológica e de nutrientes.

O IQA é constituído por nove parâmetros de qualidade da água, que se relacionam entre si como um produtório ponderado, conforme a Equação 1 descrita abaixo.

Equação 1: Cálculo do Índice de Qualidade da Água (IQA)

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

Onde:

IQA = Índice de Qualidade das Águas. Um número entre 0 e 100;

$q_i$  = índice de qualidade do  $i$ -ésimo parâmetro. Um número entre 0 e 100, obtido do respectivo gráfico de qualidade, em função de sua concentração ou medida (resultado da análise);

$w_i$  = peso correspondente ao  $i$ -ésimo parâmetro fixado em função da sua importância para a conformação global da qualidade, isto é, um número entre 0 e 1, de forma que seu somatório, para todos os parâmetros, deve ser igual a 1; e

$n$  = número de parâmetros que constituem o cálculo do IQA.

O Quadro 8.18 apresenta os nove parâmetros que compõe o IQA, com seus respectivos pesos ( $w$ ). Além de seu peso ( $w$ ), cada parâmetro possui um valor de qualidade ( $q$ ), obtido a partir de funções específicas que relacionam os parâmetros medidos com os respectivos índices de qualidade.

Quadro 8.18: Fórmulas Para o Índice De Qualidade Da Água Para Cada Um Dos Parâmetros Que Constituem o IQA

PARÂMETRO	UNIDADE	INTERVALO	FÓRMULA
<b>Coliformes termotolerantes</b> <b>W<sub>1</sub>=0,15</b>	(C1) NMP/100mL	$0 < \text{Log} C_1 \leq 1$	$q_1 = 100 - 33 \times \log C_1$
		$1 < \text{Log} C_1 \leq 5$	$q_1 = 100 - 37,2 \times \log C_1 + 3,60743 \times \log C_1^2$
		$5 < \text{Log} C_1$	$q_1 = 3$
<b>pH</b> W <sub>2</sub> =0,12	-	$0 < \text{pH} \leq 2$	$q_2 = 2$
		$2 < \text{pH} \leq 4$	$q_2 = 13,6 - 10,6 \times \text{pH} + 2,4364 \times \text{pH}^2$
		$4 < \text{pH} \leq 6,2$	$q_2 = 155,5 - 77,36 \times \text{pH} + 10,2481 \times \text{pH}^2$
		$6,2 < \text{pH} \leq 7$	$q_2 = -657,2 + 197,38 \times \text{pH} - 12,9167 \times \text{pH}^2$
		$7 < \text{pH} \leq 8$	$q_2 = -427,8 + 142,05 \times \text{pH} - 9,695 \times \text{pH}^2$
		$8 < \text{pH} \leq 8,5$	$q_2 = 216 - 16 \times \text{pH} - 9,695 \times \text{pH}^2$
		$8,5 < \text{pH} \leq 9$	$q_2 = 1415823 \times e^{(-1,1507 \times \text{pH})}$
		$9 < \text{pH} \leq 10$	$q_2 = 228 - 27 \times \text{pH}$
		$10 < \text{pH} \leq 12$	$q_2 = 633 - 106,5 \times \text{pH} + 4,5 \times \text{pH}^2$
$12 < \text{pH} \leq 14$	$q_2 = 3$		
<b>DBO (C3) W<sub>3</sub>=0,10</b>	mg/L	$0 < C_3 \leq 5$	$q_3 = 99,96 \times e^{(-0,1232728 \times C_3)}$
		$5 < C_3 \leq 15$	$q_3 = 104,67 - 31,5463 \times \log C_3$
		$15 < C_3 \leq 30$	$q_3 = 4394,91 \times C_3^{-1,99809}$
		$30 < C_3$	$q_3 = 2$
<b>Nitrogênio Total</b> <b>W<sub>4</sub>=0,10</b>	(C4) mgN/L	$0 < C_4 \leq 10$	$q_4 = 100 - 8,169 \times C_4 + 0,3059 \times C_4^2$
		$10 < C_4 \leq 60$	$q_4 = 101,9 - 23,1023 \times \log C_4$
		$60 < C_4 \leq 100$	$q_4 = 159,3148 \times e^{(-0,0512842 \times C_4)}$
		$100 < C_4$	$q_4 = 1$

PARÂMETRO	UNIDADE	INTERVALO	FÓRMULA
<b>Fósforo Total (C5)</b> <b>W<sub>5</sub>=0,10</b>	mgPO <sub>4</sub> /L	$0 < C_5 \leq 1$	$q_5 = 99 \times e^{(-0,91629 \times C_5)}$
		$1 < C_5 \leq 5$	$q_5 = 57,6 - 20,178 \times C_5 + 2,1326 \times C_5^2$
		$5 < C_5 \leq 10$	$q_5 = 19,8 \times e^{(-0,13544 \times C_5)}$
		$10 < C_5$	$q_5 = 5$
<b>Diferença de Temperatura</b> <b>W<sub>6</sub>=0,10</b>	-	-	$q_6 = 94$
<b>Turbidez (Turb) W<sub>7</sub>=0,08</b>	UNT	$0 < Turb \leq 25$	$q_7 = 100,17 - 2,67 \times Turb + 0,03775 \times Turb^2$
		$25 < Turb \leq 100$	$q_7 = 84,76 \times e^{(-0,016206 \times Turb)}$
		$100 < Turb$	$q_7 = 5$
<b>Resíduos Totais (C8)</b> <b>W<sub>8</sub>=0,08</b>	mg/L	$0 < C_8 \leq 150$	$q_8 = 79,75 + 0,166 \times C_8 - 0,001088 \times C_8^2$
		$150 < C_8 \leq 500$	$q_8 = 101,67 - 0,13917 \times C_8$
		$500 < C_8$	$q_8 = 32$
<b>Oxigênio Dissolvido (C9)</b> <b>W<sub>9</sub>=0,17</b>	%	$0 < C_9 \leq 50$	$q_9 = 3 + 2,9 \times (\%OD_{SAT}) - 0,02496 \times (\%OD_{SAT})^2 + 5,60919 \times 0,00001 \times (\%OD_{SAT})^3$
		$50 < C_9 \leq 85$	$q_9 = 3 - 1,166 \times (\%OD_{SAT}) + 0,058 \times (\%OD_{SAT})^2 - 3,803435 \times 0,0001 \times (\%OD_{SAT})^3$
		$85 < C_9 \leq 100$	$q_9 = 3 + 3,7745 \times (\%OD_{SAT})^{0,704889}$
		$100 < C_9 \leq 140$	$q_9 = 3 + 0,34 \times (\%OD_{SAT}) + 0,008095 \times (\%OD_{SAT})^2 + 1,35252 \times 0,00001 \times (\%OD_{SAT})^3$
		$140 < C_9$	$q_9 = 50$

O comportamento de cada índice em função do seu respectivo parâmetro é apresentado na Figura 8.19.

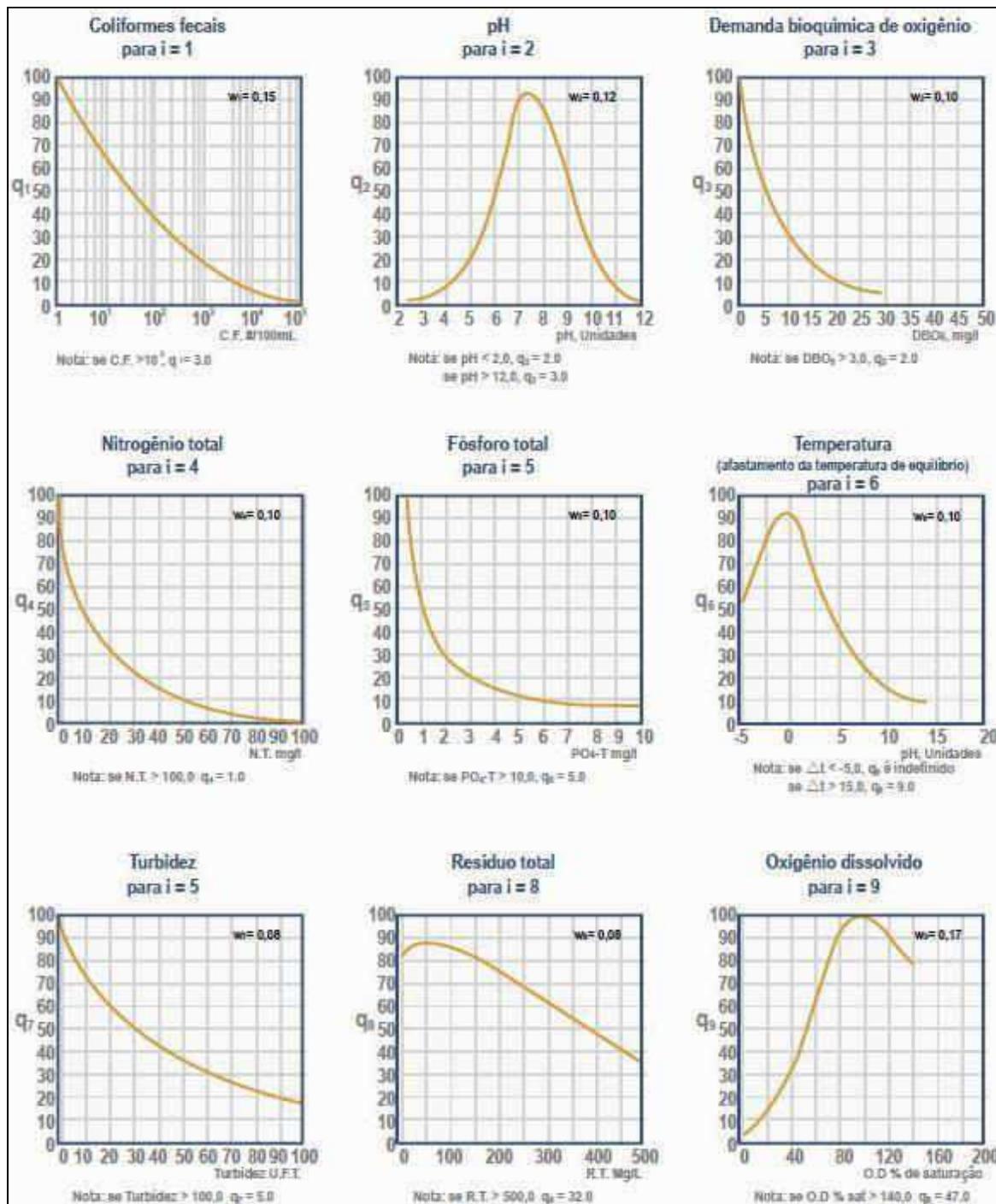


Figura 8.19: Curvas De Variação Dos Índices De Qualidade Da Água Em Função De Cada Parâmetro Do IQA

A atribuição qualitativa a característica das águas superficiais é determinada pelo valor final do IQA, após a aplicação da Equação 1 apresentada anteriormente. O Quadro 8.19 apresenta a relação entre o IQA e as categorias qualitativas.

Quadro 8.19: Relação Entre o IQA e a Característica Qualitativa da Água

<b>Categoria</b>	<b>Ponderação</b>
<b>ÓTIMA</b>	79 < IQA ≤ 100
<b>BOA</b>	51 < IQA ≤ 79
<b>REGULAR</b>	36 < IQA ≤ 51
<b>RUIM</b>	19 < IQA ≤ 36
<b>PÉSSIMA</b>	IQA ≤ 19

### Índice de Estado Trófico - IET

No caso do IET, sua abordagem diferencia-se daquela utilizada no IQA. Esse índice relaciona a presença de nutrientes com a reação do corpo hídrico a estes nutrientes. Os principais parâmetros que indicam seu nível de trofia são o fósforo e o nitrogênio. Para a reação do corpo receptor são utilizados indicadores de formação de algas ou macrófitas, as quais necessitam desses nutrientes para suas reações metabólicas. A CETESB indica a utilização do parâmetro de fósforo correlacionado com a formação de algas, representado pela clorofila a. Nesse sentido o índice é composto por esses dois parâmetros, fósforo e clorofila a.

O índice é constituído por fórmulas específicas, onde, a partir dos parâmetros analisados, são obtidos índices específicos para cada um deles. Seguindo a metodologia indicada pela CETESB, os índices para os parâmetros de fósforo e clorofila a são obtidos a partir das fórmulas apresentadas a seguir, para ambientes de rios.

Equação 2: Cálculo do Índice de Estado Trófico para a clorofila a (CL)

$$IET (CL) = 10x \left[ 6 - \left( \frac{-0,7 - 0,6x(\ln CL)}{\ln 2} \right) \right] - 20$$

Onde:

IET (CL) = índice específico para a clorofila a; e CL = concentração de clorofila a em µg/L

Equação 3: Cálculo do Índice de Estado Trófico para a fósforo total (PT)

$$IET (PT) = 10x \left[ 6 - \left( \frac{-0,42 - 0,36x(\ln PT)}{\ln 2} \right) \right] - 20$$

Onde:

IET (PT) = índice específico para o fósforo total; e PT = concentração de fósforo total em µg/L.

Após a aplicação dessas fórmulas, para a determinação do índice global (IET), aplica-se média aritmética do índice IET (CL) e IET (PT) como apresentado a seguir.

Equação 4: Média Aritmética dos índices parciais para a determinação do IET

$$IET = \frac{IET (CL) + IET (PT)}{2}$$

O processo de caracterização do corpo receptor através do IET é finalizado com sua correlação em uma escala de trofia, sendo que um ambiente ultraoligotrófico indica condições de poucos nutrientes presentes na água, ou seja, uma boa qualidade; e que um ambiente hipereutrófico possui muitos nutrientes na água, indicando uma qualidade inferior.

O Quadro 8.20 apresenta a ponderação do IET relacionada com cada um dos níveis tróficos do ambiente a ser caracterizado.

Quadro 8.20: Relação Entre os Níveis Tróficos e o IET

<b>Categoria (Estado Trófico)</b>	<b>Ponderação</b>
Ultraoligotrófico	$IET \leq 47$
Oligotrófico	$47 < IET \leq 52$
Mesotrófico	$52 < IET \leq 59$
Eutrófico	$59 < IET \leq 63$
Supereutrófico	$63 < IET \leq 67$
Hipereutrófico	$IET > 67$

#### 8.4.6.4 Equipe Técnica

A equipe técnica responsável pela execução do Programa de Monitoramento das Águas Superficiais deverá ser composta por um engenheiro químico (químico ou bioquímico) e um técnico de laboratório, além da equipe de coleta das amostras.

#### 8.4.6.5 Relatórios para Órgão Ambiental

O relatório de monitoramento encaminhado para o órgão ambiental terá periodicidade trimestral na instalação e pré-operação e semestral na operação do SES, contendo no mínimo os seguintes dados:

- Tabelas e gráficos apresentando os resultados das análises trimestrais, comparando-os com os resultados anteriores e com a análise prévia dos EAS, se necessário;
- Os resultados obtidos deverão ser comparados com os valores máximos (VMP) ou mínimos (VmP) permitidos pela Resolução do CONAMA nº 357/2005, para águas doces de classe 2 e da classe da Baía Sul;
- Metodologia aplicada durante as coletas das amostras;
- Memória fotográfica da coleta;
- Cópia dos registros de coleta;
- Cópia dos laudos laboratoriais emitidos pelo laboratório que realizou as análises, devidamente assinados pelo responsável técnico; e
- ART do técnico responsável pelas análises laboratoriais.

## 8.4.7 Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas

Este programa tem o intuito de investigar possíveis contaminações das águas subterrâneas na área da ETE Rio Tavares, a qual terá funcionalidade para o efluente gerado pelo SES Sul da Ilha de Santa Catarina, devido sua instalação de redes coletoras e estações elevatórias.

Durante a implantação do SES Sul da Ilha de Santa Catarina a contaminação que pode ocorrer devido a alguma falha de qualquer parte do sistema, alterando a qualidade das águas subterrâneas e do solo da região, precisa ter este monitoramento para que ações sejam tomadas em caráter de urgência.

O monitoramento ambiental pressupõe o acompanhamento da evolução de um determinado processo, gerando subsídios para a realização de alterações necessárias para a manutenção da qualidade ambiental. O processo de monitoramento ambiental apresenta como premissa básica a possibilidade da detecção de falhas na operação do sistema de esgotamento sanitário. Esta detecção permite que sejam adotadas medidas corretivas rapidamente, de maneira que sejam evitados impactos ambientais significativos.

As águas subterrâneas podem enfrentar problemas de contaminação do solo por produtos químicos de origem agrícola (pesticidas), industrial (chumbo e outros metais pesados) e residencial (esgoto doméstico). Os poluentes podem penetrar na terra e contaminar as águas subterrâneas, deixando-as impróprias para o consumo. Uma vez poluídas, estas águas subterrâneas podem conduzir estes poluentes para os rios e lagos com os quais possuem contato.

Por isso, este programa de caráter preventivo, permite diagnosticar problemas decorrentes das atividades da operação da ETE Rio Tavares, monitorando as possíveis alterações da qualidade das águas subterrâneas. Embora este programa tenha relação íreta com a ETE, sua execução é importante para subsidiar tomada de decisão na operação do restante do Sistema, por isso mantido dentre os programas propostos nesta etapa.

### 8.4.7.1 Objetivos

#### Objetivo Geral

O objetivo deste programa é de monitorar a qualidade das águas subterrâneas, prevenindo uma contaminação ambiental decorrente de falhas no sistema da ETE Rio Tavares relacionado ao SES Sul da Ilha, podendo ainda, adotar medidas de controle ambiental e mitigação dos impactos ambientais.

#### Objetivos Específicos

- Estabelecer períodos de manutenção preventiva nas unidades do sistema de esgoto sanitário;
- Sinalizar a rede de coleta de esgotos para evitar que escavações rompam a rede;
- Efetuar coleta trimestral de amostras de águas subterrâneas e encaminhar para análise em laboratório;
- Avaliar os resultados dos parâmetros físico-químicos e biológicos das amostras, quanto ao atendimento à Resolução do CONAMA nº 396/2008, formando um banco de dados;
- Propor medidas mitigadoras ou corretivas, quando for o caso; e
- Encaminhar relatórios semestrais para o órgão ambiental com os resultados do programa de monitoramento.

### 8.4.7.2 Justificativa

Na área da ETE Rio Tavares, a qual receberá também a estação elevatória de esgotos tratado, a contaminação das águas subterrâneas pode ocorrer em função de eventuais falhas no sistema de tratamento. Neste caso, o vazamento do efluente pode contaminar o lençol freático e o solo na área onde ocorreu o devido problema.

Justifica-se o monitoramento da qualidade da água subterrânea em função dos possíveis vazamentos, falhas nos equipamentos e unidades, ou acidentes envolvendo o sistema de esgoto, que afetam diretamente o solo e o lençol freático, para prevenção ou providências dependendo da situação.

### 8.4.7.3 Metodologia

As coletas de águas subterrâneas previstas neste programa de monitoramento deverão ser realizadas trimestralmente, e seguirão as diretrizes de coleta e análise das amostras laboratoriais conforme a norma ABNT NBR 9898 (Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores - Procedimento), NBR 15847 (Amostragem de água subterrânea em poços de monitoramento — Métodos de purga) e o guia nacional de amostragem e monitoramento das águas subterrâneas da CETESB de 1988.

Os parâmetros físico-químicos e biológicos das amostras deverão atender a Resolução do CONAMA nº 396/2008. A seguir serão apresentados os detalhes da metodologia a ser aplicada para a implementação do Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas.

#### Ponto de Monitoramento

Para o monitoramento da qualidade das águas subterrâneas será realizada a coleta em três pontos de monitoramento localizados na área onde será implantada a ETE Rio Tavares, sendo estes pontos apresentados na Figura 8.20 e no Quadro 8.21. Informa-se que este o ponto P01 é o mesmo da amostra coletada e apresentada (laudo laboratorial) no EAS.

Quadro 8.21: Coordenadas Do Ponto De Monitoramento

PONTO	COORDENADAS PLANAS UTM (m) <sup>1</sup>	
	E	S
P01	746240,94	6938668,20
P02	746203,47	6938762,67
P03	746166,91	6938861,33

Nota 1: SIRGAS 2000

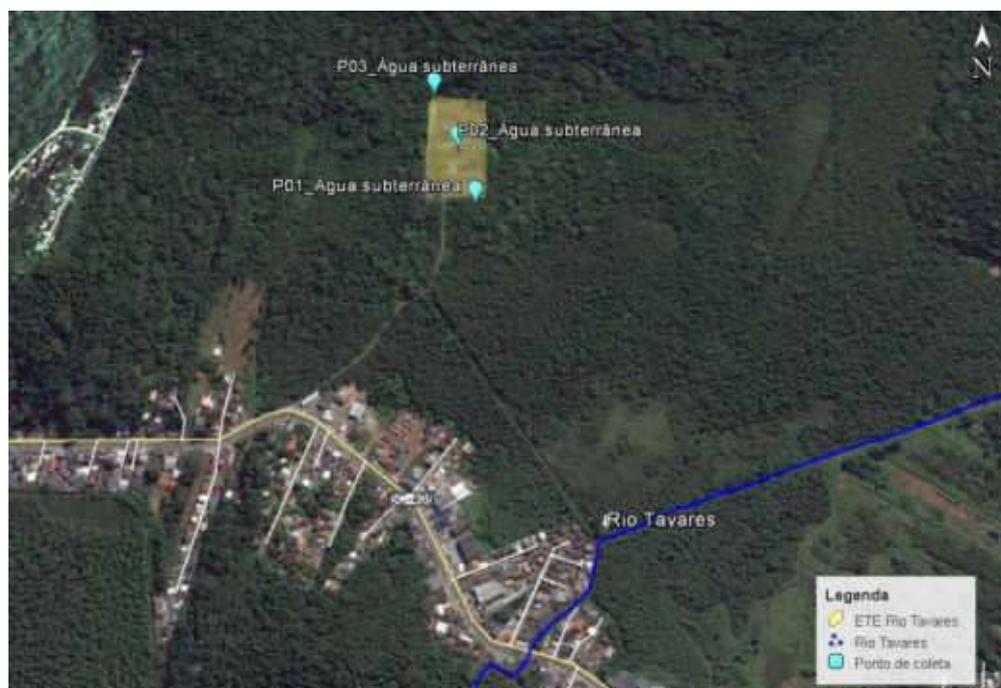


Figura 8.20: ETE Rio Tavares Localização do Ponto de Monitoramento das Águas Subterrâneas

### a) Parâmetros de Monitoramento

Os parâmetros avaliados para o monitoramento da qualidade das águas subterrâneas são os apresentados no Quadro 8.22.

Quadro 8.22: Parâmetros Para Análise das Águas Subterrâneas

PARÂMETRO	UNIDADE
Cloreto	mg/L
Coliformes termotolerantes	UFC/100 ml
DBO <sub>5</sub>	mg/L
DQO	mg/L
Escherichia coli	UFC/100 ml
E. Coli	ml
Fósforo total	mg/L
Nitrato (expresso em N)	µg/L
Nitrito (expresso em N)	µg/L
Nitrogênio total	mg/L
pH	-
Salinidade	%
Sólidos dissolvidos totais	µg/L
Sólidos sedimentáveis	ml/L.h
Surfactantes	mg/L
Temperatura da amostra	°C
Óleos e graxas visual	-
Substâncias que comuniquem gosto e odor	-
Corantes provenientes de fontes antrópicas	-
Resíduos sólidos objetáveis	-
Materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais	-

### b) Materiais Utilizados

Deverão ser utilizados os seguintes materiais na coleta:

- Frascos resistentes e inertes de acordo com as análises requisitadas;
- Etiquetas resistentes ou canetas com tinta insolúvel em água para identificação dos frascos de coleta;
- Termômetro com escala de mercúrio;
- Medidor de pH;
- Luvas descartáveis;
- Gelo reciclável;
- Recipiente de isopor ou caixas apropriadas para o transporte das amostras;
- Formulário de registro de coleta; e
- Outros materiais e equipamentos de segurança que a equipe achar pertinente em função das amostragens requeridas.

### c) Técnicas de Amostragem

Primeiramente, o técnico de campo deve medir a profundidade da água no poço para calcular o volume de água estagnada e verificar as condições do filtro do poço. O equipamento utilizado para medição de nível deverá ser suficientemente sensível, podendo ser uma trena de aço. Contudo, recomenda-se um equipamento eletrônico.

A água parada no poço pode não ser representativa da qualidade da água do local. Portanto, o técnico deve remover a água estagnada no poço e no pré-filtro, de tal forma que a água da formação substitua a água estagnada, executando assim o esgotamento do poço.

Para a coleta do material, o técnico deverá utilizar luvas para procedimento e fazer assepsia das mãos com álcool 70 %. Em seguida, com o algodão embebido em álcool 70 % ou água sanitária, limpar a boca do poço, inclusive a parte interna.

Para garantia de que a amostra de água seja representativa da formação, devem-se reduzir ao mínimo as alterações químicas e físicas durante o processo de retirada de amostras. Não deve existir espaço vazio no frasco da amostra para reduzir ao mínimo a possibilidade de volatilização dos orgânicos.

A fim de reduzir as possibilidades de contaminação da amostra, o operador deve utilizar equipamentos de Teflon ou de aço inoxidável.

Os equipamentos de amostragem devem ser feitos de material inerte. Os equipamentos revestidos com neoprene, coletores de PVC, tubo de "tygon", bexiga de borracha de silicone, êmbolos de neoprene, polietileno e "viton" não são aceitáveis por interferirem nos parâmetros a ser analisados.

#### d) Resultados

Os resultados serão comparados com os Valores Máximos Permitidos - VMP de acordo com o determinado na Resolução do CONAMA nº 396/2008, uso preponderante para consumo humano. Entretanto, havendo necessidade, os resultados podem ser comparados com a caracterização das águas subterrâneas realizada durante o diagnóstico ambiental apresentado no estudo ambiental do SES Sul da Ilha, que também serve como parâmetro de comparação, pois, as amostras foram coletadas antes da instalação do empreendimento.

#### e) Registro de Coleta

Durante a coleta, a equipe deve registrar todas as informações de campo, preenchendo uma ficha de coleta por amostra ou conjunto de amostras da mesma característica, contendo os seguintes dados:

- Nome do programa de amostragem e do coordenador, com telefone para contato;
- Nome dos técnicos responsáveis pela coleta;
- Número de identificação da amostra;
- Identificação do ponto de amostragem: código do ponto, endereço, coordenadas geográficas, etc.
- Data e hora da coleta;
- Natureza da amostra (água tratada, nascente, rio, lago, efluente industrial, água salobra, água salina etc.);
- Tipo de amostra (simples, composta ou integrada)
- Medidas de campo (temperatura, pH); eventuais observações de campo;
- Condições meteorológicas nas últimas 24 horas que possam interferir com a qualidade da água (chuvas);
- Indicação dos parâmetros a serem analisados nos laboratórios envolvidos;
- Equipamento utilizado com especificação;
- Outras informações relevantes.

O Quadro 8.23 apresenta um modelo de ficha de coleta contendo as informações citadas acima e que pode ser utilizado para anotações em campo.

Quadro 8.23: Modelo de Ficha de Coleta

FICHA DE COLETA: PROGRAMA DE MONITORAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS					
Coordenador:			Contato:		
Data de Coleta:		Hora:	Condição Meteorológica:		
Equipe de coleta:					
Nº do Ponto:		Coordenadas:			
Localização:					
Natureza da amostra: <input type="checkbox"/> água tratada <input type="checkbox"/> nascente <input type="checkbox"/> rio ou lago <input type="checkbox"/> água salobra <input type="checkbox"/> água salina <input type="checkbox"/> água doce <input type="checkbox"/> outros					
Nº AMOSTRA	TIPO	TEMP. (°C)	pH	OD	OBSERVAÇÕES
Equipamento de coleta:					
Parâmetros analisados em laboratório:					
Outras informações:					

#### 8.4.7.4 Equipe Técnica

A equipe técnica responsável pela execução do Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas deverá ser composta por um engenheiro químico (químico ou bioquímico), um técnico e um técnico de laboratório, além da equipe de coleta das amostras.

#### 8.4.7.5 Relatórios para Órgão Ambiental

O relatório de monitoramento encaminhado para o órgão ambiental deverá ter periodicidade semestral e conter no mínimo os seguintes dados:

- Tabelas e gráficos apresentando os resultados das análises trimestrais, comparando-os com os resultados anteriores e com a análise prévia do EAS, se necessário;
- Os resultados obtidos deverão ser comparados com os valores máximos (VMP) ou mínimos (VmP) permitidos pela Resolução do CONAMA Nº 396/2008;
- Metodologia aplicada durante as coletas das amostras;
- Memória fotográfica das coletas;
- Cópia dos registros de coleta; e
- Cópia dos relatórios de análises emitidos pelo laboratório que realizou as análises, devidamente assinados pelo responsável técnico.

#### 8.4.8 Programa de Monitoramento da Eficiência do Sistema de Tratamento de Esgoto

A implantação de uma Estação de Tratamento de Esgoto visa à melhoria da qualidade de vida da população e do meio ambiente, com a destinação adequadamente dos efluentes

sanitários gerados. Os benefícios de qualquer sistema de tratamento de esgotos somente são alcançados de forma otimizada, se uma sequência lógica de ações for monitorada. Os principais benefícios alcançados com o tratamento de esgoto sanitário se constituem na proteção à saúde da população e a preservação ao meio ambiente, sendo esses, somente atingidos se o projeto do sistema for corretamente concebido, implantado, operado e monitorado.

Este programa visa garantir que o efluente final tratado pelo SES Sul da Ilha esteja dentro dos padrões permitidos pela Resolução do CONAMA nº 430/2011, que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução do CONAMA nº 357/2005, e pela Lei Estadual nº. 14.675/2009 que institui o Código Estadual do Meio Ambiente do Estado de Santa Catarina.

A partir da operação do sistema de esgotamento sanitário, rede coletora, estações elevatórias de esgotos, interceptores, emissários e Estação de Tratamento de Esgotos - ETE, iniciada a ocupação do empreendimento, deverão ser implementados os procedimentos de monitoramento de todo o sistema, principalmente da ETE Rio Tavares.

O impacto do lançamento de efluentes de estações de tratamento de esgotos em corpos d'água sempre foi um motivo de grande preocupação. Com o presente programa será possível monitorar e avaliar a eficiência do tratamento de esgoto implementado no sistema e na sua operacionalização.

A seguir, serão apresentados os detalhes do Programa de Monitoramento da Eficiência do Sistema de Tratamento de Esgoto relacionado à qualidade dos efluentes do SES Sul da Ilha, que serão lançados no corpo receptor.

#### **8.4.8.1 Objetivos**

##### **Objetivo Geral**

Monitorar a qualidade dos efluentes tratados, garantindo a qualidade das águas do corpo receptor (afluente do rio Tavares), avaliando sempre o nível de tratamento exigido pelas legislações ambientais, para minimizar os impactos ambientais negativos provocados pelo despejo.

##### **Objetivos Específicos**

- Estabelecer a metodologia de monitoramento do sistema de tratamento de esgoto;
- Efetuar coletas mensais do efluente e encaminhar para análise em laboratório;
- Avaliar os resultados obtidos a partir de laudos de análises laboratoriais das amostras de efluentes referentes aos parâmetros pré-determinados pela legislação ou exigidos pelo órgão ambiental;
- Realizar reuniões de controle da eficiência de todo sistema de tratamento de esgotos em sua fase de operação;
- Obter um banco de dados, podendo propor ações corretivas em caso de não conformidades ambientais; e
- Elaborar relatórios semestrais com os dados obtidos e encaminhá-los ao órgão ambiental.

#### **8.4.8.2 Justificativa**

A possibilidade de contaminação das águas superficiais se dá no caso da estação de tratamento de esgotos, em função da operacionalização e manutenção não remover adequadamente os poluentes presentes nos esgotos domésticos, lançando os efluentes no corpo receptor com parâmetros acima dos limites permitidos pela legislação.

Além disso, com o programa de monitoramento dos efluentes é possível manter os registros e controle de todas as atividades realizadas. Assim, caso seja necessário, podem ser implantadas ações preventivas e/ou corretivas para o controle da qualidade ambiental.

Desta forma, justifica-se a implementação do programa, pois, o controle da eficiência da estação de tratamento dará subsídios para a operação dos sistemas de emergência e demais medidas de controle para se evitar prejuízos para a qualidade das águas do corpo receptor dos efluentes da ETE Rio Tavares.

### 8.4.8.3 Metodologia

As coletas dos efluentes previstas neste programa de monitoramento deverão ser realizadas mensalmente durante a operação do empreendimento, seguindo as diretrizes da norma ABNT 9898 (Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores - Procedimento) e o guia nacional de coleta e preservação de amostras da CETESB/2011.

Os resultados obtidos no monitoramento serão avaliados com base na Resolução do CONAMA nº 430/2011, que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes e conforme a Lei Estadual nº 14.675/2009 (Código Estadual do Meio Ambiente de Santa Catarina).

Para o monitoramento da qualidade do efluente tratado na ETE Rio Tavares deverá ser seguida a metodologia descrita abaixo.

#### Pontos de Monitoramento

Com o objetivo de avaliar a eficiência do tratamento de esgotos, o monitoramento será realizado em dois pontos da ETE Rio Tavares. O primeiro ponto localiza-se na entrada da estação, na Calha Parschall, que é a coleta do efluente bruto, antes do gradeamento. O segundo ponto se localizará ao final do tratamento, no Coletor de saída de efluente tratado, antes do lançamento no corpo receptor. Assim, poderá ser monitorada a eficiência da estação de tratamento frente a remoção dos poluentes (parâmetros avaliados), bem como a operação.

A Figura 8.21 apresenta a localização dos pontos de monitoramento dos efluentes brutos e tratados da ETE Rio Tavares.



Figura 8.21: ETE Rio Tavares- Localização dos Pontos De Monitoramento da Eficiência do Sistema de Tratamento

– Parâmetros de Monitoramento

Para o monitoramento dos efluentes (bruto e tratado) serão analisados os parâmetros apresentados no Quadro 8.24.

Quadro 8.24: SES Sul da Ilha - Parâmetros de Monitoramento

PARÂMETRO	UNIDADE
Coliformes Termotolerantes	UFC/100 mL
DBO <sub>5</sub>	mg DBO <sub>5</sub> /L
DQO	mg/L
Fósforo Total	mg P/L
Nitrato	mg N-NO <sub>3</sub>
Nitrito	mg N-NO <sub>2</sub>
Nitrogênio Amoniacal Total	mg NH <sub>3</sub> -N/L
Nitrogênio Total	mg N/L
pH	-
Óleos e Graxas	mg/L
Detergentes	mg/L
Sólidos Dissolvidos Totais	mg Sól. Diss Totais/L
Temperatura	°C
E. coli	NMP/100mL
Sólidos Sedimentáveis	mg/L
Turbidez	UT
Sólidos Totais	mg/L
Sólidos Suspensos Totais	mg/L
Cloretos/salinidade	mg/L

Os resultados obtidos deverão ser comparados com os Valores Máximos Permitidos - VMP na Lei Estadual nº 14675/2009, que instituiu o Código Estadual de Meio Ambiente de Santa Catarina, ou com a Resolução do CONAMA nº 430/2011, devendo ser adotado o limite mais restritivo para cada parâmetro.

– Metodologia de Coleta

As coletas para o monitoramento dos efluentes provenientes da ETE deverão seguir as diretrizes da ABNT 9898 (Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores - Procedimento) e o guia nacional de coleta e preservação de amostras da CETESB/2011. Logo, os procedimentos de coleta são os mesmos estabelecidos para a amostragem de água superficial, conforme apresentado no Item - c, do presente relatório.

**Materiais Utilizados**

Deverão ser utilizados os seguintes materiais para a coleta:

- Frascos resistentes e inertes de acordo com as análises requisitadas;
- Etiquetas resistentes ou canetas com tinta insolúvel em água para identificação dos frascos de coleta;
- Amostradores de profundidade, caso seja necessário;
- Termômetro de imersão parcial ou sensor de temperatura;
- Luvas descartáveis;

- Gelo reciclável;
- Recipiente de isopor ou caixas apropriadas para o transporte das amostras;
- Formulário de registro de coleta; e
- Outros materiais e equipamentos de segurança que a equipe achar pertinente em função das amostragens requeridas.

### Técnicas de Amostragem

No momento da coleta, certificar-se que a parte interna dos frascos, assim como as tampas e batoques, não seja tocada com a mão ou fique exposta ao pó, fumaça e outras impurezas (gasolina, óleo e fumaça de exaustão de veículos podem ser grandes fontes de contaminação de amostras). Acondicionar em caixas térmicas com gelo as amostras que exigem refrigeração para sua preservação.

As coletas do efluente podem ser manuais ou com o auxílio de equipamentos. Ressalta-se que, logo após a coleta, os frascos deverão ser devidamente identificados e acondicionados em caixa de isopor contendo gelo e em seguida enviados ao laboratório para análises.

A coleta de amostras para análise microbiológica deve ser realizada sempre antes da coleta para qualquer outro tipo de análise, a fim de evitar o risco de contaminação do local de amostragem com frascos ou amostradores não estéreis.

### Registro de Coleta

Durante a coleta, a equipe deve registrar todas as informações de campo, preenchendo uma ficha de coleta por amostra, ou conjunto de amostras da mesma característica, contendo os seguintes dados:

- Nome do programa de amostragem e do coordenador, com telefone para contato;
- Nome dos técnicos responsáveis pela coleta;
- Número de identificação da amostra;
- Identificação do ponto de amostragem: código do ponto, endereço, coordenadas geográficas, etc.
- Data e hora da coleta;
- Natureza da amostra (efluente doméstico);
- Tipo de amostra (simples, composta ou integrada)
- Medidas de campo (temperatura); eventuais observações de campo;
- Condições meteorológicas nas últimas 24 horas;
- Indicação dos parâmetros a serem analisados nos laboratórios envolvidos;
- Equipamento utilizado com especificação; e
- Outras informações relevantes.

O Quadro 8.25 apresenta um modelo de ficha de coleta contendo as informações citadas acima a ser utilizada para anotações em campo.

Quadro 8.25: Modelo de Ficha de Coleta

FICHA DE COLETA: PROGRAMA DE MONITORAMENTO DO SISTEMA DE TRATAMENTO			
Coordenador:		Contato:	
Data de Coleta:	Hora:	Condição Meteorológica:	
Equipe de coleta:			
Nº do Ponto:	Coordenadas:		
Localização:			