PROJETO DE IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO DA 1ª ETAPA DO SISTEMA DE DESSALINIZAÇÃO PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO DE ÁGUA NO MUNICÍPIO DE ILHABELA/SP

Nome do Autor Principal[(1)]
Edward Brambilla Marcellino
Engenheiro Civil graduado na UNICAMP com Mestrado em Engenharia Hidráulica na EPUSP e Direito pela UNIP. Engenheiro da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – SABESP desde 1994 atuando nas áreas de planejamento técnico, desenvolvimento operacional, projetos, obras, licenciamento ambiental, jurídico e atualmente engenheiro no Departamento de Inovação Tecnológica e Propriedade Intelectual. Especialista em Disposição Oceânica de Efluentes Sanitários
Nome do Autor[(2)]
Francisco Corrêa Ramos Junior

Endereço[(1)]**:** Rua Constantino de Sousa, 1144, apto 415 – Bairro Campo Belo – São Paulo - SP - CEP: 04605-003 - Brasil - Tel: +55 (11) 986395440 - e-mail: ebrambilla@sabesp.com.br

RESUMO

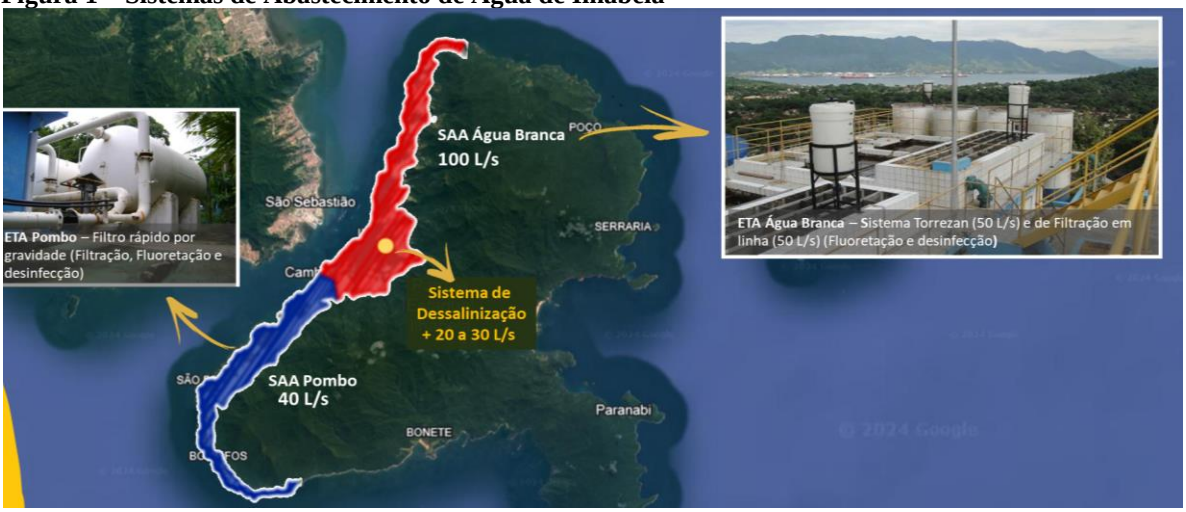
A implantação e operação da 1a etapa do sistema de dessalinização para fins potáveis para o município de Ilhabela representa um pioneirismo na utilização da tecnologia de dessalinização na região Sudeste do Brasil. O objetivo é tratar, em uma primeira etapa de obras, até 40 l/s de água salgada/salobra do ribeirão Água Branca, para produzir de 20 a 30 l/s de água potável, contribuindo assim para a melhoria da segurança hídrica do município.
A justificativa da instalação da tecnologia de osmose reversa para abastecimento público é a ausência de mananciais de água doce da ilha com disponibilidade hídrica suficiente para o atendimento à demanda futura.
Alinhada às diretrizes de sustentabilidade ambiental, a estação dessalinizadora contará também com um Centro de Educação Ambiental, que compreende um auditório construído com material e técnicas sustentáveis, placas solares para produção de energia para a estação, postes em LED com placas solares, bem como um sistema de reaproveitamento energético para as membranas, dentre outros.

PALAVRAS-CHAVE: Dessalinização, Osmose Reversa, Ilhabela

INTRODUÇÃO

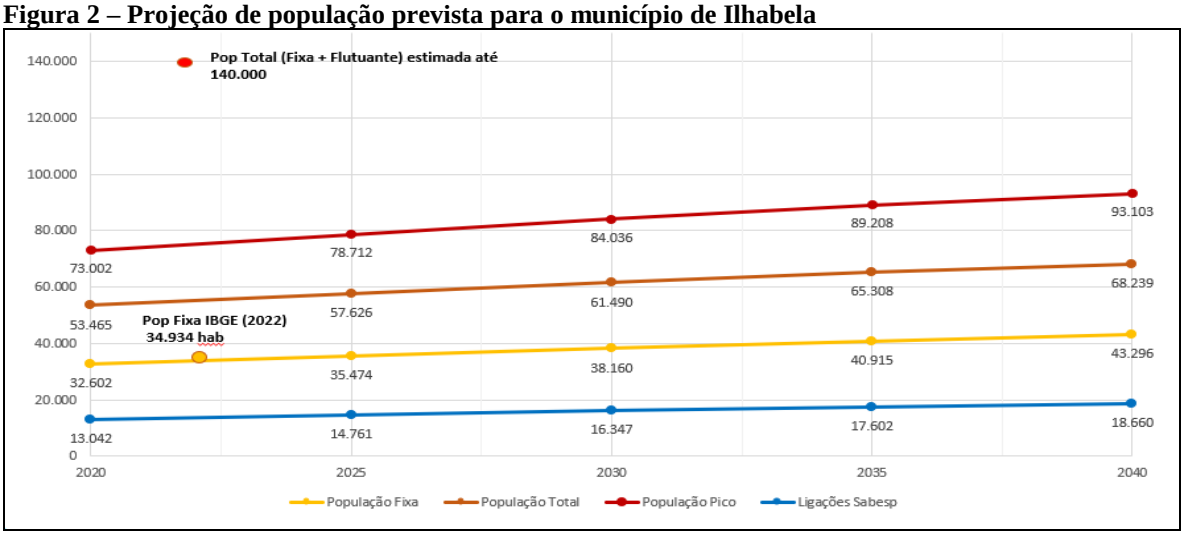
O município de Ilhabela, localizado no litoral norte do estado de São Paulo, tem uma população residente (fixa) de 34.934 habitantes (IBGE, 2024), atingido uma população adicional de temporada da ordem de até 140 mil habitantes. Para abastecimento público do município, a SABESP, operadora do serviço de saneamento, possui dois sistemas independentes de abastecimento de água, denominados Sistema Pombo e Sistema Água Branca, que abastecem a atual área urbanizada ao longo da orla do Canal de São Sebastião, conforme apresentado na figura 1.
Em ambos os sistemas, a quantidade de água dos mananciais é limitada, tanto no período de verão como nos demais meses do ano, seja em face da redução vazão de água bruta disponível para o tratamento, seja em face da qualidade da água bruta em decorrência dos picos de turbidez, ou de ambos os eventos combinados, tornando-se necessário a ampliação imediata das captações, alteração dos processos de tratamento, aumento de reservação, implantação de novas adutoras de água bruta e tratada, além da integração dos sistemas Pombo e Água Branca.
Essa situação crítica é numericamente ilustrada na figura 2, que representa a evolução populacional, e na figura 3, com relação às vazões de projeto para o horizonte de planejamento até 2040. Como se observa, atualmente embora a população fixa esteja próxima à projetada, a população de pico é bastante superior em época de temporada, exigindo de imediato tanto o aumento de produção de água quanto de sistema de adução e também o aumento da reservação.

Figura 1 – Sistemas de Abastecimento de Água de Ilhabela



Fonte: elaborado pelo autor

Figura 2 – Projeção de população prevista para o município de Ilhabela



Fonte: adaptado de SABESP (2017)

Da mesma forma, a capacidade atual do sistema já apresenta dificuldades para o atendimento pleno da demanda média atual (figura 3).

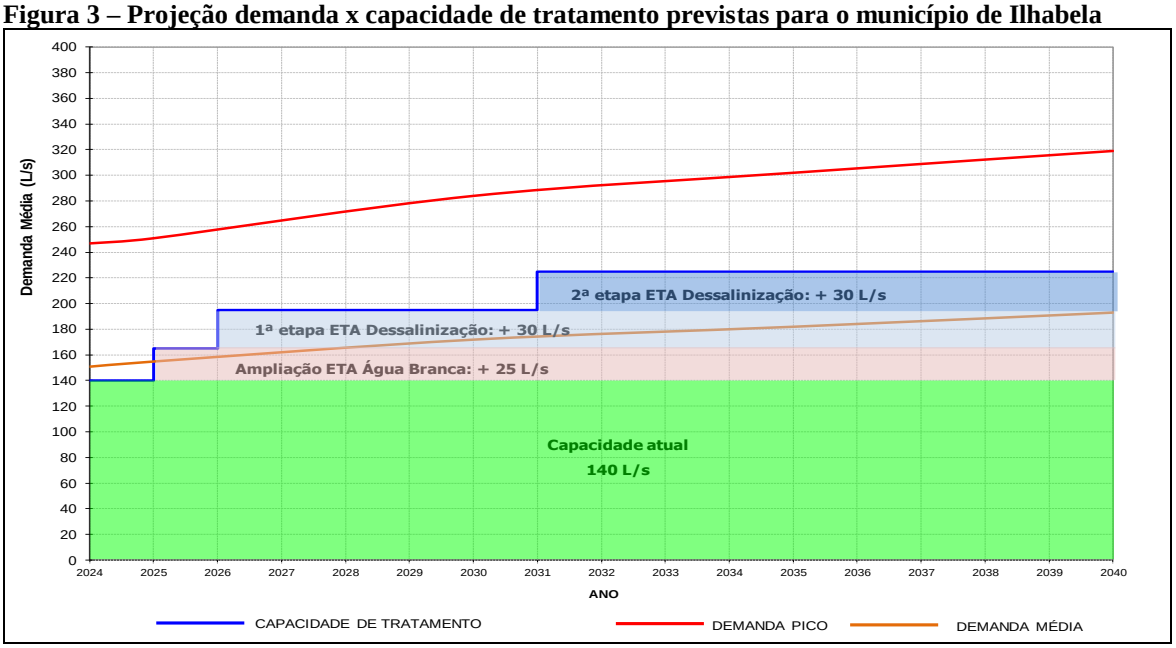
Considerando a configuração de captação existente, o sistema integrado Água Branca/Pombo possui uma capacidade de 140 l/s, inferior à demanda "média anual" atual, situação que se agrava para os anos subsequentes, com reflexos diretos e negativos na qualidade de vida de população fixa e flutuante, reduzindo inclusive as potencialidades econômicas do município.

Para equacionar o problema da demanda média é necessário o aumento da produção e melhoria do tratamento por meio da ampliação ao máximo da capacidade do sistema existente, ação que se encontra em andamento por meio das obras de melhoria e ampliação do Sistema Água Branca em mais 25 l/s com início de operação previsto para 2025.

Porém, em face da escassez hídrica no ponto de captação desse sistema, bem como do manancial do Sistema Pombo, e observando as condicionantes de outorga estabelecidas pelo órgão gestor dos recursos hídricos no estado de São Paulo – DAEE, não é possível maior incremento na capacidade desses sistemas.

Diante deste cenário, é de suma importância a procura por novos mananciais, de forma a aumentar a disponibilidade de água tratada, sendo que a implantação e operação do sistema de dessalinização do Ribeirão Água Branca, uma das alternativas estudadas, está em consonância com essa necessidade, por meio do aproveitamento de águas salobras/salgadas, atualmente inservíveis ao consumo humano.

Figura 3 – Projeção demanda x capacidade de tratamento previstas para o município de Ilhabela



Fonte: elaborado pelo autor

OBJETIVO

O objeto do empreendimento é a produção de 20 a 30 l/s de água tratada para abastecimento de cerca de 8.000 pessoas numa primeira etapa de obras, e posteriormente a duplicação do sistema para a segunda etapa no ano 2031.
A água tratada deverá atender aos padrões de potabilidade da Portaria GM/MS n. 888 de 4 de maio de 2021, sendo que para o parâmetro de cloretos o valor limite será de 100 mg/l, de forma a que a água atenda plenamente aos padrões organolépticos.
Dentre os principais benefícios esperados destacam-se:
- aumento da segurança hídrica do município tanto na estiagem (problema de quantidade de água bruta) quanto no período de chuvas (problema de qualidade de água bruta)
- inovação tecnológica e imagem de vanguarda
- aquisição de know-how operacional de sistemas de dessalinização por parte da Sabesp
- implantação do Centro de Educação Ambiental como exemplo de construção ecológica para uso dos munícipes

METODOLOGIA UTILIZADA

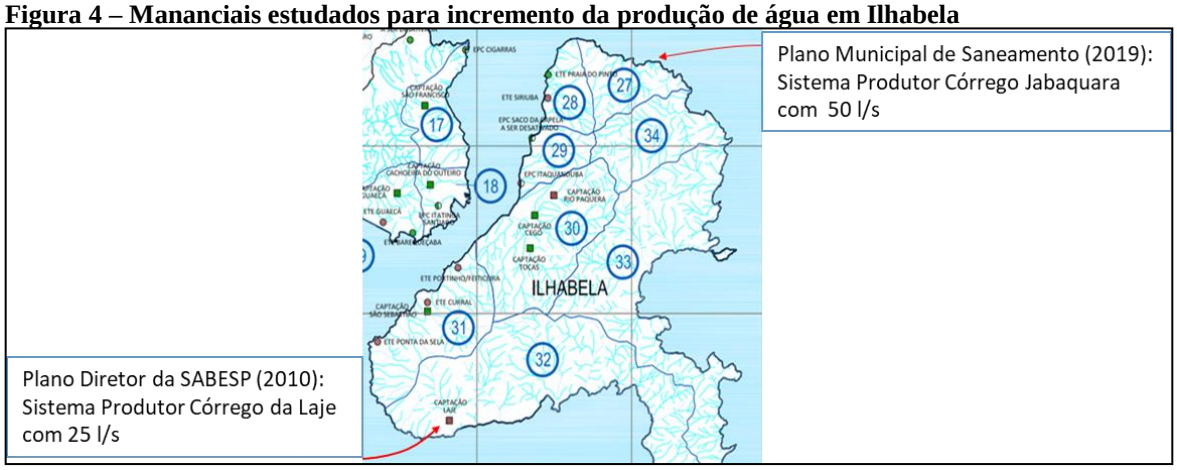
A metodologia para a implantação do empreendimento envolveu duas etapas: o estudo de alternativas para a seleção do manancial e a seleção do processo de tratamento.

- **Estudo de alternativas para o manancial de abastecimento**

Com relação ao estudo de alternativas para a busca do manancial mais adequado sob o aspecto técnico-ambiental, buscando avaliar se realmente não haveria outra alternativa à dessalinização, uma equipe multidisciplinar da Sabesp estudou a viabilidade de outros mananciais da ilha em prover água bruta na quantidade necessária.
No Plano Diretor de Saneamento Básico do Litoral Norte da Sabesp (SABESP, 2011) foram propostas para a etapa imediata a ampliação do Sistema Água Branca e Pombo para 200 l/s e posteriormente 300 l/s no total, objetivando permitir maior flexibilidade operacional para os sistemas face às demandas de pico. Na concepção proposta, as vazões a serem outorgadas seriam superiores a 50% do Q7,10 nos pontos de captação, correspondendo basicamente às vazões Q95, sendo que as bacias dos cursos d'água seriam consideradas como críticas. Destaca-se que essa concepção foi objeto de consulta junto ao Departamento de Águas e Energia

Elétrica (DAEE), que apresentou restrição à utilização do parâmetro Q95, recomendando a utilização do parâmetro 50% da Q7,10 disponível no ponto de captação.
Nesse sentido, tanto o Plano Diretor de Saneamento Básico da Sabesp quanto o Plano de Saneamento Básico de Ilhabela (PMI, 2019) estudaram alternativas de mananciais superficiais para suprimento das demandas futuras, que foram posteriormente estudadas com mais detalhes pela SABESP, as quais foram comparadas com a solução de dessalinização de água salobra/salgada. A figura 4 mostra o mapa de Ilhabela com suas respectivas bacias hidrográficas, indicando dois mananciais sugeridos para captação, sendo o primeiro o córrego da Laje ao sul e o segundo o córrego Jabaquara ao norte, ambos podendo ser interligados ao Sistema Pombo e Água Branca, respectivamente.

Figura 4 – Mananciais estudados para incremento da produção de água em Ilhabela



Fonte: adaptado de SABESP (2011) e PMI (2019)

A *alternativa do córrego Jabaquara* foi avaliada em dois pontos alternativos para captação, sendo um no córrego Jabaquara e outro conforme mencionado no PMI (2019), apresentando vazão outorgável da ordem de 20 l/s, o que não atenderia o horizonte de projeto das demandas futuras.
A *alternativa do córrego da Laje* possui uma vazão outorgável para atender até 40 l/s, porém sem condições de atender a 2ª etapa de planejamento em comparação com a dessalinização, cujo manancial no ponto de captação poderá captar 80 l/s e tratar até 60 l/s. Além disso, alguns agravantes podem ser destacados desse manancial, que possui inúmeras quedas d´água de uso turístico relevante:
- Intervenção e significativa supressão de mata atlântica preservada (vegetação em estágio primário e secundário avançado)
- Fauna rica com presença de espécies endêmicas e com risco de extinção
- Interferência no uso turístico das cachoeiras e no Parque Estadual de Ilhabela
- Interferência no sistema viário
- 15 km de caminhamento da adutora rochoso, sinuoso, vários aclives e declives
- Necessidade de desapropriação e estudo ambiental complexo (EIA/RIMA)
- Necessidade de levar energia elétrica até o ponto de captação
- Complexidade da obra, longo tempo do empreendimento, ampliação da ETA Pombo

Dessa forma, a *alternativa dessalinização* está embasada principalmente pelo fato da sua efetiva necessidade, ou seja, para as situações em que não houver alternativas mais viáveis sob o aspecto técnico-ambiental, como é o presente caso. A questão econômica refere-se ao potencial custo da água, mais alto do que o custo da água tratada oriunda de manancial superficial, mas que ao se considerar o custo de oportunidade no sentido "latu" das soluções, resulta na certeza de que a dessalinização se constitui na única viável em curto e médio prazo.
A alternativa dessalinização irá permitir fornecer até 60 l/s de água tratada nas duas etapas do empreendimento, a um custo ambiental muito menor, visto a área prevista para a estação de tratamento ser totalmente antropizada e pelo fato de ter um prazo de execução bem inferior, fator importante em face da demanda urgente de água.
Além dessas três alternativas, foi aventada a possibilidade de *trazer água do continente* para a ilha por meio de uma adução partindo de São Sebastião. O problema é que o Sistema Porto Novo de abastecimento de água, localizado em Caraguatatuba que abastece São Sebastião encontra-se em seu limite, sendo necessária a sua ampliação, como também da adutora até a região central de S. Sebastião a cerca de 18 km. Além disso, a travessia do Canal de São Sebastião com profundidade de até 36 m e distância de cerca de 3,6 km de travessia

representa uma rota de risco para as tubulações em face do trânsito de navios e barcos e a alternativa de travessia em MND em tal extensão representa um custo proibitivo.
A tabela 1 sintetiza as alternativas estudadas.

Tabela 1 – Alternativas estudadas para abastecimento de Ilhabela

ALTERNATIVA	CUSTO DE IMPLANTAÇÃO	INÍCIO DE OPERAÇÃO	VIABILIDADE AMBIENTAL
Dessalinização 1ª etapa (20 ~ 30 l/s)	R$ 53 milhões	1º semestre/2026	Consulta prévia realizada na Cetesb indicou **baixo impacto ambiental.** Local de captação e tratamento já antropizado e perto do centro de consumo. Manancial permite captar mais 40 l/s para uma segunda etapa.
Córrego da Laje até 40 l/s	R$ 50 milhões	1º semestre/2029	**Alto impacto ambiental**, sendo necessário EIA-RIMA, resultado em atraso na implantação do empreendimento e alta compensação ambiental. **Alto impacto no turismo local.** Manancial não permite captar mais 40 l/s para uma segunda etapa.
Córrego Jabaquara 20 l/s	Inviável – não há vazão suficiente para ampliação além de 20 l/s		
Continente	Inviável – não há vazão de sobra em São Sebastião a ser disponibilizada para Ilhabela, obra de alto risco para a travessia da adutora, reversão de bacia -> EIA/RIMA		

Fonte: elaborado pelo autor

Dessa forma, tanto sob o aspecto ambiental quanto de tempo de empreendimento, a alternativa dessalinização se apresenta a mais adequada e com custos de obra similares à alternativa do córrego da Laje, sendo que esta não poderá ser aproveitada em sua capacidade máxima em face da indisponibilidade hídrica para uma segunda etapa de obras. Vale pontuar que para viabilizar o empreendimento no menor tempo possível, foi de fundamental importância a participação da prefeitura municipal de Ilhabela em disponibilizar a área para as instalações da estação dessalinizadora.

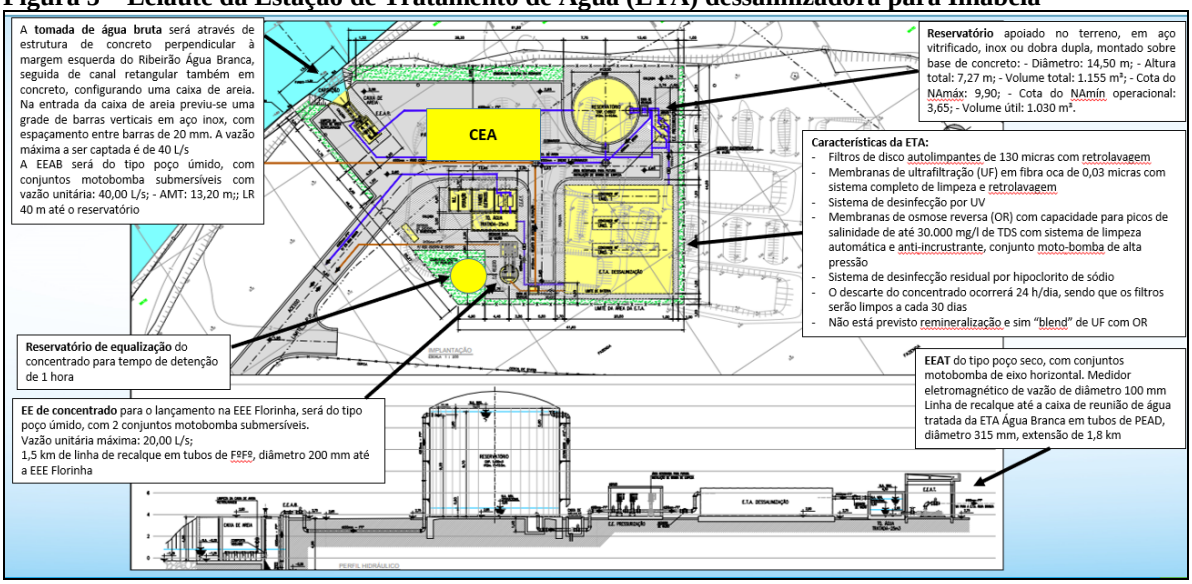
- **Escolha do processo de tratamento da água**

A questão técnica principal refere-se em como tratar uma água bruta com uma variabilidade grande de salinidade como é o ponto de captação no ribeirão Água Branca, em face da proximidade com sua foz, o que irá exigir uma solução de pré-tratamento e de osmose reversa que contemple essa amplitude de qualidade, bem como atender a todos os requisitos de performance aplicados no contrato.
De qualquer forma, a principal tecnologia empregada na dessalinização da água do ribeirão Água Branca será a Osmose Reversa, ficando o pré-tratamento a cargo de proposta do contratado e aceite da SABESP, sendo *a priori* composto por módulos de ultrafiltração.
A ETA de dessalinização deverá ser constituída pelas seguintes unidades principais:

- Tomada de água lateral a fio d'água, com gradeamento médio e canal de desarenação (caixa de areia), perpendicular à seção do curso de água;
- Sistema de recalque e adução de água bruta da captação para o reservatório pulmão;
- Sistema de remoção mecanizada de areia, óleos e graxas;
- Reservatório pulmão de 1.155 m3, cilíndrico e apoiado, de água bruta;
- Sistema de recalque (pressurização) da água bruta do reservatório pulmão para a ETA;
- Sistema de dessalinização (ETA) pré-fabricado, instalado sobre base de concreto e abrigado em edifício de alvenaria;
- Sistema de recalque e adução de água tratada para a caixa de reunião da água tratada da ETA Água Branca;
- Reservatório de equalização e sistema de recalque e adução do concentrado da dessalinização para lançamento no sistema de esgotamento sanitário.

O processo de tratamento da água gera concentrado líquido, representado por água residuária do processo, a qual possui concentração iônica majorada, ou seja, ao se dessalinizar a água salobra/salgada transformando-a em água doce, gera-se um outro tipo de água (concentrado/rejeito).
A figura 5 apresenta o layout proposto da estação dessalinizadora para a 1ª etapa da obra.

Figura 5 – Leiaute da Estação de Tratamento de Água (ETA) dessalinizadora para Ilhabela



Fonte: adaptado de SABESP (2017)

Por ser uma contratação na modalidade Semi-Integrada nos termos da Lei 13.303/16, a empresa contratada poderá propor modificações nas soluções previamente delineadas no projeto básico, seja em termos de detalhamento dos sistemas seja nos procedimentos construtivos previstos no Edital.
Nesse sentido, a contratada poderá propor soluções alternativas visando a melhoria operacional e/ou eficiência energética, apresentando inovações tecnológicas ou novas técnicas construtivas, sem se limitar a estas, para os seguintes itens:

- Apresentar alternativas para melhoria do tratamento preliminar com inclusão de sistema mecanizado para remoção de areia, óleos e graxas;
- Apresentar alternativa ao pré-tratamento da osmose reversa;
- Construção do Centro de Educação Ambiental – CEA, apresentando a modelagem arquitetônica com foco na construção ecológica;
- Apresentar alternativa para redução do consumo energético;
- Apresentar alternativas para reuso do concentrado gerado.

As condições operacionais a serem atendidas pela ETA nessa 1ª etapa serão:

a) O sistema deve ser projetado para operar 24 horas por dia, com vazão nominal de 20 a 30 l/s, em quantos módulos forem necessários, os quais deverão ser acomodados em área especificamente destinada para este fim conforme projeto básico, considerando que a água bruta a ser tratada provém do manancial com as características físico-químicas variando de salobra a salgada;

b) Os parâmetros de potabilidade da ETA devem atender aos padrões de qualidade exigidos pela Portaria GM/MS n. 888 de 4 de maio de 2021 (para o parâmetro de cloretos o valor limite será de 100 mg/L);

c) O sistema de dessalinização deverá trabalhar com recuperação mínima de 50% de permeado considerando o limite estabelecido;

d) Faz parte do fornecimento: projeto, fabricação, montagem, instalação, transporte, estocagem com segurança, ensaios e testes mecânicos, hidráulicos e elétricos, partida inicial ("start-up"), pré-operação e operação assistida;

e) Inclusos no objeto do fornecimento, os medidores de vazão eletromagnéticos de entrada da água bruta e saída da água permeada, bem como toda a instrumentação necessária ao funcionamento e controle do sistema, bem como lista da instrumentação e sensores devendo ao menos, atender aos seguintes parâmetros de controle:

−Medição de condutividade na entrada da água bruta e saída do permeado;

−Medição de turbidez na entrada da água bruta e saída do permeado;

−Medição de pressão das membranas;

−Medição das variáveis elétricas.

f) Os efluentes das lavagens químicas e do concentrado deverão ter redes separadas para descarte no sistema de esgotos sanitários.

Em síntese, as principais partes constituintes do sistema de tratamento são:

FILTRAÇÃO - O sistema de filtração automática será composto por filtros de disco autolimpantes e tem por objetivo remover sólidos suspensos existentes na água.

Os filtros de disco autolimpantes devem ter granulometria de 130 µm devendo ser levado em conta as características físico-químicas da água bruta a ser tratada.

A tecnologia a ser adotada deve permitir a realização de uma retrolavagem completa e automática, de forma que seja independente de cada filtro, ou seja, quando um filtro inicia o processo de retrolavagem, os outros filtros continuam em estado de filtração. Assim sendo, a filtração nunca é interrompida.

Bomba(s) de alimentação de velocidade variável da filtração por discos e ultrafiltração cuja vazão e pressão devem ser calculadas pela contratada a qual deve considerar as variáveis que envolvem o sistema e apresentar o respectivo memorial de cálculo.

ULTRAFILTRAÇÃO - A clarificação deve ser realizada *a priori* por membranas de ultrafiltração para proteção contra incrustação cujo total deve ser dimensionado e apresentado pela contratada para a SABESP.

As membranas devem ter baixa tendência à incrustação, alta resistência mecânica e serem resistentes aos agentes utilizados na limpeza química.

As fibras dos módulos devem ser em PVDF de parede dupla (fibras ocas). Os poros das fibras devem ser iguais ou menores a 0,03 micrometros nominal.

Sistema completo de limpeza das membranas (CIP) e de retro lavagem reforçada quimicamente (CEB) incluindo todos os equipamentos necessários como conjuntos moto- bombas, compressor de ar, equipamentos de dosagem química, etc. Para cada equipamento, deve ser apresentada a respectiva folha de dados, desenho dimensional com lista dos materiais componentes e curva característica da bomba e compressor.

O sistema de ultrafiltração (UF) deve ser dimensionado com vazão adequada para suprimento de água ao sistema de osmose reversa (OR), com folga adequada para atender os processos de CIP (limpeza no local) e CEB (retrolavagem quimicamente reforçada) de forma a garantir a produção mínima de 20 l/s de permeado na saída da osmose reversa (OR), em qualquer condição.

O sistema de ultrafiltração (UF) deve prever proteção adicional para ruptura das membranas, evitando contato da água não tratada com o sistema de osmose reversa (OR).

DESINFECÇÃO POR ULTRAVIOLETA - O pré-tratamento da osmose reversa (OR) será dotado de um sistema de desinfecção por ultravioleta (UV), de média pressão, alta intensidade, 1,7 kW, dose maior que 60 mJ/cm2, com regulagem automática da dose em função da transmitância e vazão.

O sistema de ultravioleta (UV) deve permitir uma barreira de desinfecção adicional para auxiliar na prevenção da bio-incrustação nas membranas de OR.

OSMOSE REVERSA - A seleção do tipo de membrana é de responsabilidade da empresa contratada que deverá apresentar certificação de qualidade do fornecedor.

As membranas deverão ser adequadas às características físico-químicas da água bruta a ser tratada, ou seja, deverão ser dimensionadas a fim de suportar as variações de salinidade do manancial e serão precedidas de sistema de proteção para contato com cloro e resistência química aos agentes químicos bissulfito de sódio (pH 13) e hipoclorito de cálcio (5 ppm) e aos demais produtos que venham a ser utilizados na limpeza química.

O sistema deverá incluir limpeza automática das membranas (CIP) e dosagem química anti-incrustante para limpeza das membranas.

DESINFECÇÃO RESIDUAL E FLUORETAÇÃO DA ÁGUA PERMEADA - Será previsto um sistema de desinfecção residual e fluoretação após a saída da água permeada proveniente da OR e antes da conexão de saída da planta com a rede Sabesp. A desinfecção será por hipoclorito de sódio e a fluoretação por ácido fluo silícico, além de tanques para armazenamento em PRFV e bombas dosadoras eletromagnéticas para atender a Portaria GM/MS n. 888 de 4 de maio de 2021 (para o parâmetro de cloretos o valor limite será de 100 mg/l).

O sistema prevê, a priori, um *blend* entre parte das águas provenientes da ultrafiltração com aquelas provenientes da osmose reversa, de forma sempre a atender os padrões de potabilidade, sem prejuízo, no caso da pouca viabilidade dessa solução, da instalação de equipamentos visando a remineralização da água.

Além dos equipamentos previstos acima para o processo, é importante salientar que o empreendimento deverá contar com um Centro de Educação Ambiental (CEA), contando com um auditório com assentos para 45

pessoas, incluindo mais 2 pessoas em cadeira de rodas (PCR) e banheiros masculino e feminino, ocupando uma área total de 280 m2.
O CEA terá como objetivo a realização de iniciativas para o desenvolvimento de atividades de educação ambiental devendo contar com espaço adequado, recursos materiais, equipe e meios, tendo como objetivos o atendimento às recomendações do CONAMA de 23/09/2005.
O CEA intenciona a realização de iniciativas que visam as práticas de atividades de educação ambiental para a comunidade e para os turistas, e para tanto, a arquitetura do CEA terá o conceito de sustentabilidade, orientando as obras para um modelo de construção ecológica, dentre as quais destacamos: utilização de pedras e outros recursos disponíveis no local, interferindo assim o mínimo possível na paisagem e proporcionando uma harmonização da construção com o meio ambiente, utilização da água de pluvial em limpeza sanitária e de pisos, irrigação, nos sanitários, entre outros, reduzindo o consumo de água potável e preservando o meio ambiente, instalação de painéis fotovoltaicos no telhado para produzir a energia para o autoconsumo, alvenaria executada em tijolo ecológico aparente, composto de solo-cimento, cujo processo de fabricação não utiliza fornos e que possui durabilidade, resistência e acabamento compatíveis com os tijolos tradicionalmente utilizados em alvenaria, auditório em piso de cimento queimado, por sua flexibilidade, durabilidade sendo um piso com alta resistência, piso externo das áreas externas do CEA permeáveis com a utilização de piso drenante de concreto poroso resistente ao trafego intenso, aproveitamento da ventilação e luminosidade naturais durante o dia, priorizando a ventilação cruzada através dos vãos das janelas e portas dos ambientes, dentre outros.
A figura 6 apresenta a imagem do local onde será implantada a estação dessalinizadora, no bairro Barra Velha, bem como a linha de recalque de 1,8 km da água tratada, que terá como destino a caixa de reunião das águas da estação de tratamento Água Branca. A linha de recalque de 1,5 km do concentrado, terá como destino a estação elevatória de esgotos Florinha, que encaminhará este resíduo juntamente com o esgoto bruto para a estação de pré-condicionamento de esgotos de Itaquanduba e de lá para o emissário submarino, lançando os efluentes a 940 metros da costa a uma profundidade de 36 metros.

Figura 6 – Localização da ETA e das linhas de recalque do permeado (água tratada) e do concentrado



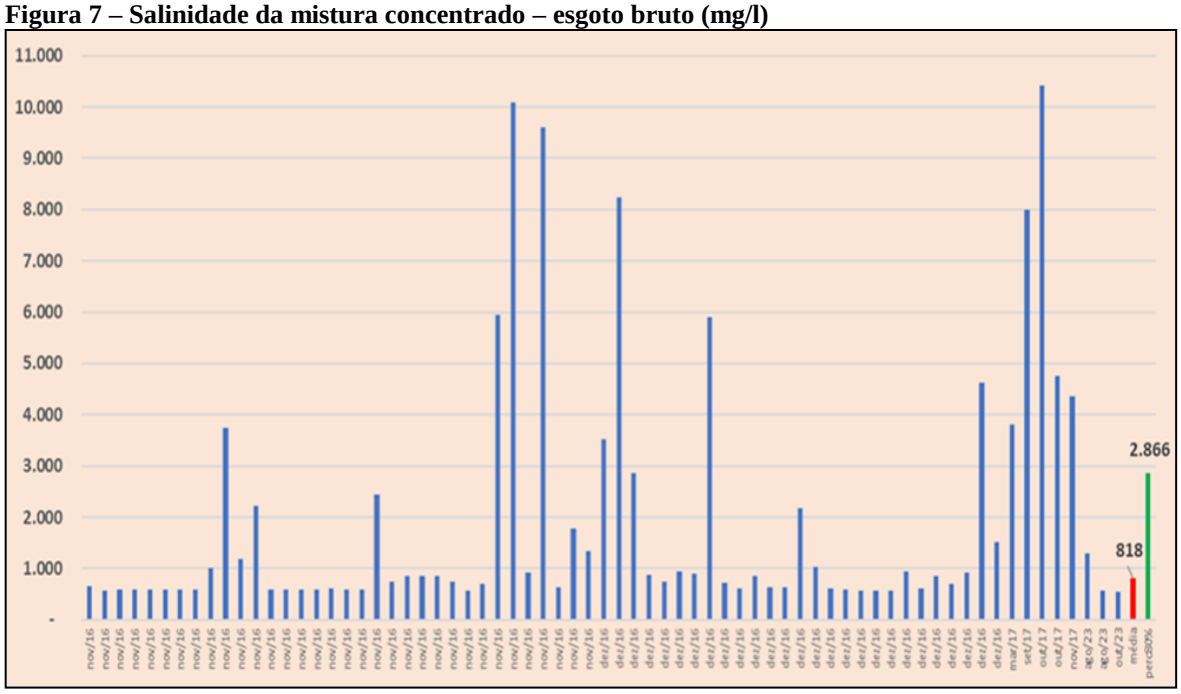
Fonte: elaborado pelo autor

A implantação e operação da 1ª etapa do sistema produtor de água dessalinizada compreende as seguintes etapas:
- 18 meses para a revisão e adequação de projetos, licenciamento de instalação/operação e obras
- 36 meses de operação e manutenção (após o qual a operação passa a ser diretamente da Sabesp ou por nova contratada)

RESULTADOS ESPERADOS

Os resultados esperados com esse empreendimento são a melhoria da segurança hídrica do município para atender a sazonalidade tanto de turistas quanto de disponibilidade hídrica, com a qualidade que atenda integralmente aos padrões de potabilidade da Portaria GM/MS n. 888 de 4 de maio de 2021 e também ao limite de 100 mg/l para o parâmetro de cloretos, fornecendo uma vazão mínima de 20 l/s na 1ª etapa de implantação.
Além disso, as medidas compensatórias resultantes da supressão de vegetação e intervenção em APP, bem como o mínimo impacto ambiental decorrente da destinação do concentrado (rejeito) são premissas para a implantação do empreendimento.
Com relação à destinação do rejeito, sua concentração e vazão serão bastante variáveis em função da qualidade da água bruta a ser captada. Os monitoramentos realizados no ponto previsto para a captação encontraram valores de salinidade variando desde 100 mg/l até 35.500 mg/l, ou seja, de água doce a água salgada.
Considerando recuperação do permeado de 50% teremos previsão de o dobro dessas concentrações no concentrado, a uma vazão máxima de 20 l/s de rejeito. Essas vazões e concentrações do rejeito serão misturadas com as vazões e concentrações do esgoto bruto ao chegarem na EEE Florinha via linha de recalque do concentrado. As simulações realizadas considerando a máxima vazão do concentrado com a máxima vazão do esgoto do sistema de esgotos Itaquanduba, resultaram em uma mistura com concentração média de 818 mg/l, sendo 80% dos resultados com concentração de até 2.866 mg/l e 91% abaixo de 5.000 mg/l. A figura 7 apresenta o gráfico da mistura.

Figura 7 – Salinidade da mistura concentrado – esgoto bruto (mg/l)



Fonte: adaptado de SABESP (2023)

Essa mistura esgoto/concentrado no sistema de esgotamento sanitário, após passar pela estação de pré-condicionamento, é lançada no Canal de São Sebastião por meio do emissário submarino localizado na altura da praia de Itaquanduba.
As simulações realizadas (ASA, 2007) indicam que as diluições iniciais médias no campo próximo da zona de mistura são da ordem de 300 vezes, conforme os resultados apresentados na tabela 2, e a distâncias inferiores a 50 metros ao redor do difusor do emissário.
Dessa forma, com relação ao impacto do concentrado (rejeito) no Canal de São Sebastião, como as diluições em campo próximo simuladas indicaram serem da ordem de 300 vezes num raio inferior a 50 metros do difusor, ou seja, mesmo que a mistura rejeito-esgoto fosse a mais alta da série histórica da figura 7, 10.500 mg/l, a concentração dessa mistura no mar a menos de 50 metros do difusor seria de apenas 10.500/300 = 35 mg/l. Lembrando que a salinidade do mar é de 35.000 mg/l, o efluente não causará qualquer impacto negativo sobre a biota marinha em termos de toxicidade devido à salmoura.

Paralelamente, também se encontra em estudo para implantação no município de Ilhabela uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), em que se pretende utilizar um processo em que a etapa principal é conhecida por MBBR – Moving Bed Biofilm Reactor.
Em um MBBR, microrganismos podem se desenvolver e tratar o esgoto aderidos à superfície de material inerte que é introduzido em um tanque e mantido submerso e em contínuo movimento provocado pelo sistema de aeração. A vazão média de esgoto sanitário prevista para a ETE é de 100 l/s, enquanto se prevê a descarga de rejeito da ETA de dessalinização com vazão variando entre 10 l/s e 20 l/s.

Tabela 2 – Resultados dos valores de diluição e extensão do campo próximo obtidos com os modelos CORMIX e VISUAL PLUMES

Vazão (L/s)	Sazão	Modelo	Diluição	Diluição Média	Campo Próximo (m)		Campo Próximo Médio (m)	
					X	Z	X	Z
93,50	Verão	CORMIX	292,9	285,5	31,0	32,5	26,2	34,2
		VP	278,1		21,3	35,9		
	Inverno	CORMIX	341,3	368,2	39,5	31,5	34,5	33,6
		VP	395,1		29,5	35,6		
153,78	Verão	CORMIX	216,3	232,4	30,7	31,7	27,3	33,9
		VP	248,4		23,8	36,0		
	Inverno	CORMIX	268,1	305.9	44,8	30,4	38,7	33,0
		VP	343,6		32,6	35,6		
Médias totais para diluição				298,0	para campo próximo		31,7	33,7

Fonte: ASA (2007)

De acordo com SANTOS *apud* SABESP (2024), a influência da salinidade do esgoto por meio de testes de respirometria, em que foi medida a taxa específica de utilização de oxigênio, mostrou que a inibição do lodo ativado ocorre a partir da concentração de 5 g/L de NaCl em situação de choque de carga salina. Este resultado é indicativo da viabilidade deste caso em questão em que se pretende receber contribuições de sal no esgoto que levam a concentrações substancialmente menores do que 5 g/L em quase todo o tempo, conforme apresentado na figura 7.
No caso da ETE de Ilhabela, em que se pretende recorrer a reatores MBBR como unidade principal do sistema de tratamento, além de os reatores com biomassa aderida serem mais resistentes à exposição a cargas de choque do que os reatores com biomassa em suspensão, há a possibilidade de atenuação de situações desfavoráveis, caso venham a ser observadas durante a operação do sistema de tratamento, mediante o aumento do percentual de preenchimento do volume útil dos reatores com a biomídia.
Com relação às medidas compensatórias relativas à intervenção em APP e supressão de vegetação, a tabela 3 sintetiza as intervenções previstas, tanto na área da ETA quanto nos trechos das obras lineares.
O diagnóstico ambiental realizado (SABESP, 2019) para identificar e quantificar as intervenções ambientais a serem ocasionadas com a implantação das obras, contabilizou uma intervenção total de 7.850,16 m², sendo a maior parte destas intervenções inseridas em Área de Preservação Permanente (APP), entretanto com intervenções restritas a sistema viário e áreas antropizadas. No que se refere as intervenções em Áreas de Preservação Permanente as intervenções foram contabilizadas em 4.609,14 m², distribuídas em 1.032,11 m² ao longo de sistema viário e 3.577,03 m² ao longo de áreas antropizadas. Além destas intervenções, foi identificada a necessidade de supressão de 19 indivíduos arbóreos isolados, sendo 17 exemplares na área da ETA inseridos em APP (12-nativos; 1-exótico e 4-mortos) e 2 exemplares nativos fora de APP no trecho final do caminhamento da linha de recalque de água tratada (LRAT).
Tomando por base a legislação ambiental referente à compensação ambiental, de acordo com os cálculos apresentados em SABESP (2019), a compensação ambiental estimada para o empreendimento foi contabilizada em 982 mudas, sendo 708 mudas referente as intervenções em áreas antropizadas com a presença de exemplares arbóreos isolados e 274 referentes a supressão de 19 exemplares arbóreos isolados com DAP (diâmetro à altura do peito) > 5 cm. Desta forma, prevendo-se a utilização da densidade de 1.667 mudas/ha

para a realização da reposição florestal, estima-se a recuperação de uma área com 0,589 ha. Ressalta-se que não haverá intervenção sobre qualquer manguezal.

Tabela 3 – Intervenções ambientais previstas para o empreendimento dessalinização em Ilhabela

Unidades	Extensão (m²)	Área (m²)	Largura da VCA/Faixa (m)	Intervenção Total (m²)	Em APP (m²)			Fora de APP (m²)		
					Sistema Viário e Áreas Impermeáveis	Área Antropizada	Indivíduos Isolados	Sistema Viário e Áreas Impermeáveis	Área Antropizada	Indivíduos Isolados
ETA	-	5.559,75	-	5.559,75	477,70	3.537,07	17		1.544,98	
Subtotal - ETA	**-**	***5.559,75***	**-**	***5.559,75***	***477,70***	***3.537,07***	***17***	**-**	***1.544,98***	
LRAT (1)	136,97	-	-	-	-	-			-	-
	12,33	-	4,00	49,32	-	-		-	**49,32**	**2**
	1650,3	-	0,85	1.402,76	233,72	-		1.169,04	-	-
Subtotal - LRAT	***1.799,60***	**-**	**-**	***1.452,08***	***233,72***	**-**		***1.169,04***	***49,32***	***2***
Descarga 1	21,50	-	0,80	17,20	-	**17,20**		-	-	
Descarga 2	27,00	-	0,80	21,60	14,04	7,56				
Descarga 3	10,50	-	0,80	8,40	-	8,40		-	-	
Descarga 4	8,50	-	0,80	6,80	-	6,80		-	-	
Descarga 5	23,55	-	0,80	18,84	8,80	-		10,04	-	
Subtotal - Descargas	***91,05***	**-**	**-**	***72,84***	***22,84***	***39,96***		***10,04***	**-**	
LR Concentrado (2)	133,00	-	-	-	-	-		-	-	
	943,95	-	0,80	755,16	287,52	-		467,64	-	
Subtotal - LRC	***1.076,95***	**-**	**-**	***755,16***	***287,52***	**-**		***467,64***	**-**	
Descarga1	12,92	-	0,80	10,34	10,34	-		-	-	
Total Empreendimento	***2.980,52***	***5.559,75***	**-**	***7.850,16***	***1.032,11***	***3.577,03***	***17***	***1.646,72***	***1.594,30***	***2***
Total (ha)	**-**	***0,56***	**-**	***0,79***	***0,10***	***0,36***	**-**	***0,16***	***0,16***	**-**

Fonte: SABESP (2019)

CONCLUSÕES

O sistema de dessalinização para Ilhabela irá contribuir de forma significativa para a melhoria da segurança hídrica do município, promovendo o incremento de 20 a 30 l/s de água tratada nessa 1ª etapa beneficiando cerca de 8.000 habitantes, e posteriormente dobrando essa produção em uma 2ª etapa de obras.

Além disso, a implantação da dessalinização para abastecimento público em escala real em Ilhabela representa um pioneirismo para a região Sudeste do país. Trata-se de um desafio para o setor de operação de estações de tratamento de água, em particular para membranas, uma vez que um dos diferenciais do empreendimento é a necessidade de expertise para o tratamento de água com uma grande variabilidade de condutividade/salinidade em função do regime de marés e de deflúvio atuando sobre o ribeirão Água Branca, local onde será implantada a captação da água bruta.

O empreendimento irá permitir que os técnicos da Sabesp tenham contato direto e adquiram conhecimento dessa tecnologia, bem como irá promover a educação ambiental para os cidadãos ilhéus e turistas que visitem a Ilhabela. Seguramente irá servir de "case" para outros municípios ou regiões que necessitem de tal tecnologia em face da escassez de recursos hídricos superficiais ou subterrâneos para abastecimento público.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASA. Relatório de Modelagem da Dispersão de Efluentes lançados pelo emissário submarino de Itaquanduba no Canal de São Sebastião – SP. 2007
2. IBGE. Disponível em https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sp/ilhabela. Acesso em: 20/05/2024
3. PMI. Prefeitura Municipal de Ilhabela – Plano Municipal de Saneamento Básico nos Componentes: Água, Esgoto e Drenagem Urbana. Relatório Final – rev.1- volume 1- Ilhabela/SP. Dez. 2019.
4. SABESP. Elaboração do Plano Diretor de Saneamento Básico dos Municípios Operados pela SABESP na Bacia Hidrográfica do Litoral Norte – UGRHI 03. Relatório Final. Alternativas estudadas para os sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários para os municípios do Litoral Norte. Dez. 2011.
5. SABESP. Consórcio Praia Viva Elaboração de revisões e atualizações de estudos e projetos executivos para implantação e ampliação dos sistemas de abastecimento de água dos municípios de Ilhabela e de Ubatuba nos bairros: Praia Dura, Folha Seca, Corcovado, Rio Escuro, Praias Vermelha do Sul, Brava e Fortaleza e no bairro Picinguaba; e para revisões e atualizações de estudos e projetos executivos para implantação do sistema de esgotos nos bairros de Maranduba, Sapê, Lagoinha e Sertões do município de

Ubatuba - Sistema de Abastecimento de Água do Município de Ilhabela Sistema de Dessalinização de Água do Ribeirão Água Branca. Estudo de Concepção. Nov. 2017.

6. SABESP. Sistema de Dessalinização do Ribeirão Água Branca – Município de Ilhabela. Laudo de Cobertura Vegetal. Estática Engenharia. Abr. 2019
7. SABESP – Relatório de análises RNOC da água bruta do ribeirão Água Branca. 2023
8. SABESP. Relatório Técnico Efeitos do Recebimento do Rejeito de uma Estação de Dessalinização de Água em uma Estação de Tratamento de Esgoto por MBBR. Fev. 2024