

O potencial econômico da combinação entre sistemas domésticos de reutilização de água potável em um Condomínio Residencial de São José dos Campos - SP

The economic potential of the combination of domestic reuse systems in a Residential Condominium in São José dos Campos - SP

Tiago Rodrigues da Silva (1)

Conrad Elber Pinheiro (2)

(1) Graduando em Engenharia Civil, Universidade Anhembi Morumbi, silva.tjc@gmail.com(2) Professor Mestre, Universidade Anhembi Morumbi, conrad.yy@gmail.com**Resumo**

Mesmo sendo o recurso natural mais importante do planeta Terra, o uso consciente da água tem sido negligenciado desde os tempos mais remotos; tendo sido intensificado, principalmente, a partir da Revolução Industrial. Este estudo de caso propõe uma solução prática de uso consciente de água num condomínio residencial, que alinhada a um reuso inteligente que podem trazer resultados promissórios, tanto ambientais quanto financeiros.

Palavras-Chave: Água cinza, Reuso de água, Estação de Tratamento de Efluente

Abstract

Even though it is the most important natural resource on planet Earth, the conscious use of water has been neglected since ancient times; having been intensified, mainly, since the Industrial Revolution. This case study proposes a practical solution for the conscious use of water in a residential condominium, which, aligned with intelligent reuse, can bring promising results, both environmental and financial.

Keywords: Greywater, Water Reuse, Effluent Treatment Plant

Introdução

O maior desafio da gestão de recursos hídricos é o equilíbrio entre a necessidade dos usuários e a disponibilidade de água, o que tem se agravado gradualmente ao longo dos anos, conforme a demanda de consumo tem aumentado (RODRIGUES, 2005). O reuso de água, além de ser um instrumento de redução do consumo, age também como um recurso complementar, possibilitando que águas de melhor qualidade sejam utilizadas exclusivamente para fins mais nobres. Além dos benefícios financeiros, também é possível apontar benefícios sociais, como a redução do descarte de efluentes nos rios e mananciais, o que aumenta a carência de água de boa qualidade para o abastecimento público (MORELLI, 2005 *apud* SABESP, 2022).

A importância do reuso consciente torna-se ainda mais relevante quando aliado à outras ações como: uso racional, controle de perdas, redução de resíduos descartados. Levando-se em conta que países ricos tratam cerca de 70% de suas águas residuais, países como o Brasil tratam apenas 8% (FONSECA, SILVA e FONSECA, 2019), e “diante deste problema, se não houver nenhuma alteração no padrão de consumo, dois terços da população do planeta em 2025 - 5,5 bilhões de pessoas - poderão não ter acesso à água limpa” (FONSECA, SILVA e FONSECA, 2019 *apud* ONU BR, 2016).

A escassez de água e a desproporção de longo prazo entre a disponibilidade de água natural e a demanda de consumo são sérios desafios socioambientais para o desenvolvimento sustentável de nossa sociedade; podendo ser intensificada no médio prazo devido à rápida urbanização e industrialização dos grandes centros e às mudanças climáticas (KUMMU *et al.*, 2010; MACEDONIO *et al.*, 2012). Os Recursos Hídricos não-Convencionais (RHNCs) podem ser uma fonte alternativa de água e, assim, superar a escassez de água; e sua utilização está crescendo cada vez mais como uma oportunidade emergente para resolver as limitações dos recursos hídricos, especialmente em áreas áridas e semiáridas (GOSLING & ARNELL, 2016; YAZDANDOOST *et al.*, 2021).

De acordo com Odendaal (2009), podem ser classificadas como RHNCs aquelas fontes de água que não têm sido tradicionalmente utilizadas para atender as demandas hídricas existentes. São fontes de água suplementar que requerem processos especializados, como dessalinização, coleta de água da chuva, reboque de icebergs e reuso de água cinza. Normalmente, não são acessíveis aos consumidores por meios convencionais como águas superficiais ou subterrâneas (INDELICATO *et al.*, 1993; HADDAD & MIZYED, 2004; PEREIRA *et al.*, 2009).

As definições de RHNCs em geral e individualmente sofreram mudanças significativas ao longo do tempo. Brewster e Buross (1985) as definiram como não sendo produtoras de água nova, mas apenas o tratamento de fontes de água que antes eram consideradas inutilizáveis ou indisponíveis, como: águas salinas, águas residuais, recursos hídricos inacessíveis e coleta de água da chuva. Na década de 1990, RHNCs foram definidos como recursos hídricos com características específicas, como alto teor de matéria orgânica e micro-organismos, ou alta concentração salina, necessitando de tratamento ou processos similares antes do uso (INDELICATO *et al.*, 1993). No início dos anos 2000, a captação de água da chuva foi adicionada à lista de RHNCs (JABER & MOHSEN, 2001). Buchholz (2008) documentou RHNCs como água salina, água salobra, água de drenagem agrícola, águas residuais e água obtida por captura de neblina e coleta de água da chuva. Na literatura recente, RHNCs têm sido considerados como quaisquer recursos hídricos que não sejam de água doce e que precisam de novas tecnologias para torná-los utilizáveis como fontes de água complementares (AHMED, 2010; NEGM *et al.*, 2018; JI *et al.*, 2020).

A literatura atual indica que RHNCs são estudados independentemente uns dos outros, e estudos abrangentes e coletivos são raros, e que aplicações de RHNCs e seus impactos na escassez de água e abastecimento de água são muitas vezes realizados em um nível de estudo de caso em vez de globalmente. Faltam, portanto, artigos abrangentes e que reúnam o conhecimento coletivo para entender melhor a distribuição de RHNCs globalmente e seu potencial para fechar a lacuna de oferta e demanda de água.

O consumo consciente de água no Brasil ainda não é uma realidade. Quanto maior a escassez (como em regiões do semiárido e/ou sertão nordestino), maiores são os esforços para uma gestão consciente e proativa do consumo de água; enquanto em regiões com maior abundância, seu uso consciente é quase que um luxo. Alguns fatores podem explicar a falta do comprometimento do brasileiro comum com o uso consciente da água; alguns, verdadeiros, outros, porém, falaciosos, como a crença de que a água é um recurso infinito. Verdadeiramente, o volume total de água no Planeta Terra é imutável, entretanto, a verdadeira preocupação vem do volume potável, aquele apto para o consumo, que vem reduzindo drasticamente ao longo dos últimos anos.

Verdadeiro, porém maléfico - pois tem trabalhado contra o estímulo do consumo consciente, está o aparente descaso das lideranças políticas quanto ao tema; pouco foi e tem sido legislado a respeito do tema no Brasil. O que existe, geralmente é local e desarticulado, como algumas sugestões de regulamentação técnica por parte de institutos de pesquisa, incentivos fiscais e regulações por parte de algumas prefeituras e estados.

Outro fator importante é a viabilidade financeira decorrente da implementação de sistemas de reuso e reaproveitamento de água (que podem ser tanto oriundas das águas cinzas como das águas da chuva). Quase sempre, o retorno financeiro deste tipo de investimento não se dá no curto prazo, o que desestimula sua implantação, tanto pelos altos valores dos equipamentos, quanto pela escassez de empresas especializadas. Buscando desafiar novos interessados, este artigo compara os custos de implementação, o potencial econômico e o *payback* de dois sistemas de reuso e aproveitamento hídrico utilizados separadamente e/ou combinados, tomando como referência o Condomínio Edifício Sambaíba, um prédio residencial com 19 andares e 76 unidades autônomas situado em São José dos Campos – SP.

O presente artigo tem por objetivo analisar o potencial financeiro do reuso de águas residenciais após tratamento e seu respectivo *payback* em decorrência do investimento inicial de instalação dos sistemas. Levantar todos os custos envolvidos na implantação de tratamentos de efluentes resultantes de águas residuais domésticas em um condomínio residencial. Comparar a diferença financeira entre

os diferentes tipos de tratamento assim como o reaproveitamento de águas. Investigar meios de redução do desperdício de água, tais como a campanhas de conscientização e o uso de aparelhos hidráulicos mais econômicos.

Revisão Bibliográfica

Segundo Silva e Santos (2018 *apud* HESPAÑHOL *et al.*, 2003; TOMAZ, 2005), apenas 0,007% de todos os 1,35 milhões de km³ de água existente no planeta Terra é potável, estando localizada nos rios, lagos e na atmosfera. “E, apesar de ser um recurso renovável, sua má utilização por parte da população, está ocasionando a escassez e a falta de água em algumas cidades” (SILVA; SANTOS, 2018, p. 147 *apud* RAPOPORT, 2004), principalmente porque a “distribuição da população acontece de maneira desproporcional, no entorno dos grandes centros urbanos [...], que, em sua maioria, não possuem efluentes capazes de se renovarem a contento” (OLIVEIRA; ALVES, 2020 *apud* SANT’ANA; BOERGER; MONTEIRO, 2019; MONTES, 2019). E é pensando nesta escassez que se faz cada vez mais necessárias propostas de uso consciente da água.

Segundo Oliveira e Alves (2020), no Brasil, os primeiros estudos sobre reuso de água foram realizados pela Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES), em 1992” (FONSECA, SILVA e FONSECA, 2019), seguido pela Política Nacional de Recursos Hídricos em 1997 em forma da Lei 9.433 (BRASIL, 1997), o que influenciou, posteriormente, a criação de Leis municipais, como a Lei 10.785 (CURITIBA (PR), 2003) e Lei 6.345 (MARINGÁ (PR), 2003), que regulamentaram a reutilização de águas cinzas.

Segundo Martins *et al.*, (2021), as águas provenientes das atividades domésticas são genericamente denominadas “águas residuais” e podem ser divididas em dois grupos: água negra e cinza; onde a água negra é aquela oriunda do vaso sanitário, rico em microrganismos e matéria orgânica, e a cinza, oriunda do uso de lavatórios, chuveiros, pias de cozinha, máquinas de lavar roupa e tanques (MARTINS *et al.*, 2021 *apud* OTTOSON; STENSTRÖM, 2003). Silva e Santos (2018) apresentam uma divisão ainda maior da água residual, onde as águas cinzas podem ser divididas entre “cinza escura”, proveniente da pia da cozinha (rica em graxas, gorduras e detergentes) e “cinza clara”, proveniente de lavatórios e chuveiros; enquanto as águas negras seriam a soma das “águas marrons”, composta estritamente por fezes e as “águas amarelas”, onde fosse possível coletar apenas a urina (mictórios).

Tanto Martins *et al* (2021) quanto Oliveira e Alves (2020) citam que o principal fator determinante do tipo de tratamento das águas residuais depende da qualidade requerida após o tratamento e seus critérios, como por exemplo: odor residual, turbidez e coloração, devendo sempre que se atente aos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria do Ministério da Saúde 2.914/2011 (GON-

ÇALVES, 2006). A respeito dos processos utilizados no tratamento, Martins *et al* (2021, *apud* GIACCINI, 2010) afirma que não são diferentes dos promovidos por Estações de Tratamento de Esgoto de Concessionárias como SABESP e outras do tipo, mas apenas, que devem se atentar às exigências proporcionais à qualidade desejada para cada tipo de reuso. Quanto ao potencial econômico, o retorno financeiro de um investimento de uma estação de tratamento “depende da destinação ou da finalidade do prédio [e] conforme a necessidade de abastecimento” (SILVA; SANTOS, 2018 *apud* MACINTYRE, 2010).

Gonçalves, Keller e Franci (2019) apontam que a instalação de um sistema de reuso pode custar aproximadamente R\$ 35.000,00 reais, enquanto Fonseca, Silva e Fonseca estimaram cerca de R\$ 6.000,00 reais apenas de materiais; salientando que, a depender do tipo de instalação, Barbosa, Alves e Vasquez (2019) estimam que o *payback* pode variar entre três e dez anos. Uma alternativa mais barata, e mais simples é “o reaproveitamento de águas pluviais, realidade em diversos países como Alemanha, Estados Unidos da América e Japão, [que nada mais é do que] a coleta da água da chuva, seu armazenamento e tratamento para uso posterior (geralmente não potável)” (OLIVEIRA; ALVES, 2020).

Metodologia

Este artigo foi desenvolvido por meio de um estudo de caso sobre o custo geral de implantação de Sistemas de tratamento de águas residuais. Para realizar este estudo, em um primeiro momento, foram coletadas o máximo de informações sobre o tema proposto, para em seguida, ser realizada uma pesquisa de campo para montar o perfil desejado para o projeto. Com esse perfil, foi possível encontrar um local apropriado ao objeto de estudo: o Condomínio Edifício Sambaíba, um prédio residencial com 19 andares e 76 unidades autônomas situado em São José dos Campos – SP. Principalmente por possuir um alto volume do consumo de água, o condomínio ofereceu um excelente levantamento estimado de potencial hídrico de reuso. Posteriormente, as taxas de consumo de água e esgoto foram calculadas usando os dados da pesquisa de campo; para então serem considerados dois cenários:

- a) Cenário 1: Apenas reaproveitamento pluvial; e
- b) Cenário 2: Reaproveitamento pluvial somado à reutilização de água cinza tratada.

Com esses dados, foram criados orçamentos, com os quais foi possível comparar os valores das contas junto à concessionária, obtendo-se a comparação entre os dois cenários. Com os dados tarifários da SABESP e EDP¹, foram calculadas as variações nas contas de água e luz com a implantação do sistema de reuso estimando-se, assim, o tempo de retorno do investimento.

¹ EDP São Paulo (anteriormente conhecida como EDP Bandeirante ou Bandeirante Energia) é uma subsidiária da empresa portuguesa de distribuição de energia elétrica EDP Brasil que opera no estado do São Paulo e no Espírito Santo. Criada em 1998, a partir da cisão da Eletropaulo com o nome Empresa Bandeirante de Energia, pelo Governo do estado de São

Resultados e Discussões

Custos preliminares de implementação de uma Estação Biológica de Tratamento (EBT)

Para a estimativa dos dados de geração de água cinza e da previsão de água cinza tratada a ser utilizada, foi feito um levantamento médio do consumo mensal no período entre 2017 e 2021, obtendo-se a média de consumo de 1.792 m³/mês. Juntamente com a informação de que atualmente residem no condomínio 190 pessoas, totaliza-se um consumo individual de cerca de 314 litros/dia/pessoa. Segundo decreto de São Paulo (1996), o cálculo do volume de esgoto coletado será o mesmo volume de água tratada consumida - o que acarreta numa economia dobrada, já que ao reduzir o consumo de água tratada, paga-se, também, uma tarifa menor de esgoto. Para um melhor entendimento, segue-se a tabela atualmente vigente de tarifas da concessionária SABESP:

Tabela 1 - Tarifas dos serviços de fornecimento de água e/ou coleta de esgotos.

Classes de consumo m ³ /mês	Tarifas de água - R\$	Tarifas de esgoto - R\$
Residencial / Normal		
0 a 10	29,00 /mês	29,00 /mês
11 a 20	4,54 / m ³	4,54 / m ³
21 a 50	11,33 / m ³	11,33 / m ³
acima de 50	12,48 / m ³	12,48 / m ³

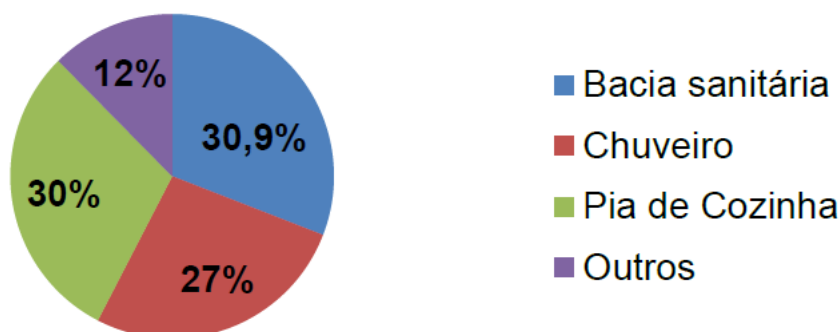
Fonte: SABESP – Comunicado 1/21 SABESP

Atualmente, não existe um sistema de medição individual de água, e por isto, a medição é feita utilizando-se o consumo total dividido pelas unidades autônomas, totalizando um consumo mensal de cada unidade autônoma em torno de 23,25 m³. Isto faz com que a tarifa paga pelo condomínio esteja na terceira classe (entre 21 e 50m³), girando em torno de R\$ 40.606,72. Buscando trazer propostas de economia, algumas estratégias têm sido estudadas, como o reuso de águas cinzas e o uso consciente por parte dos moradores, onde uma redução de apenas 10% faria com o condomínio mudasse para a faixa 2 (11 a 20m³/mês), acrescentando uma redução tarifária de aproximadamente 60%. Segundo Silva e Santos (2018 *apud* TSUTIYA, 2006), cerca de 27% de toda a água cinza gerada nas unidades autônomas são provenientes do chuveiro, que é considerada a melhor fonte para reuso; e por isto,

Paulo, como parte do Programa Estadual de Desestatização. Em 1999 foi privatizada e seus novos proprietários, um consórcio liderado pela EDP - Energias de Portugal, rebatizou a empresa, chamando-a de Bandeirante Energia apenas. A EDP fornece energia elétrica para habitantes de 28 municípios no Estado de São Paulo, nas regiões do Alto Tietê (exceto Arujá e Santa Isabel) e parte do Vale do Paraíba e Litoral Norte e a maior parte da área do Estado do Espírito Santo através da EDP Espírito Santo.

definiu-se que apenas esta fonte será utilizada para o tratamento, que retornará uma água tratada, mas não-potável, a ser utilizada nos vasos-sanitários e áreas comuns do prédio (garagem, pisos externos e jardins).

Gráfico 1 - Distribuição de consumo de água em residências.



Fonte: Silva e Santos (2018 *apud* TSUTIYA, 2006)

Num estudo preliminar, ficou evidenciado a existência de uma série de Estações de Tratamentos diferentes no mercado, com processos diferentes de tratamentos, separados, basicamente pelo tipo de efluente: enquanto o efluente doméstico é composto principalmente por água, sabão, restos de alimentos e fezes, o efluente industrial pode conter metais pesados, óleos, tintas, solventes e outras substâncias consideradas tóxicas e contaminantes. As ETEs são unidades operacionais que removem poluentes do esgoto, devolvendo o efluente tratado ao meio ambiente, ou até mesmo gerando água de reuso para fins não potáveis. Segue-se os principais tipos:

Estação de Tratamento de Efluentes Biológica (ETE-B)

São, em sua maioria, estações compactas para tratamento de efluentes sanitários, destinados principalmente ao tratamento de esgotos domésticos, e de forma geral, possuem três fases:

- a) concentração dos poluentes a serem eliminados,
- b) retirada dessa poluição por métodos diversos e,
- c) recuperação de um produto razoável, no caso, água limpa reutilizável e resíduos sólidos (lodo) aproveitáveis, por exemplo, que servirão de matéria-prima para outros processos.

Estação de Tratamento de Efluentes Físico-química (ETE-FQ)

São estações que se utilizam de processos físico-químicos de separação dos estados líquido e sólido através da dosagem de produtos químicos como coagulantes, floculantes, polímeros, e reguladores de pH com ajustes finos para a otimização dos processos. É indicada para diversos segmentos

industriais, como têxtil, químicos, tintas, cerâmica, postos de combustíveis e alimentícia. Pode apresentar diversos níveis de automação: desde dosagem de produtos até automação completa, como controle 24 horas da estação de maneira remota, relatórios de níveis nos reservatórios de produtos químicos e sistema de alertas via e-mail e SMS. O sistema de separação varia conforme as características do efluente, podendo-se utilizar flotação ou decantação.

Estação de Tratamento de Efluentes Mista (ETE-M)

São estações destinadas ao tratamento de efluentes industriais que contém altas cargas de poluentes químicos e/ou biológicos (como frigoríficos, indústria de pescados e cervejarias), ou empreendimentos que tem por objetivo o reuso de água, oferecendo uma combinação dos sistemas de tratamento, o que garante uma ótima qualidade ao efluente final. A escolha do método ideal de uma ETE dependerá de vários fatores, tais como:

- a) Nível de eficiência de tratamento desejado (depende do efluente inicial e a qualidade esperada para o efluente tratado);
- b) Intensidade da rotina operacional (controle diário, semanal, mensal);
- c) Consumo energético;
- d) Custo operacional;
- e) Sensibilidade a falhas operacionais;
- f) Confiabilidade do processo para atender suas demandas (desde legislativas até de reuso); e
- g) Impacto ambiental.

Escolha do Tratamento a ser executado

Após a análise de diversos orçamentos de empresas especializadas, ficou definido que a melhor opção seria a instalação de uma Estação de Tratamento Biológica Compacta, modelo BioTrat 63.000, fornecido pela empresa Águas Claras Engenharia (www.aguasclarasengenharia.com.br); empresa localizada em Tubarão - SC. Segundo a própria fabricante, segue descrição do equipamento:

O sistema de tratamento de esgoto proposto, BioTrat 63000 no modelo enterrado, é baseado em processo biológico de tratamento chamado lodo ativado com remoção de nutrientes (nitrogênio e fósforo). Este processo de tratamento tem como principais vantagens:

- Baixa requisição de área para implantação;
- Alta eficiência de tratamento;
- Facilidade de operação.

Os equipamentos são dimensionados e fabricados para atender a vazão fixada. Os reservatórios, tanques e decantadores são construídos em fibra de vidro (PRFV). Cumpre-nos destacar mais algumas vantagens []:

- Flexibilidade: Por ser fornecido de forma modular, podem ser incorporados novos equipamentos, a fim de aumentar ainda mais a capacidade de tratamento, ou mesmo ser realocados parcial ou totalmente para outros locais;
- Segurança: Os equipamentos construídos em fibra de vidro reforçados dão a certeza de uma completa estanqueidade e impermeabilização, sem risco de vazamentos e infiltrações no solo, evitando assim a formação de passivos ambientais;

- **Agilidade:** Os equipamentos saem de fábrica prontos para serem instalados, de forma fácil, rápida e econômica;
- **Estética:** São totalmente fechados e de formas agradáveis. Possuem eficiente controle de possíveis odores originados na ETE;
- **Eficiência:** O Sistema de difusão de ar, fornecido com o conjunto, confere ao sistema maior rendimento e aproveitamento na troca de oxigênio. O sistema de aeração por ar difuso tem alta durabilidade e, principalmente, não permite deposições, incrustações ou entupimentos, mesmo em severas condições de trabalho.
- **Durabilidade:** O desempenho do PRFV é muito superior aos outros materiais, pois é resistente a corrosão, além de aliar as propriedades mecânicas e a estabilidade dimensional do vidro, promovendo uma vida útil prolongada aos materiais.

O sistema consiste em tratamentos biológicos, por meio dos quais os efluentes sofrerão a degradação de cargas orgânicas, através de processos anaeróbios e aeróbios por lodos ativados, a fim de promover a remoção de nutrientes (nitrogênio e fósforo) e a desinfecção final. O efluente sanitário bruto será recolhido pela rede de esgoto e conduzido para o decantador primário, por gravidade ou caso não seja possível à entrada do efluente bruto por gravidade, poderá ser instalada uma estação elevatória. Nesse compartimento, além da decantação dos sólidos sedimentáveis, ocorre a pré-estabilização anaeróbia dos materiais orgânicos biodegradáveis com digestão e adensamento do lodo misto, composto pelos sólidos brutos que penetram no sistema e pelo lodo, proveniente do decantador secundário. O lodo em excesso deverá ser removido do sistema em períodos médios de 8 a 12 meses de operação, através dos serviços de hidrosucção (os chamados caminhões limpa-fossas). O efluente, após o decantador primário, deverá ser bombeado e entrar no compartimento anaeróbio, a vazão de entrada será controlada por meio de um sistema com calha Parshall. Nesse compartimento, o fósforo será absorvido pelo lodo e retirado do meio líquido, com o auxílio de micro-organismos armazenadores de fósforo.

Logo após, o líquido flui para o tanque anóxico. Em função da ausência de oxigênio e presença de nitratos, o metabolismo microbiológico provoca a oxidação da matéria carbonácea e redução do nitrato contido em solução, resultando na liberação de nitrogênio gasoso para a atmosfera. A desnitrificação, que ocorre nesse tanque, evita a flotação no decantador secundário, aumentando a eficiência do projeto. No compartimento aeróbio, o esgoto afluente e as bactérias fixadas nas formas de flocos de lodo ativado são intimamente misturados, agitados e aerados, com auxílio de difusores de microbolhas de ar, a fim de propiciar a floculação biológica no tanque de aeração e a separação dos flocos do meio líquido no decantador secundário.

No decantador secundário ocorre a separação do líquido clarificado e do lodo decantado. O lodo decantado é coletado e volta a recircular no sistema, para manter o lodo ativado e por segurança, para que não ocorra contaminação no efluente tratado. Parte desse lodo biológico deverá ser enviada para o decantador primário, esporadicamente, para digestão e adensamento, e posterior descarte. Para que o líquido que será enviado para o tanque de contato não carregue o lodo flotado, uma calha deverá trabalhar como barreira, acumulando o flotado impedindo sua passagem para o próximo tanque. O equipamento será programado para que três vezes ao dia, ocorra a retirada do flotado dessa calha, por bombeamento, enviando o líquido flotado para recircular no sistema. Esse processo é essencial principalmente logo após o startup da máquina, quando o processo ainda não está estabilizado e a flotação é maior. O líquido clarificado é encaminhado para o tanque de contato para desinfecção. Nesse tanque será dosada uma solução oxidante para redução da carga orgânica remanescente e eliminação de micro-organismos patogênicos. Após a desinfecção o efluente tratado será enviado ao destino final, com as propriedades rigorosamente dentro dos limites exigidos pela legislação vigente. A imagem a seguir mostra de modo resumido o fluxograma do processo de tratamento por lodo ativado na ETE.

Devido à sua capacidade de processamento, essa ETE-B poderia reduzir em até 30% de produção de água cinza do Condomínio, entretanto, como o consumo apontado Silva e Santos (2018 *apud* TSUTIYA, 2006) é da ordem de 27%, esta será a meta a ser alcançada na redução do consumo: 16m³/dia.

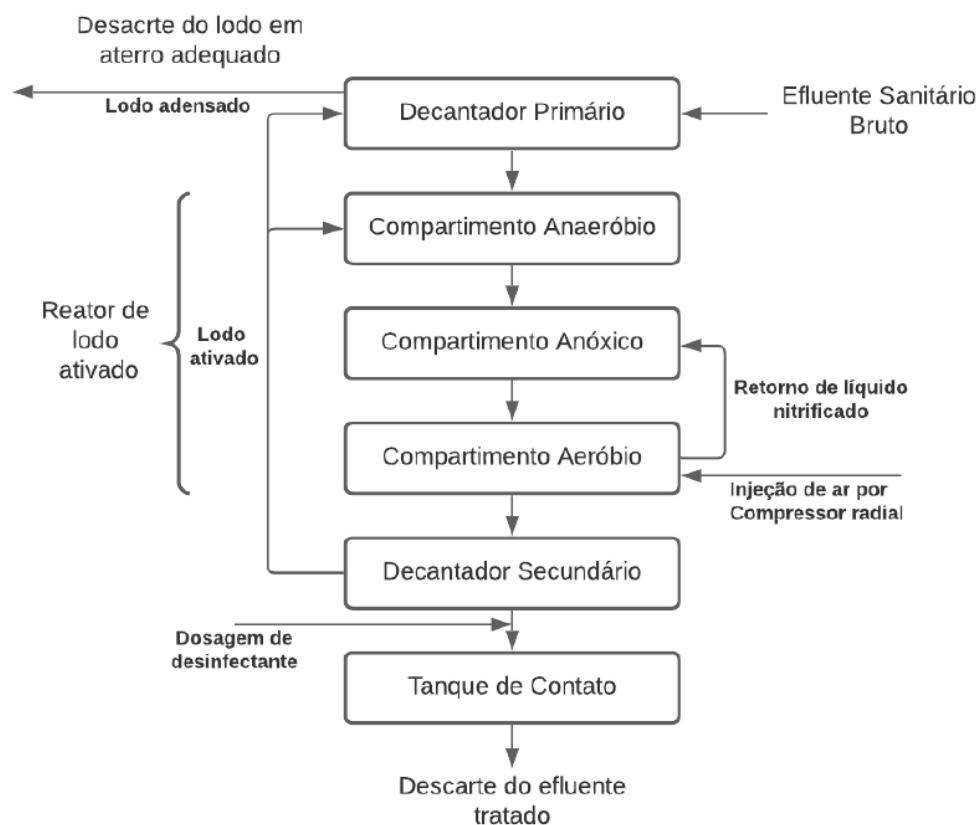


Imagem 1 – Fluxograma do processo de tratamento (ÁGUAS CLARAS ENGENHARIA, 2022)

Seu custo final de instalação foi estimado em R\$ 223.100,00; custo que poderá ser dividido em até 12 vezes - o que acarretaria um investimento de R\$ 197,00/mês para cada unidade autônoma. Segue detalhamento na tabela a seguir:

Tabela 2 – Descrição de custos de Instalação de ETE-B.

Ítem	Descrição	Qtde	Preço Unit
1	Estação Biológica Compacta para instalação abaixo do nível do solo	1	R\$ 183.870,00
2	Sistema Kit "Reúso", com polimento final do Efluente Tratado para fins potáveis menos nobres.	1	R\$ 24.820,00
3	Frete de Tubarão-SC até São José dos Campos-SP	1	R\$ 10.410,00
4	Diárias de Técnicos para instalação dos equipamentos	1	R\$ 4.000,00
TOTAL			R\$ 223.100,00

Fonte: Autor (2022)

Custos de implementação civil

Para que essa água seja reutilizada, além do custo direto de compra e instalação da ETE, deve-se haver também um custo extra de adequação civil do condomínio, onde uma rede hidráulica secundária deverá ser instalada a fim de coletar a água cinza dos boxes do chuveiro e fornecer o efluente tratado em seus usos finais, a saber, principalmente o vaso sanitário, jardins e garagem. O serviço será executado externamente, com o menor nível de interferência nas unidades, se utilizando de passagens aéreas existentes, assim como o *shaft* hidráulico.

Após a análise preliminar, para a execução de cotação de mão-de-obra e materiais para a adequação, foram desprezados o orçamento mais caro, assim como o mais barato. A média dos orçamentos resultantes levou-se a um custo aproximado de R\$ 190.000,00, e um prazo aproximado de 90 dias. Este custo poderá ser dividido em 4 vezes: Entrada + 3 mensais; todas iguais no valor de R\$ 47.500,00, que ao ser repassado às unidades autônomas, resultará num acréscimo mensal de R\$ 625,00. Os materiais foram orçados baseando-se numa média entre as principais lojas de varejo do mercado (Tabela 3):

Tabela 3 – Descrição de custos de Material para a Adequação Civil.

Ítem	Descrição	Qtde	Preço Unit	Preço Total
1	Tudo PVC Água fria - Marrom 25mm (6m)	40	R\$ 24,90	R\$ 996,00
2	Joelho 90° PVC Água fria - Marrom 25mm	400	R\$ 0,94	R\$ 376,00
3	Joelho 90° PVC com bucha Água fria - Azul 25mm	100	R\$ 9,99	R\$ 999,00
4	Tê PVC Água fria - Marrom 25mm	400	R\$ 0,89	R\$ 356,00
5	Luva PVC Água fria - Marrom 25mm	400	R\$ 1,04	R\$ 416,00
6	Tudo PVC Esgoto - Branco 50mm (6m)	30	R\$ 61,90	R\$ 1.857,00
7	Joelho 90° PVC Esgoto - Branco 50mm	400	R\$ 3,89	R\$ 1.556,00
8	Tê PVC Esgoto - Branco 50mm	400	R\$ 24,90	R\$ 9.960,00
9	Luva PVC Esgoto - Branco 50mm	400	R\$ 4,14	R\$ 1.656,00
10	Caixa D'Água 5.000l	4	R\$ 2.599,00	R\$ 10.396,00
11	Registro Gaveta 25mm	10	R\$ 29,90	R\$ 299,00
12	Bomba pressurizadora	1	R\$ 943,00	R\$ 943,00
TOTAL				R\$ 29.810,00

Fonte: Autor (2022)

Trabalhando-se com uma margem de segurança de 15%, chegou-se num valor total de aproximadamente R\$ 35.000,00, somando-se outros R\$ 460,00 em parcela única a ser cobrada no primeiro mês de instalação da adequação. Também ficou estabelecidos que a demanda operacional de funcionamento da ETE-B será:

- Análises químicas diárias (cerca de 3 horas cada) – que poderá ser executada por quaisquer dos funcionários atuais do condomínio; treinamento incluso no contrato junto à empresa fornecedora;

- b) Verificações semanais e mensais do equipamento – que também poderá ser executada pelo mesmo funcionário responsável pelas análises, não necessitando de contratação específica;
- c) Retirada do lodo por caminhão tipo “limpa-fossa” em procedimento realizado de 8 a 12 meses;
- d) Reposição de pastilhas de hipoclorito de sódio a cada 8 dias.

Análise Financeira

Após análise financeira, o investimento total para a instalação de uma ETE-B será de R\$ 448.100,00, a saber:

- ETE-B (Equipamento): R\$ 223.100,00 – parcelado em até 12 vezes;
- Obras de Adequação (Mão de Obra): R\$ 190.000,00 – parcelado em até 4 vezes;
- Obras de Adequação (Material): R\$ 35.000,00 – pagamento à vista.

Diretamente ligado a este estudo, está o impacto do acréscimo na conta de energia, decorrente da demanda elétrica gerada pela ETE-B. Segundo o Boletim Energético de Agosto (SÃO PAULO, 2022), a média mensal de consumo por consumidor residencial no ano de 2021 em São Paulo ficou em 328 kW; resultando num consumo mensal médio do Condomínio em 62.320 kW. Utilizando-se os valores de tarifa residencial da concessionária (EDP), pode-se chegar à uma conta mensal no valor de R\$ 19.617,09. A potência nominal da ETE-B, segundo o fabricante é de 3,45kW/h, que funcionando num regime de 24/7, resultará em um acréscimo de 2.484 kW, acrescentando R\$ 781,91 à cota condominial total – o que representa um aumento médio de R\$ 10,29 para cada unidade.

Supondo não haver um Fundo Reserva para as contratações e compras, os custos de implantação no primeiro ano se darão conforme a Tabela 2. Ao se considerar todo o processo de instalação da ETE-B, é possível dividir o período em 3 períodos distintos.

1º Período

Instalação da ETE-B e adequação civil (4 meses). Neste período haverá o pagamento de custos mensais, sem haver nenhuma redução de consumo; por este fato, é um período de pleno investimento.

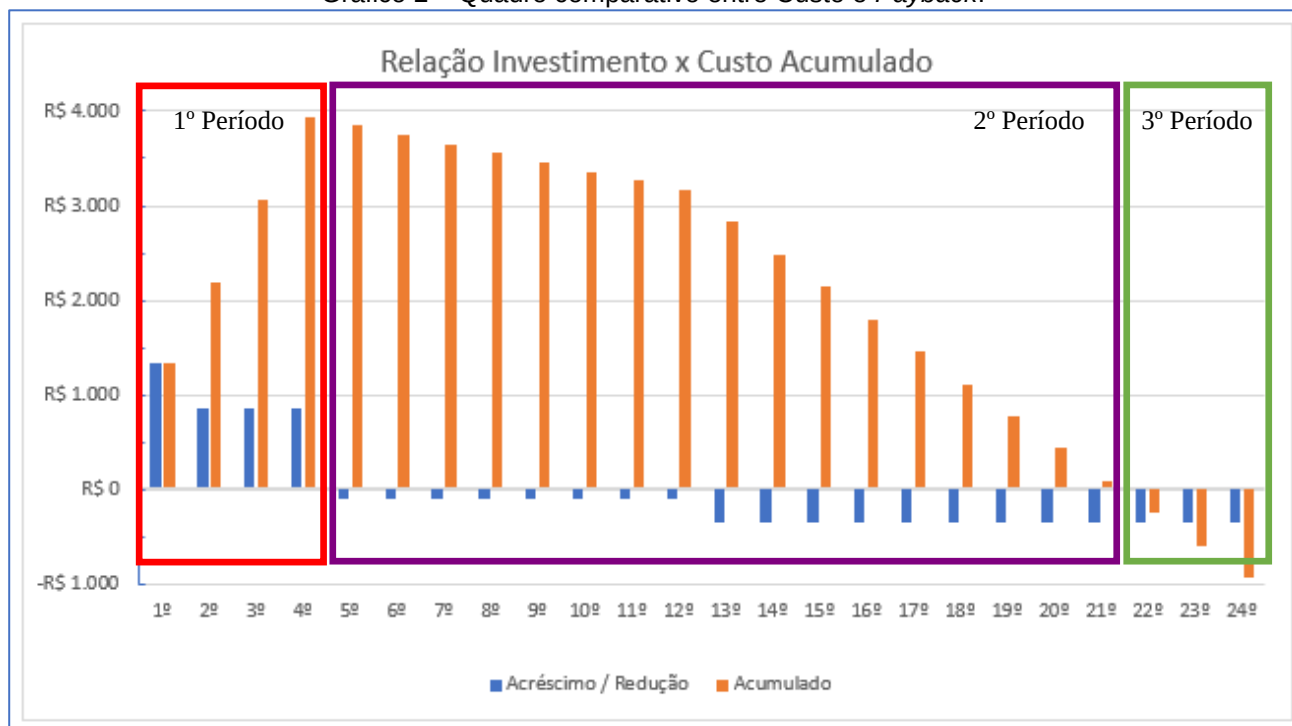
2º Período

Início do funcionamento da ETE-B e primeiras reduções de consumo (17 meses). Neste período se dará as primeiras reduções tarifárias de Água/Esgoto; além do acréscimo de tarifa de Energia. Com uma redução de 27% no consumo, haverá uma redução extra, indiretamente, pelo rebaixamento a uma classe tarifária inferior (entre 11 e 20 m³), que reduzirá ainda mais o custo mensal por unidade.

3º Período

A partir do 22º mês do início da instalação da ETE-B, e em decorrência do pleno funcionamento dela, temos o período de *payback* real do investimento. Após a quitação completa do sistema, restará apenas o novo valor de conta de Água + Esgoto reduzido, que após descontar o acréscimo médio mensal de R\$ 10,29, acarretará uma economia mensal de R\$ 341,13.

Gráfico 2 – Quadro comparativo entre Custo e *Payback*.



Fonte: Autor (2022)

Conclusões

Após o término deste estudo ficou evidenciado que o reuso de águas cinzas é altamente eficaz e financeiramente viável, apresentando um *payback* num período relativamente curto de tempo. Comparando-se os cenários, onde no primeiro já havia uma redução na conta de Água/Esgoto de cerca de 8%, pela coleta e uso de águas pluviais, ainda foi possível reduzir a conta de Água/Esgoto em cerca de 66%. Evidentemente, outros fatores influenciaram esta redução tão expressiva, como por exemplo, a proximidade entre uma faixa tarifária mais barata; além da existência de uma infraestrutura local propícia às instalações e adaptações. Além da redução via reuso de águas cinzas, foi observado duas outras possibilidades de redução importantes:

- 1) Reuso de águas oriundas da condensação atmosférica por equipamentos de Ar-condicionado; item presente em todas as unidades. Fica a indicação de estudos posteriores para o estudo de viabilidade e retorno financeiro;

2) Uso consciente da água e redução de consumo. Visto que o consumo médio de cada morador do condomínio gira em torno de 314 m³/dia, há um vasto campo a ser explorado, e várias soluções para tal:

- a) Instalação de medidores individuais nas unidades autônomas – devido à medição individual, tem-se observado alterações de comportamento de consumo dos indivíduos, principalmente pelo fato de que o desperdício não é mais dividido entre todos, mas cobrado individualmente;
- b) Troca de equipamentos antigos por equipamentos mais modernos – através dos novos equipamentos, é possível economizar água, como vasos sanitários de caixa acoplada e torneiras automáticas;
- c) Instalação de arejadores em torneiras de tanques e pias.
- d) Treinamentos periódicos e palestras poderão ativar o uso consciente, dado que, em comparação com o consumo médio diário do brasileiro (200m³/dia), existe um potencial latente não explorado imenso.

Referências

- AHMED, A. **An overview of conventional and non-conventional water resources in arid region: assessment and constrains of the United Arab Emirates (UAE)**. Water Resour. Prot. 2 (2), 181–190. 2014.
- BARBOSA, L.; ALVES, L.; VASQUEZ, E. **Estimativa de retorno de investimento de um sistema de reuso de água cinza em um projeto residencial**. XII Simpósio Nacional de Sistemas Prediais. São Paulo – out. 2019.
- BUCHHOLZ, M. **A scenario for the future development of the agricultural and water sector in arid and hyper arid areas**. Overcoming Drought, The Cyclor Support Implementation Guide. 2008.
- EDP. Disponível em: < <https://www.edp.com.br/tarifas-vigentes> > Acesso em 22 out 2022.
- FONSECA, P. F.; SILVA, J. R.; FONSECA, E. S. **Análise da viabilidade da separação de água de chuveiros e pias para reuso**. Research, Society and Development, v. 9, n. 2, e14921938, 2020.
- GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente. Disponível em: < https://dadosenergeticos.energia.sp.gov.br/portalcev2/intranet/BiblioVirtual/diversos/boletim_energetico.pdf > Acesso em 22 out 2022.
- GONÇALVES, R. F. **Uso Racional da água em edificações**. Rio de Janeiro: ABES, 2006.
- GONÇALVES, R. F; KELLER, R. P; FRANCI, T. K. **Análise comparativa das práticas de reuso de água cinza em edificações urbanas na Alemanha e no Brasil**. Revista DAE, v. 67, n. 217, p. 75-89, Edição Especial – mai. 2019.
- GOSLING, S. N, ARNELL, N. W. **A global assessment of the impact of climate change on water scarcity**, 2016.
- HADDAD, M., MIZYED, N. **Non-conventional options for water supply augmentation in the Middle East: a case study**. Water Int. 29 (2), 232–242. 2004.

- HESPANHOL, I.; BRAGA, B.; LOTUFO, J.; MIERZWA, J.; BARROS, M.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução à Engenharia Ambiental**. São Paulo: Perason Prentice Hall, 2005.
- INDELICATO, S., TAMBURINO, V., ZIMBONE, S. M. **Unconventional water resource use and management**. Ressources en eau: developpement et gestion dans les pays mediterraneens. 1993.
- JABER, J.O., MOHSEN, M.S. **Evaluation of non-conventional water resources supply in Jordan**. Desalination 136 (1–3), 83–92. 2001.
- JI, L., WU, T., XIE, Y., HUANG, G., SUN, L. **A novel two-stage fuzzy stochastic model for water supply management from a water-energy nexus perspective**. J. Clean. Prod. 123386. 2020.
- KUMMU, M., WARD, P. J., DE MOEL, H., VARIS, O. **Is physical water scarcity a new phenomenon? Global assessment of water shortage over the last two millennia**. Environment. 2010.
- MACEDONIO, F., DRIOLI, E., GUSEV, A. A., BARDOW, A., SEMIAT, R., KURIHARA, M. **Efficient technologies for worldwide clean water supply**. 2012.
- MACINTYRE, A. J. **Instalações Hidráulicas Prediais e Industriais**. Rio de Janeiro: LTC, 2010.
- MARTINS, D. D. *et al.* **Avaliação da aplicabilidade do reuso de água cinza de máquina de lavar roupa após tratamento completo e simplificado**. Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, desarrollo y práctica, v. 14, n. 2, p. 526-538, ago. 2021.
- MONTES, M. P. **Avances en la Gestión Integral del Agua Lluvia (GIALL): Contribuciones al consumo sostenible del agua, el caso de “Lluviatl” en México**. Revista Internacional de Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo, Terrasa, n.3, p. 39-57. 2008. Disponível em: < <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2904691> > Acesso em 25 jun 2019.
- MORELLI, E. B. **Reuso de água na lavagem de veículos**. Dissertação de mestrado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.
- NEGM, A. M., OMRAN, E. S. E., ABDEL-FATTAH, S. **Update, conclusions, and recommendations for the “Unconventional Water Resources and Agriculture in Egypt”**. Unconventional Water Resources and Agriculture in Egypt. Springer, Cham, pp. 509–532. 2018.
- ODENDAAL, P. E. **Unconventional sources of water supply**. Water Health, 2009.
- OLIVEIRA, L. M.; ALVES, L. A. **Estudo sobre modalidades de reaproveitamento de águas pluviais e reuso de águas cinzas para uso residencial**. Revista Boletim do Gerenciamento, n. 13, p. 10-20, 2020.
- ONU BR. **A ONU e a água**. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/acao/agua/>> Acesso em: 05 de junho de 2019.
- OTTOSON, J.; STENSTRÖM, T. A. **Faecal contamination of greywater and associated microbial risks**. Water Research, v. 37, p. 645-655, 2003.
- PEREIRA, L.S., CORDERY, I., IACOVIDES, I. **Using Non-conventional water resources**. Coping With Water Scarcity. Springer, Dordrecht, pp. 175–220. 2009.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE CURITIBA, PARANÁ. Lei 10.785 de 18 de setembro de 2003. Disponível em: < <https://leismunicipais.com.br/a/pr/c/curitiba/lei-ordinaria/2003/1078/10785/lei-ordinaria-n-10785-2003-cria-no-municipio-de-curitiba-o-programa-de-conservacao-e-uso-racional-da-agua-nas-edificacoes-purae> > Acesso em 18 mai 2022.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE MARINGÁ, PARANÁ. Lei 6.345 de 15 de outubro de 2003. Disponível em: < <https://leismunicipais.com.br/a/pr/m/maringa/lei-ordinaria/2003/635/6345/lei-ordinaria-n-6345-2003-institui-o-programa-de-reaproveitamento-de-aguas-de-maringa> > Acesso em 18 mai 2022.

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL. Lei 9.433 de 8 de janeiro de 1997. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm>. Acesso em 08 mai 2022.

RODRIGUES, R. **As dimensões legais e institucionais do reuso de água no Brasil: proposta de regulamentação do reuso no Brasil**. Dissertação de mestrado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.

SABESP (Cia de Saneamento do Estado de São Paulo). Disponível em:< https://site.sabesp.com.br/site/uploads/file/tabelas_tarif%C3%A1rias/Comunicado%201-21.pdf > Acesso em 22 out 2022.

____. Disponível em <<http://sabesp.com.br>>, acesso em 28 de abril 2022.

SANT'ANA, D.; BOERGER, L.; MONTEIRO, L. **Aproveitamento de águas pluviais e o reuso de águas cinzas em edifícios residenciais de Brasília – parte 1: reduções no consumo de água**, Brasília, n.10, p.77-84, 2013. Disponível em: <<http://periodicos.unb.br/index.php/paranoa/article/view/10637/9363>>. Acesso em 13 ago 2019.

SÃO PAULO. Decreto nº 41.446, de 16 de dezembro de 1996, dispõe sobre o Regulamento do sistema tarifário dos serviços prestados pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – SABESP. Diário Oficial, São Paulo, SP, v. 106, n. 241, 17 dez. Disponível em <https://site.sabesp.com.br/uploads/file/clientes_servicos/decreto_estadual%2041446_pdf.pdf > acesso em 01 de maio 2022.

SILVA, G. S.; SANTOS, F. S. **Reuso de águas cinzas para fins não potáveis em um condomínio multifamiliar no município de Nova Iguaçu**. Revista Episteme Transversalis, v. 9, n. 1, p. 146-165, Nova Iguaçu – jun 2018.

SOUSA, A. F. S. **Diretrizes para implantação de sistemas de reuso de água em condomínios residenciais baseadas no método APPCC – Análise de perigos e pontos críticos de controle. Estudo de caso Residencial Valville I**. Dissertação de mestrado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2008.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis**. São Paulo: Hermano & Bugelli, 2005.

YAZDANDOOST, F, NORUZI, M. M, YAZDANI, S. A. **Sustainability assessment approaches based on water-energy Nexus: fictions and nonfictions about non-conventional water resources**. 2021.