

II-595 – ESTUDO DE CASO DE PROJETO EXECUTIVO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS CINZAS CLARAS PARA REÚSO NÃO POTÁVEL DIRETO E PLANEJADO EM EMPREENDIMENTO RESIDENCIAL CONDOMINIAL

João Lucas Melo de Oliveira⁽¹⁾

Engenheiro Ambiental e Sanitarista (SENAC, 2022).

Thaynara Ribeiro Felismino⁽¹⁾

Engenheira Ambiental e Sanitarista (SENAC, 2022).

Alexandre Saron⁽¹⁾

Engenheiro Químico (Faculdade Oswaldo Cruz, 1994), Mestre em Engenharia Civil (UNICAMP, 2000), Especialista em Docência do Ensino Superior (2000), Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho (2006) e Doutor em Ensino de Ciências e Matemática (Universidade Cruzeiro do Sul, 2016). Professor e pesquisador do Centro Universitário Senac Santo Amaro.

Endereço⁽¹⁾: Avenida Engenheiro Eusébio Stevaux, 823, Centro Universitário Senac Santo Amaro, São Paulo/SP, Brasil. E-mail: joao_lucasm@hotmail.com

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo apresentar um estudo de caso de um projeto executivo de uma Estação Produtora de Água para Reúso (EPAR) em um empreendimento residencial condominial com capacidade para 200 habitantes, cujo conteúdo inclui descrição do sistema, desenhos técnicos (planta, cortes e modelo 3D), especificação de equipamentos e materiais, composição de custos de implantação (CAPEX) e de operação (OPEX), e avaliação de impactos ambientais. A premissa do projeto consistiu da captação de águas cinzas claras provenientes de chuveiros e lavatórios das unidades habitacionais e direcionamento destas à EPAR, onde ocorrerá tratamento biológico por sistema de lodos ativados com aeração prolongada e tratamento terciário por filtração, adsorção em carvão ativado e cloração para atender aos requisitos de qualidade de água para reúso não potável estabelecidos pela NBR 16.783/2019. Considerou-se como destino da água tratada o abastecimento de demandas não potáveis do empreendimento: bacias sanitárias, irrigação e lavagem de pisos de áreas comuns. Foi calculado que de uma demanda não potável total de 288,0 m³/mês a EPAR será capaz de abastecer 285,0 m³/mês (98,96%). A análise econômica da EPAR resultou em um CAPEX de R\$ 131.692,84, OPEX de R\$ 3.771,40/mês e *payback* (período de retorno de investimento) de 3,7 anos (45 meses), caracterizando um investimento ambientalmente e financeiramente viável.

PALAVRAS-CHAVE: Reúso, Águas cinzas claras, Lodos ativados, Projeto executivo, Condomínio.

INTRODUÇÃO

A água de boa qualidade e potável é um recurso essencial para a vida, para as atividades domésticas, industriais, irrigações, entre outros usos antropogênicos importantes. Entretanto, muitos usos da água não exigem um nível de qualidade tão elevado quanto àquele necessário para o consumo humano. Logo, um grande volume de água tratada e potável é consumido em atividades como descarga de bacias sanitárias, lavagem de pisos, quintais, calçadas e carros, irrigação de plantas e hortas entre outras atividades que não exigem água potável e que poderiam ser atendidos com água de reúso. Sendo assim, o reúso direto planejado, definido por Lavrador Filho (1987 *apud* FLORENCIO; BASTOS; AISSE, 2006, p. 2) como “quando os efluentes, depois de convenientemente tratados, são encaminhados diretamente ao local de reúso”, no meio urbano representa uma importante ação que deve ser estimulada e regulamentada como forma de aliviar as crises hídricas cada vez mais frequentes.

De acordo com May (2009, p. 69), “as águas cinzas devidamente tratadas apresentam um grande potencial de reúso para fins não potáveis”. De acordo com definições dadas pela NBR 16.783/2019, as águas cinzas geradas em uma edificação são separadas em cinzas claras (efluentes de chuveiros, lavatórios, banheiras,

tanques e máquina de lavar roupas) e cinzas escuras (efluentes de pia de cozinha e máquina de lavar louças). É com base no potencial de reúso das águas cinzas, preferencialmente as claras, que a prática do reúso para fins não potáveis se torna viável, pois, de acordo com May (2009), o tratamento de águas cinzas é menos oneroso e o atendimento a demandas não potáveis economiza água potável consumida da concessionária de saneamento, havendo, portanto, economia financeira.

Nesse contexto, a prática de reúso de água em edificações residenciais, comerciais e industriais já é uma realidade e um mercado em crescente expansão, em que se utiliza uma Estação Produtora de Água para Reúso (EPAR), podendo esta ser compacta ou não, a depender de sua capacidade. Quando se tratam de novas edificações é comum, e preferível, que o projeto do sistema de reúso faça parte do projeto total da obra desde sua concepção, compatibilizando sua interface com os demais projetos, como arquitetura, estrutura, instalações hidráulicas, instalações elétricas, entre outros.

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é apresentar um estudo de caso de um projeto executivo de engenharia, elaborado de acordo com os critérios estabelecidos pela Resolução n.º 361 de 10 de dezembro de 1991 do CONFEA, NBR 12.209/2011 e NBR 16.783/2019, de uma EPAR em um condomínio residencial em fase de projeto localizado na cidade de São Paulo com vistas à economia financeira, economia de água potável e contribuição à obtenção de certificações ambientais de sustentabilidade.

Este estudo de caso visa apresentar, de forma resumida, as principais características do referido projeto executivo, como demanda de água não potável do empreendimento, balanço hídrico do empreendimento e vazão de projeto da EPAR, rota tecnológica de tratamento, principais processos e equipamentos, desenhos técnicos, modelo 3D, análise econômica (CAPEX, OPEX e período de retorno do investimento) e resumo do estudo de avaliação de riscos e impactos ambientais.

METODOLOGIA: CONCEPÇÃO E ROTA TECNOLÓGICA

Na Figura 1 é apresentado o fluxograma geral do sistema de reúso do empreendimento. Os efluentes provenientes de chuveiros e lavatórios de parte das unidades habitacionais são enviados à EPAR, onde passarão por tratamento adequado para enquadramento nos parâmetros de qualidade de água para reúso, são recalcados a um reservatório superior de água não potável, e, deste, são distribuídos por gravidade para os usos não potáveis previstos, os quais são alimentação de bacias sanitárias, irrigação de jardins e lavagem de pisos. A EPAR estará localizada em uma área técnica reservada no 4º subsolo do empreendimento.

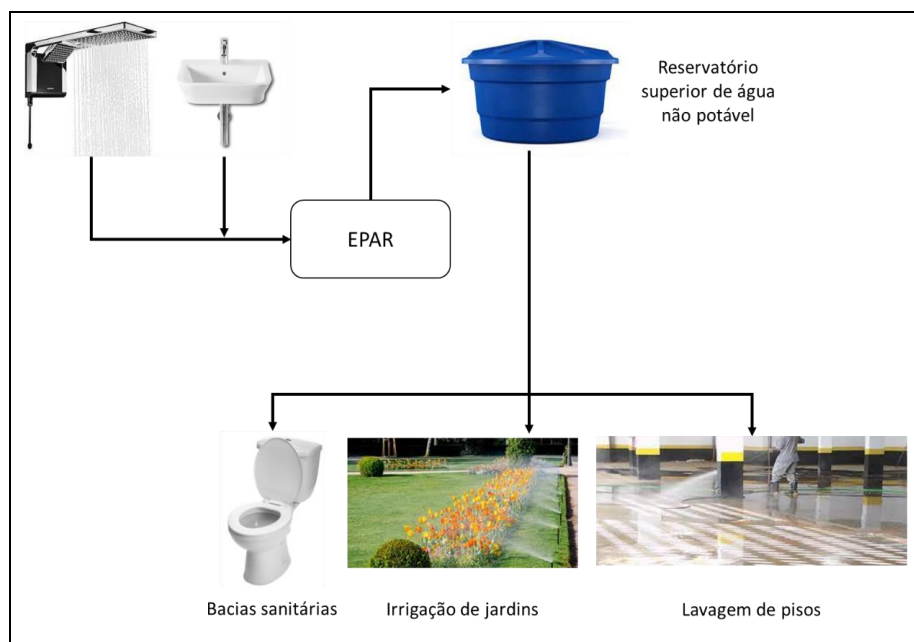


Figura 1: Fluxograma geral do sistema de reúso do empreendimento.
Fonte: autoria própria.

Na Figura 2 é apresentado o fluxograma simplificado da EPAR com a finalidade de apresentar a rota tecnológica de tratamento adotada. Neste projeto foi escolhida a tecnologia de lodos ativados com aeração prolongada, pelos seguintes motivos:

- Estabilização da matéria orgânica e oxidação de amônia a nitrato;
- Sistema aeróbio de tratamento, logo não produz metano (potencialmente inflamável e poluente atmosférico) e gás sulfídrico (responsável pelo mau odor em sistemas anaeróbios de tratamento de efluentes);
- Dispensa decantador primário, economizando espaço e diminuindo a complexidade operacional;
- Menor produção de lodo excedente comparado a lodos ativados convencional;
- Lodo excedente para descarte já estabilizado, logo sua acumulação em um tanque por longos períodos não gera maus odores. Além disso, não há necessidade de digestores de lodo nem adição de produtos químicos para sua estabilização, tornando o gerenciamento da fase sólida menos oneroso e mais simples;
- Operação menos complexa e menores custos de implantação, operação e manutenção do que sistemas de tratamento com membranas.

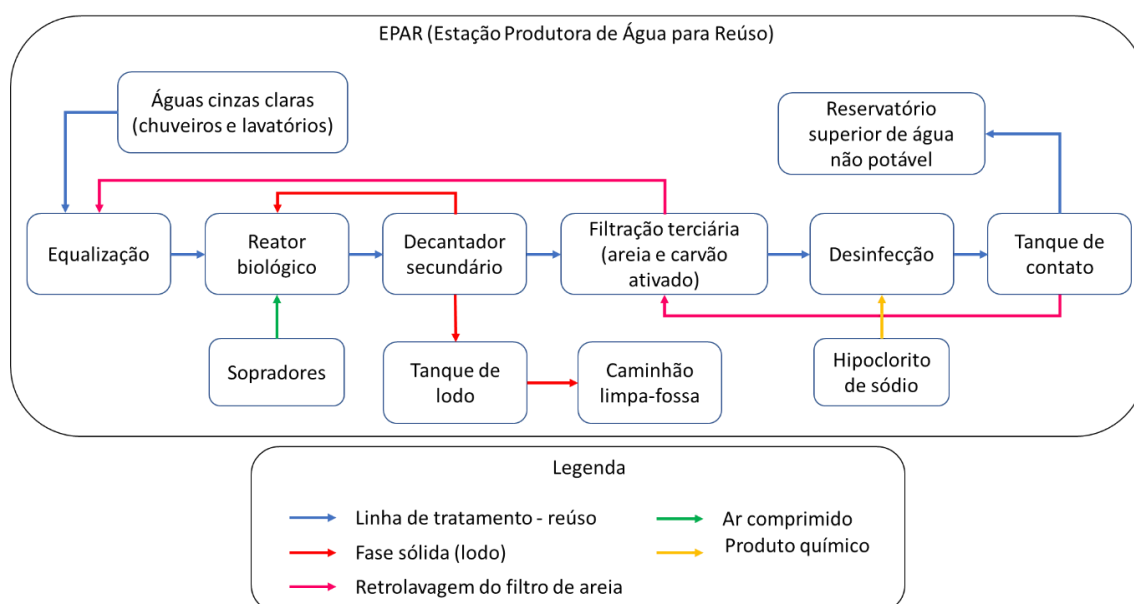


Figura 2: Fluxograma simplificado da rota tecnológica de tratamento da EPAR.

Fonte: autoria própria.

No processo de tratamento, a etapa de equalização tem como função equalizar a vazão afluente à EPAR, uma vez que a geração de águas cinzas claras não é constante ao longo do dia, possuindo picos e períodos sem geração. Isso permite que o reator biológico seja alimentado com vazão constante ao longo do dia, o que é fundamental para o sucesso de um tratamento biológico, pois abate picos de vazão e garante alimento para os microrganismos nos períodos em que não há geração de efluente, mantendo constante o metabolismo microbiano no reator.

No reator biológico ocorrerá a estabilização da matéria orgânica por microrganismos que se alimentarão desta e de nutrientes presentes no efluente bruto. Após o reator biológico, o efluente segue para o decantador secundário, no qual ocorrerá sua clarificação, isto é, separação das fases líquida e sólida. Por se tratar de um processo de lodos ativados, ocorre recirculação de lodo do decantador para o reator biológico. O lodo excedente para descarte, já estabilizado, é armazenado em um tanque de lodo, o qual é previsto para ser esvaziado uma vez por mês por caminhão limpa-fossa.

Após a decantação secundária, o efluente segue para a filtração terciária com filtro de areia e filtro de carvão ativado para polimento, e, após, adição de hipoclorito de sódio para realização da desinfecção. A desinfecção é realizada em um tanque de contato, o qual também serve como reservatório final de água cinza clara tratada.

Deste tanque realiza-se o recalque para o reservatório superior de água não potável, de onde a água é distribuída por gravidade para os usos não potáveis previstos.

METODOLOGIA: BALANÇO HÍDRICO

Neste item será apresentado o balanço hídrico entre geração de efluente para a EPAR (águas cinzas claras provenientes de chuveiros e lavatórios) e as demandas não potáveis previstas, as quais são alimentação de bacias sanitárias, irrigação de jardins e lavagem de pisos.

De acordo com as informações técnicas do empreendimento, a previsão de ocupação máxima é de 200 habitantes. Sendo assim, tem-se os dados de entrada para o balanço hídrico:

- 200 habitantes;
- Consumo médio de água de 200 litros por habitante por dia;
- Coeficiente de retorno de 0,9 (a geração de efluentes representa 90% do consumo de água).

Para determinação da geração de águas cinzas claras provenientes de chuveiros e lavatórios, utilizou-se a distribuição de consumo de água doméstico apresentado na Figura 3.

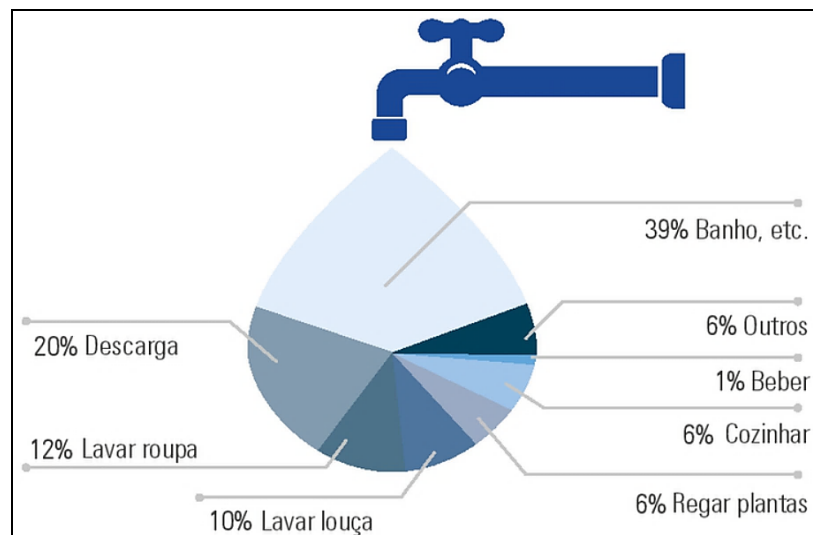


Figura 3: Distribuição média do consumo de água doméstico no Brasil.
Fonte: Marinho, 2020.

Portanto, foi considerado que dos 200 litros consumidos por habitante por dia, 39% (78 litros) são destinados a chuveiros e lavatórios dos banheiros. A Tabela 1 é apresenta o consumo residencial médio diário do empreendimento em questão considerando população de projeto de 200 habitantes.

Tabela 1: Consumo de água residencial médio no empreendimento.
Fonte: autoria própria.

Consumo residencial	%	L/hab dia	Habitantes	L/dia
Bacias sanitárias	20,0	40,0	200	8.000,0
Chuveiros e lavatórios	39,0	78,0	200	15.600,0
Lavagem de roupas	12,0	24,0	200	4.800,0
Lavagem de louças	10,0	20,0	200	4.000,0
Outros (beber, cozinhar, regas, etc.)	19,0	38,0	200	7.600,0

O consumo residencial de chuveiros e lavatórios diário é de 15,6 m³, logo são gerados 14,04 m³ de águas cinzas claras dessas fontes (90% do consumo). Adotando-se vazão de projeto da EPAR de 10,0 m³/dia tem-se

que a ocupação mínima do empreendimento para funcionamento da EPAR em sua capacidade máxima deve ser de 142 habitantes, o que representa 71,2% de sua ocupação máxima prevista.

As demandas não potáveis previstas para serem atendidas pela EPAR são bacias sanitárias, irrigação de jardins e lavagem de pisos. Na Tabela 2 é apresentado o cálculo da demanda de água não potável total do empreendimento considerando índice de consumo de 2,0 L/m² dia para irrigação e lavagem de pisos de acordo com Tomáz (2000).

Tabela 2: Cálculo da demanda de água não potável no empreendimento.
Fonte: autoria própria.

Demandas não potáveis	
Área de irrigação (m ²)	1.000,0
Área de lavagem de pisos (m ²)	3.000,0
Índice de consumo (L/m ² dia)	2,0
Frequência de irrigação (dia/semana)	3
Frequência de lavagem (dia/semana)	1
Irrigação (m ³ /mês)	24,0
Lavagem de pisos (m ³ /mês)	24,0
Bacias sanitárias (m ³ /mês)	240,0
Demanda não potável total (m³/mês)	288,0

O potencial de geração de água para reúso da EPAR é de 300,0 m³/mês (10,0 m³/dia multiplicado por 30 dias), porém há de se considerar perdas no processo devido à utilização de água cinza tratada para retrolavagem do filtro de areia, perdas com descarte de lodo excedente, coleta de amostras para análises, entre outras possíveis perdas. Considerou-se 5% de perdas, portanto estima-se que a EPAR produzirá 285,0 m³/mês de água para reúso, o que representa atendimento de 98,96% da demanda não potável do empreendimento. Esse dado será utilizado para o cálculo da economia de água, e financeira, obtida com a EPAR e, consequentemente, o período de retorno do investimento.

METODOLOGIA: PARÂMETROS DE QUALIDADE DOS EFLUENTES BRUTO E TRATADO

Para determinar a qualidade do efluente bruto, e determinar a eficiência mínima necessária da EPAR, foram utilizados dados secundários. Esses dados são oriundos de dissertações de mestrado e teses de doutorado, nas quais os autores analisaram parâmetros físicos, químicos e biológicos de efluentes residenciais segregados, incluindo chuveiros e lavatórios, em diferentes partes do Brasil. Nos casos em que foram apresentados dados separados para chuveiros e lavatórios, considerou-se os dados para chuveiros, uma vez que a vazão destes é muito maior que a de lavatórios. Os dados compilados são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3: Parâmetros de qualidade do efluente bruto (águas cinzas claras de chuveiros e lavatórios).
Fonte: Borges, 2003; Bazzarella, 2005; May, 2009 (adaptado).

Parâmetro	Unidade	Valores			Valor médio
		Borges (2003)	Bazzarella (2005)	May (2009)	
pH	-	7,20	7,30	6,40	7,00
Coliformes fecais	NMP/100 mL	4,00E+02	2,63E+04	4,50E+03	1,04E+04
Turbidez	uT	189	109	85	128
DBO	mg/L	286,00	165,00	181,00	210,70
DQO	mg/L	-	582,00	390,00	486,00
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	-	-	215,00	215,00
Sólidos suspensos totais	mg/L	-	103,00	88,00	95,50
Fósforo total	mg/L	6,24	0,20	-	3,20
Amônia	mg/L	-	0,80	-	0,80
NTK	mg/L	-	3,40	-	3,40
Nitrogênio total	mg/L	-	3,90	-	3,90

Comparando os valores médios do efluente bruto com os requisitos da NBR 16.783/2019, pode-se determinar as eficiências de remoção mínimas para os parâmetros abrangidos pela norma, como apresentado na Tabela 4.

Tabela 4: Eficiência de remoção necessária da EPAR para atendimento aos parâmetros de qualidade para reúso.
Fonte: autoria própria.

Parâmetros de qualidade requeridos para reúso (NBR 16.783/2019)			Valores médios do efluente bruto	Eficiência de remoção necessária (%)
Parâmetro	Unidade	Limites		
pH	-	6,0 a 9,0	7,0	Atendido
Coliformes fecais (termotolerantes)	NMP/100 mL	2,00E+02	1,04E+04	98,1
Turbidez	uT	5	128	96,1
DBO	mg/L	20,0	210,7	90,5
Cloro residual livre	mg/L	5,0	-	-
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	2.000,0	215,0	Atendido

Como exposto na Tabela 4, a EPAR deverá apresentar elevadas eficiências de remoção de DBO, coliformes fecais e turbidez. A rota tecnológica deverá atender às eficiências de remoção necessárias, com elevada eficiência de remoção de matéria orgânica, filtração terciária em areia e carvão ativado para atender ao

parâmetro de turbidez e desinfecção com hipoclorito de sódio para garantir o atendimento ao requisito do parâmetro de coliformes fecais e manutenção de cloro residual livre de no mínimo 0,5 mg/L.

METODOLOGIA: ELABORAÇÃO DE ANÁLISE FINANCEIRA DA EPAR

A análise financeira da EPAR foi composta de avaliação dos custos de implantação (CAPEX), custos operacionais (OPEX) e período de retorno do investimento (*payback*).

Para a avaliação do CAPEX foram levantados os preços e quantidades de todos os equipamentos (bombas, sopradores, etc.), materiais (tanques, tubulações, conexões, etc.) e mão de obra utilizando-se informações disponíveis nos *sites* dos fornecedores e fabricantes. Quando tais informações não foram encontradas na *internet*, foi realizado contato telefônico ou por e-mail com os fornecedores e fabricantes para solicitar orçamentos.

O OPEX da EPAR foi avaliado considerando os custos de energia elétrica, produtos químicos, manutenção, reposição de peças e equipamentos, análises laboratoriais da qualidade da água cinza tratada e remoção mensal de lodo excedente por caminhão limpa-fossa.

Para determinar o *payback* do investimento da EPAR foi utilizada a tarifa de conta de água da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) na categoria residencial normal, apresentada na Tabela 5.

Tabela 5: Tarifa de água da SABESP para categoria residencial normal.
Fonte: SABESP, 2020.

Classe de consumo (m ³ /mês)	Tarifa de água	Tarifa de esgoto
Até 10	R\$ 29,00/mês	R\$ 29,00/mês
11 a 20	R\$ 4,54/m ³	R\$ 4,54/m ³
21 a 50	R\$ 11,33/m ³	R\$ 11,33/m ³
Acima de 50	R\$ 12,48/m ³	R\$ 12,48/m ³

Com base na economia de água potável mensal promovida pelo reúso o *payback* foi calculado subtraindo-se o valor da conta de água com reúso do valor da conta de água sem reúso, resultando em uma economia mensal. Em seguida, dividiu-se o CAPEX da EPAR pela economia mensal, resultando no *payback* (em meses ou anos).

METODOLOGIA: ELABORAÇÃO DA AVALIAÇÃO DE IMPACTOS E RISCOS AMBIENTAIS DA EPAR

A avaliação de impactos ambientais da EPAR foi realizada por nível de processo. Então, os aspectos e impactos ambientais foram avaliados separadamente para os níveis de processo preliminar/primário, secundário, terciário e outros. Os critérios para classificação dos impactos identificados foram de severidade e abrangência, como mostrado na Tabela 6.

Tabela 6: Critérios de severidade e abrangência utilizados para classificação dos impactos ambientais da EPAR.

Fonte: autoria própria.

Severidade	Grau de significância	Descrição
1	Baixo	Prejuízos desprezíveis à saúde humana que não necessitam de atendimento médico e prejuízos desprezíveis à qualidade do meio ambiente não necessitando de medidas corretivas urgentes.
2	Moderado	Prejuízos à saúde humana que necessitam de atendimento ambulatorial e prejuízos à qualidade do meio ambiente necessitando de medidas corretivas de baixo custo com técnicas convencionais.
3	Alto	Prejuízos à saúde humana que necessitam de atendimento hospitalar e prejuízos à qualidade do meio ambiente necessitando de medidas corretivas de alto custo com técnicas avançadas.
Abrangência	Grau de significância	Descrição
1	Baixo	A abrangência do impacto se limita à área técnica da EPAR.
2	Moderado	A abrangência do impacto extrapola a área técnica da EPAR, mas se limita ao 4º subsolo do empreendimento.
3	Alto	A abrangência do impacto extrapola a área do 4º subsolo do empreendimento.

A interação (produto) severidade-abrangência determina o grau de significância do impacto avaliado, como mostrado na Tabela 7.

Tabela 7: Interação severidade-abrangência para determinação do grau de significância dos impactos ambientais da EPAR.

Fonte: autoria própria.

Severidade x abrangência	Grau de significância	Descrição
De 1 a 3	Pouco significativo	O impacto é pouco significativo, de fácil e pouco onerosa correção e/ou prevenção e não é prioritário.
De 4 a 6	Significativo	O impacto é significativo, cuja correção e/ou prevenção se dá por técnicas convencionais e possui maior prioridade do que os impactos pouco significativos.
9	Muito significativo	O impacto é muito significativo, cuja correção e/ou prevenção podem necessitar de técnicas avançadas e muito onerosas e deve ser tratado com maior prioridade.

Vale ressaltar que nem todos os impactos ambientais identificados ocorrerão necessariamente, mas optou-se por abrangê-los na avaliação de impactos por apresentarem risco de ocorrência e, conseqüentemente, riscos

ambientais. Após a classificação dos impactos foram propostas medidas de mitigação dos impactos considerados moderadamente significativos e muito significativos.

RESULTADOS OBTIDOS: DIMENSIONAMENTO

A Tabela 8 apresenta um resumo dos principais resultados do dimensionamento dos processos e equipamentos da EPAR, os quais foram baseados em Richter (2009), Von Sperling (2014), Von Sperling (2016), Metcalf & Eddy (2016), Azevedo Netto e Fernández (2018), NBR 9.649/1986, NBR 12.216/1992, NBR 12.209/2011, NBR 16.783/2019, entre outras referências técnicas especializadas.

Tabela 8: Resumo dos principais resultados do dimensionamento dos processos e equipamentos da EPAR.

Fonte: autoria própria.

Nível de tratamento	Processo/equipamento	Características e resultados
-	Vazão de projeto	Q média diária: 10,0 m ³ /dia Q horária média: 0,42 m ³ /h Q horária máxima: 1,05 m ³ /h
Preliminar	Equalização	2 tanques com volume útil de 2,5 m ³ cada, interligados em esquema de vasos comunicantes
	Recalque de efluente bruto equalizado	Bomba Mark Grundfos NXDP0, potência 0,25 cv
Secundário	Reator biológico	Reator de mistura completa com volume útil de 4,5 m ³ e relação A/M de 0,13 gDBO/gSSV dia
	Sistema de aeração	Soprador Asten CRC-4 220 26 TD com potência de 0,84 cv e 12 discos difusores de bolhas grossas
	Decantador secundário	Decantador convencional, taxa de aplicação hidráulica de 16,0 m ³ /m ² dia e tempo de detenção hidráulica de 2,6 horas
	Recirculação de lodo ativado	Bomba Mark Grundfos NXDP0, potência 0,25 cv
Terciário	Recalque para tratamento terciário	Bomba Mark Grundfos NXDP3, potência 0,75 cv
	Filtro de areia	Taxa de filtração de 5,8 m ³ /m ² h, diâmetro de 470 mm, taxa de retrolavagem de 25,0 m ³ /m ² h e tempo de lavagem de 10 min.
	Filtro de carvão ativado	Carcaça de polipropileno <i>Big Blue</i> 20" x 4 ½" e elemento filtrante plissado de carvão ativado
	Desinfecção	Dosagem de 5,0 mg/L de cloro com hipoclorito de sódio 12% e bomba dosadora Exatta EX00504
	Retrolavagem do filtro de areia	Bomba Mark Grundfos NXDP3, potência 0,75 cv

RESULTADOS OBTIDOS: DESENHOS TÉCNICOS E MODELO 3D

Na Figura 4 é apresentado o desenho técnico em planta do projeto da EPAR, e na Figura 5 o desenho técnico contendo detalhamento do reator biológico e decantador secundário. A Figura 6 apresenta vistas isométricas do modelo 3D do projeto da EPAR.

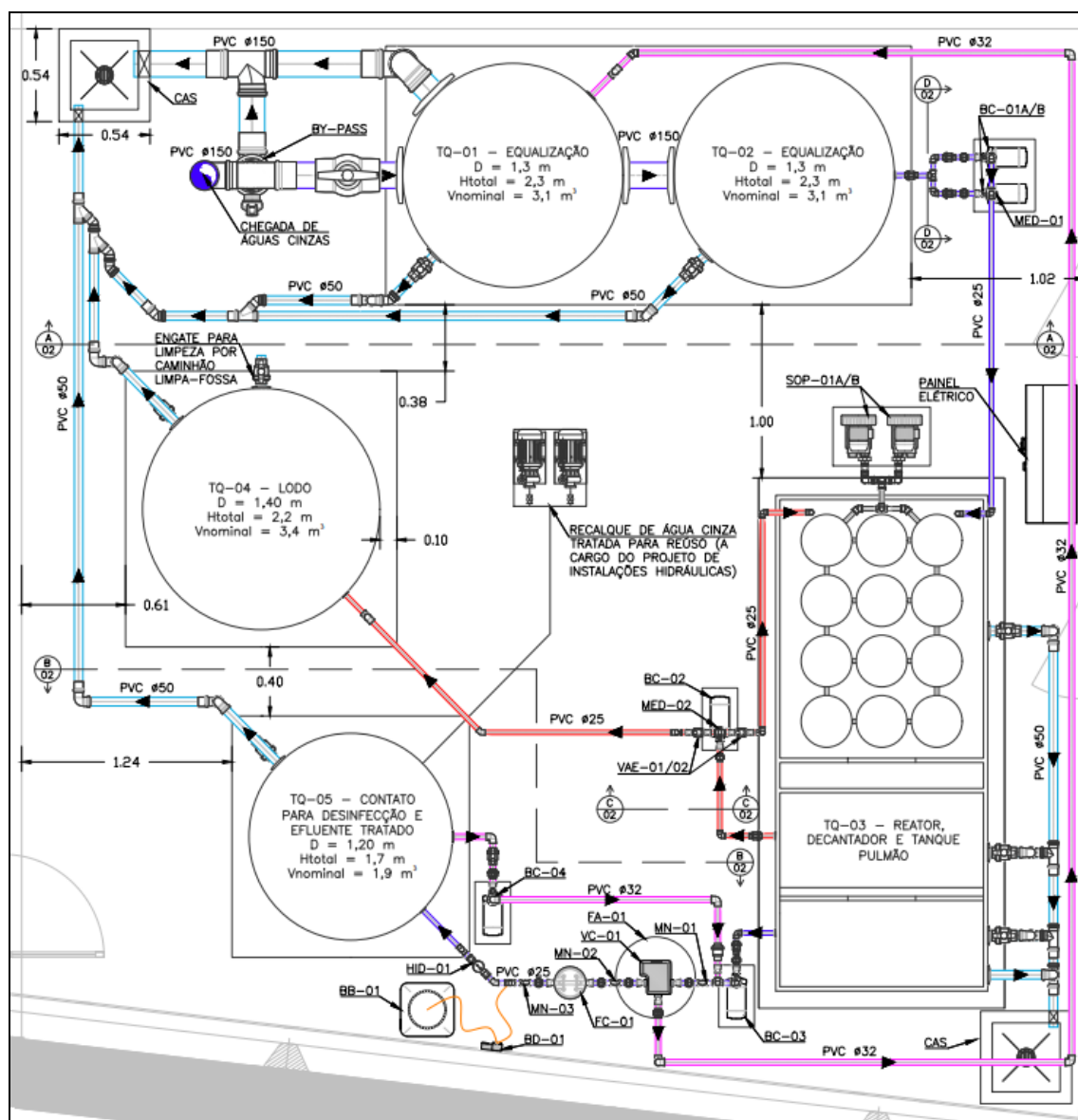


Figura 4: Desenho técnico em planta da EPAR.

Fonte: autoria própria.

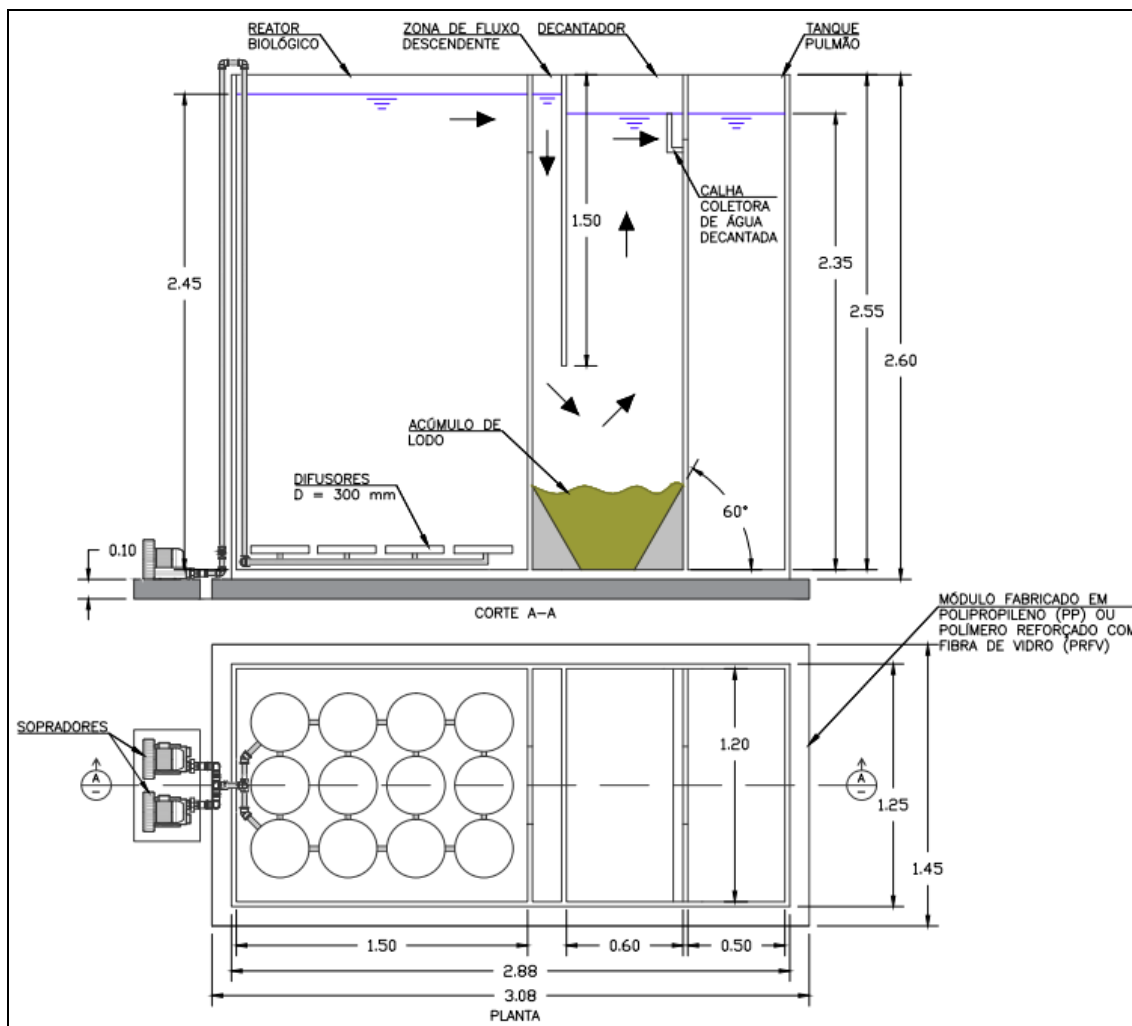


Figura 5: Desenho técnico do detalhamento do reator biológico e do decantador secundário.
Fonte: autoria própria.

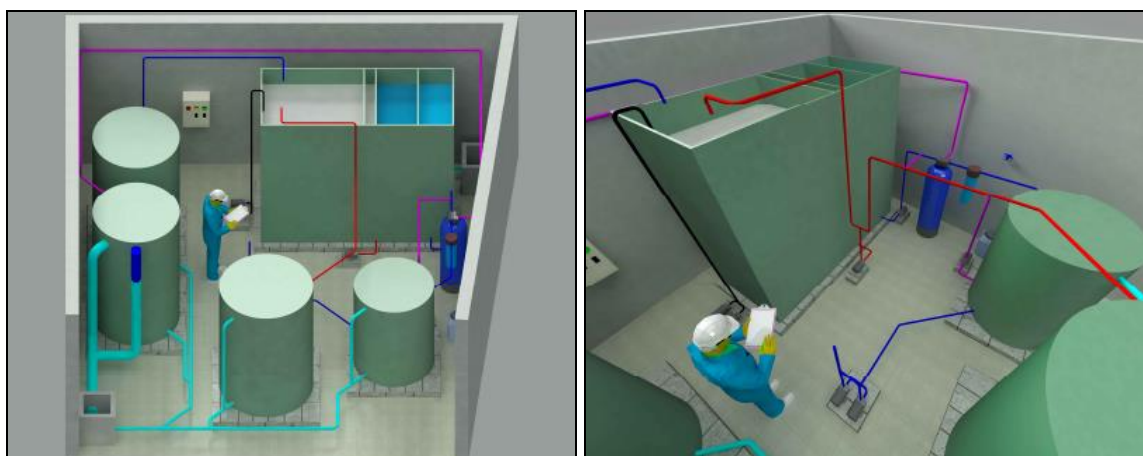


Figura 6: Vistas isométricas do modelo 3D da EPAR.
Fonte: autoria própria.

RESULTADOS OBTIDOS: ANÁLISE ECONÔMICA E FINANCEIRA (CAPEX, OPEX E PERÍODO DE RETORNO DO INVESTIMENTO)

A análise econômica do projeto da EPAR consistiu de levantamento de custos de implantação (CAPEX), custos de operação (OPEX) e período de retorno do investimento. Na Tabela 9 é apresentado um resumo do levantamento de CAPEX e OPEX da EPAR.

Tabela 9: Resumo do levantamento de CAPEX e OPEX da EPAR.

Fonte: autoria própria.

Subtotal de equipamentos e materiais	R\$ 94.954,27
Frete (10% de equipamentos e materiais)	R\$ 9.495,43
Montagem e instalação (15% de equipamentos e materiais)	R\$ 14.243,14
Projeto de elétrica/automação	R\$ 5.000,00
Projeto hidráulico executivo	R\$ 8.000,00
CAPEX total	R\$ 131.692,84
Energia elétrica	R\$ 741,63
Análises laboratoriais (Turbidez, pH, Coliformes fecais, Sólidos suspensos, Sólidos dissolvidos, DBO e Cloro residual livre)	R\$ 300,00
Manutenção (0,5% de equipamentos e materiais por mês)	R\$ 474,77
Troca da carga do filtro de carvão ativado	R\$ 80,00
Remoção de lodo por caminhão limpa-fossa	R\$ 800,00
Hipoclorito de sódio	R\$ 175,00
Supervisão (1 vez por semana)	R\$ 1.200,00
OPEX mensal	R\$ 3.771,40

Para o cálculo do período de retorno do investimento foi considerada a tarifa de água e esgoto da SABESP na categoria residencial normal. Na Tabela 10 é apresentado um resumo da análise do período de retorno do investimento da EPAR.

Tabela 10: Resumo da análise do período de retorno do investimento da EPAR.

Fonte: autoria própria.

Oferta para reúso (m³/mês)	285,0
Demanda não potável (m³/mês)	288,0
Conta de água para demandas não potáveis (R\$/mês)	R\$ 6.769,08
Demanda não potável atendida por reúso (%)	98,96
Conta de água para demandas não potáveis com reúso (R\$/mês)	R\$ 70,51
OPEX da EPAR (R\$/mês)	R\$ 3.771,40
Economia mensal (R\$/mês)	R\$ 2.927,17
CAPEX da EPAR (R\$)	R\$ 131.692,84
Payback (meses)	45,0
Payback (anos)	3,7

O período de retorno do investimento estimado da EPAR é de aproximadamente 3,7 anos, o que, apesar de seu elevado CAPEX, é interessante do ponto de vista econômico, mostrando-se um investimento viável a curto/médio prazo.

RESULTADOS OBTIDOS: ESTUDO DE AVALIAÇÃO DE RISCOS E IMPACTOS AMBIENTAIS

A avaliação de impactos e riscos ambientais da EPAR foi conduzida considerando os processos por níveis de tratamento (preliminar/primário, secundário, terciário e outros). O critério para a classificação dos impactos e riscos em pouco, moderadamente ou muito significativos foi a interação entre a severidade e a abrangência destes. Na Tabela 11 são apresentados os riscos e impactos moderadamente ou muito significativos identificados na avaliação de impactos e riscos ambientais e as medidas mitigadoras sugeridas.

Tabela 11: Resumo do estudo de avaliação de impactos e riscos ambientais da EPAR.

Fonte: autoria própria.

Impacto	Grau de significância	Medidas para diminuição do risco de ocorrência ou atenuação do impacto
Poluição sonora	Moderadamente significativo	Instalação de proteções acústicas em bombas e sopradores e utilização de equipamentos de proteção quando da presença de pessoal técnico na área da EPAR.
Possibilidade de vazamento de lodo secundário biológico (estabilizado)	Moderadamente significativo	Área técnica da EPAR construída com piso impermeável com declividade (não superior a 0,5%) em direção a uma grelha conectada à rede de esgoto da edificação.
Possibilidade de vazamento de águas cinzas	Moderadamente significativo	Instalação de <i>by-pass</i> na tubulação de chegada de águas cinzas à EPAR conectada à rede de esgoto da edificação para realização de manobras durante eventuais manutenções e emergências.
Possibilidade de contaminação do solo, das águas subterrâneas e prejuízos à saúde humana (hipoclorito de sódio)	Muito significativo	Instalação de equipamento de contenção de vazamentos sob a bombona de armazenamento de hipoclorito de sódio e instalação de lavador de olhos próximo ao local em que se encontra a bombona.

CONCLUSÃO

Pode-se afirmar que o estudo de caso de projeto executivo apresentado neste trabalho, o qual foi elaborado de acordo com as diretrizes da Resolução n.º 361/1991 do CONFEA, atenderá aos requisitos de qualidade de água para reúso não potável em edificações da NBR 16.783/2019, proporcionará economia de água potável e financeira, e contribuirá para a obtenção de certificações ambientais de construções sustentáveis, valorizando assim o empreendimento e contribuindo para o desenvolvimento sustentável e para a segurança hídrica no meio urbano.

Os dimensionamentos baseados em normas técnicas e literaturas especializadas, os desenhos técnicos elaborados, bem como as análises de custos e de impactos ambientais proporcionarão uma implementação do projeto de forma adequada e segura. Com um período de retorno de investimento de 3,7 anos, além dos benefícios ambientais e das certificações, é um investimento financeiramente viável e atraente para o empreendedor e seus investidores.

Por fim, apesar de o reúso não potável no meio urbano não ser uma novidade, este trabalho contribui para a disseminação desta prática que vem crescendo ao longo dos anos, e nos próximos será tão comum quanto o abastecimento de água potável, seja por seus benefícios financeiros e ambientais, seja por necessidade causada pela escassez de recursos hídricos.

REFERÊNCIAS

1. ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). NBR 12.209/2011: elaboração de projetos hidráulico-sanitários de estações de tratamento de esgotos sanitários. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.
2. ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). NBR 16.783/2019: uso de fontes alternativas de água não potável em edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.
3. ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). NBR 12.216/1992: projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.
4. ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). NBR 9.649/1986: projeto de redes coletoras de esgoto sanitário. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.
5. AZEVEDO NETTO, J. M.; FERNÁNDEZ, M. F. Manual de hidráulica. 9ª ed. São Paulo: Blucher, 2018.
6. BAZZARELLA, B. B. Caracterização e aproveitamento de água cinza para uso não-potável em edificações. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.
7. BORGES, L. Z. Caracterização da água cinza para promoção da sustentabilidade dos recursos hídricos. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.
8. CONFEA (Conselho Federal de Engenharia e Agronomia). Resolução n. 361 de 10 de novembro de 1991. CONFEA, 1991.
9. FLORENCIO, L.; BASTOS, R. K. X.; AISSE, M. M. Tratamento e utilização de esgotos sanitários. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES)/Projeto PROSAB, 2006.
10. MARINHO, M. A. Gestão de recursos hídricos e energéticos. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2020.
11. MAY, S. Caracterização, tratamento e reúso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.
12. METCALF & EDDY. Tratamento de efluentes e recuperação de recursos. 5ª ed. Porto Alegre: AMGH, 2016.
13. RICHTER, C. A. Água: métodos e tecnologia de tratamento. São Paulo: Blucher, 2009.
14. SABESP. Tarifas para os serviços de abastecimento de água e/ou coleta de esgoto, para o município de São Paulo, a partir de 15 de Agosto de 2020. Acesso em: 21/04/2021. Disponível em: <https://www9.sabesp.com.br/agenciavirtual/pages/template/siteexterno.iface?idFuncao=13>
15. TOMÁZ, P. Previsão de consumo de água. São Paulo: Navegar, 2000.
16. VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 4ª ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014.
17. VON SPERLING, M. Lodos ativados. 4ª ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2016.