

ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA E AMBIENTAL DE IRRIGAÇÃO COM ÁGUA DE REÚSO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO DO CAMPUS UFRSA – CARAÚBAS – RN

Antonio Rogério Bezerra Pinho Sobrinho¹, Ana Cláudia Araújo Fernandes²

¹ Aluno do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal Rural do Semiárido – UFRSA, Campus Caraúbas, RN 233, KM 01, Sítio Nova Esperança II, Caraúbas – RN, rogeriopinho_ips@hotmail.com.

² Professora do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal Rural do Semiárido – UFRSA, Campus Caraúbas, RN 233, KM 01, Sítio Nova Esperança II, Caraúbas – RN, anaclaudia.fernandes@ufersa.edu.br

RESUMO

O reúso de águas servidas é um exemplo de sustentabilidade, é importante que seja disseminado e praticado por todos, tendo em vista a diversos cenários de escassez hídrica. Em muitos países, já é comum a prática do reúso, como também na adoção de programas de conscientização e medidas específicas para a diminuição do desperdício de recursos hídricos, nada mais interessante do que aliar uma solução ambiental e que apresente economia. Sendo assim, esse trabalho objetiva estudar a viabilidade ambiental e econômica da implantação de um sistema de reúso de água para ser utilizada na irrigação, análise esta realizada na Universidade Federal Rural do Semiárido – UFRSA, Campus de Caraúbas-Rn. Para o desenvolvimento da pesquisa do modelo analítico-descritivo, foram realizadas coletas de dados primários e secundários, no intuito de avaliar a viabilidade ambiental com base nas características do efluente e na viabilidade econômica, onde foi calculado o custo de implantação e manutenção de um modelo de sistema de reúso, no intuito de avaliar o retorno do investimento, que é um indicador de viabilidade, sabendo em quanto tempo vai recuperar todo o dinheiro. Apresenta como resultado, a conclusão de que o projeto de sistema é eficaz para viabilidade, levando se consideração um curto prazo de retorno de investimento de 24 meses e tendo uma economia mensal de 4860 litros de água potável, na componente ambiental, não foi amplamente constatada em virtude de alguns parâmetros que não foram analisados.

Palavras-chave: Reúso de efluentes tratados; Economia; Sustentabilidade; Viabilidade.

1. INTRODUÇÃO

Fator determinante no desenvolvimento das sociedades humanas, a água é grande responsável pela maior concentração populacional ao redor de grandes rios e em regiões costeiras. O valor estimado para o volume total de água sobre a terra atinge aproximadamente 1.330 milhões de km³. No entanto, 98% são constituídos de água salgada, somente 2% é de água doce, do qual 2,7% faz referência às geleiras, vapor de água na atmosfera e a lençóis presentes em grandes profundidades, sendo que somente 0,3% do volume total de água existente no planeta pode ser aproveitada para o consumo humano (BURSZTYN, 2017) [1].

Devido à renovação contínua da água através do ciclo hidrológico, é potencialmente inesgotável, fato que a diferencia dos outros recursos naturais, tais como petróleo, gás, carvão, etc. Todavia, a velocidade de renovação pode não estar em concordância da velocidade em que é utilizado. Em 2050, a expectativa é que a demanda hídrica mundial aumente em 55%, devido ao crescimento populacional desordenado, o aumento da demanda por água, associado às mudanças climáticas e o mau uso dos recursos hídricos, tem provocado uma ameaça global de escassez de água (UNESCO, 2018) [2].

Em regiões áridas e semi-áridas, como o nordeste brasileiro, a água se tornou um fator limitante para o desenvolvimento urbano, industrial e agrícola. Gestores dos recursos hídricos procuram, continuamente, novas fontes para complementar a pequena disponibilidade hídrica ainda disponível. Logo, o conceito da substituição da fonte, apresenta uma alternativa plausível para corresponder a demandas menos restritivas, liberando as águas de melhor qualidade para usos mais nobres, como o abastecimento doméstico.

A água uma vez poluída pode ser recuperada e reusada para fins benéficos diversos. O reaproveitamento ou reúso da água é o procedimento pelo qual a água, tratada ou não, é reutilizada para a mesma finalidade ou outro

fim, podendo suprir em curto prazo o uso não potável, correspondendo a uma parte considerável da demanda da população.

O reúso de água reduz a descarga de poluentes em corpos receptores, conservando os recursos hídricos potáveis para o abastecimento público, reduz os custos associados à poluição, contribui para a proteção do meio ambiente e da saúde pública, além ser instrumento eficaz de logística para garantir a sustentabilidade da gestão dos recursos hídricos nacionais (LUCENA, 2018) [3].

A qualidade da água utilizada e o objeto específico do reúso estabelecerão os níveis de tratamento recomendados, os critérios de segurança a serem adotados e os custos de capital, operação e manutenção associados. Essa prática deve ser considerada parte de uma atividade mais abrangente que é o uso racional da água, o qual inclui também, o controle de perdas, redução do consumo de água e a minimização da geração de efluentes (MORELLI p.4, 2005 apud DA SILVA; DE SANTANA, 2014) [4].

Os usos urbanos não potáveis envolvem menores riscos sanitários e devem ser priorizados em relação aos usos potáveis. Entre suas competências, os esgotos tratados podem ser empregados na irrigação de parques e jardins públicos, centros esportivos, campos de futebol, jardins de escolas e universidades, gramados, árvores e arbustos decorativos ao longo de avenidas e rodovias, sistemas decorativos aquáticos tais como fontes e chafarizes, espelhos e quedas d'água, descarga sanitária em banheiros públicos e em edifícios comerciais e industriais (NAKAMURA, 2017) [5].

As problemáticas atreladas ao reúso urbano não potável são, principalmente, seus custos elevados de sistemas duplos de distribuição, dificuldades operacionais e riscos potenciais de ocorrência de conexões cruzadas. Porém, deve ser considerado em relação aos benefícios de economizar água potável e de retardar ou suspender a necessidade de desenvolvimento de novos mananciais para abastecimento público (HESPANHOL et al., 2002) [6].

O reúso já é realidade em muitos países e é aplicado principalmente para fins agrícolas, recarga de aquíferos, uso industrial e não para o abastecimento doméstico. Como exemplo, o caso de Israel, país com uma das menores disponibilidades hídricas, aproveita cerca de 80% dos esgotos domésticos na agricultura e no controle da interface marinha nos aquíferos (SANTOS; MATSURA; SANTOS, 2015) [7].

O reaproveitamento pode ser empregado na irrigação, em usos potáveis (direto ou indireto) e não potáveis, como em usos industriais, na recarga de aquíferos ou em diversos outros fins, dependendo da qualidade e da quantidade desejada (BALASSIANO, 2018) [8]. Um exemplo é o sistema de Windhoek, na República da Namíbia, sudoeste da África, ao sul do deserto do Saara, que há décadas inclui o reúso potável em seu sistema de suprimento, sem que problemas de saúde pública associados à água potável tenham sido identificados (VAN DER MERWE et al., 2008 apud HESPANHOL, 2015) [9].

Já existem práticas de reúso urbano sendo realizadas no Brasil, como exemplo bem sucedido, o projeto de reúso em um parque temático nas proximidades da cidade de São Paulo, onde o esgoto bruto proveniente dos sanitários, bares e restaurantes é direcionado até um tanque de homogeneização onde é submetido à aeração e em seguida, encaminhado a outro tanque que utiliza membrana de alto poder filtrante para remover as impurezas restantes gerando assim um efluente que pode ser classificado como água de reúso. Este efluente, por ter parâmetros qualitativos adequados, é utilizado pela administração do parque em tarefas onde não há necessidade do uso de água de excelente qualidade tais como: lavagem de pisos, irrigação de áreas verdes e em vasos sanitários (PHILLIPI, 2006) [10].

Em São Paulo existe o caso da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), em que a água de reúso é transportada por caminhões-pipa terceirizados, para ser usada em atividades secundárias, como limpeza de lixeiras, de pátios, de calçadas, jardinagem e até a lavagem dos carros (CUNHA, 2015) [11]. No nordeste brasileiro, na cidade de Natal-RN, foi construído um edifício residencial com cinco pavimentos com sistema de reaproveitamento das águas provenientes do chuveiro, lavatórios, tanques, máquinas de lavar roupa, e também as águas pluviais decorrentes das calhas, após tratamento primário, na descarga de bacias sanitárias (MOREIRA, 2001 apud CUNHA, 2015) [11].

Quanto à legislação, o Brasil ainda não dispõe de normatização técnica específica para os sistemas de reúso, os critérios se baseiam na NBR 13969/1997 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) [12], que estabelece alguns critérios para reutilização de águas residuárias para fins não potáveis. Inclusive, há resoluções estaduais e leis municipais que regulamentam essa prática e restringem alguns parâmetros.

A nível estadual, podemos citar a Resolução COEMA nº 2 de 2017 do Estado do Ceará, essa resolução atribui condições e padrões para reúso. Entre as leis municipais, pode-se citar a Lei nº 2.856 de 2011 [13] da cidade de Niterói-RJ e a Lei nº 4593 de 2013 [14], da cidade de Caicó-RN. A Lei nº 2.856 de 2011 estimula à instalação de sistema de coleta e reúso de águas servidas em edificações públicas e privadas, já na Lei nº 4593 de 2013, sugere critérios e padrões de qualidade para água de reúso, que pode ser empregada em atividades de produção agrícola, fins urbanos, como irrigação paisagística, lavagem de calçadas, vias públicas pavimentadas, desobstrução de tubulações, construção civil, combate a incêndio, entre outros.

Na cidade de Caraúbas-RN, localizada no oeste potiguar, distante 300 km de Natal, ocorreu um acréscimo na economia do município, logo após a chegada ao município da Universidade Federal - UFERSA (Universidade Federal Rural do Semi-Árido) em 2010. Deu-se início a uma grande procura por parte dos estudantes a moradia, o que contribuiu para a ascensão da construção civil, e crescimento de praticamente todos os setores, com o acréscimo na demanda de serviços básicos de comércios, restaurantes, entre outros. Nesse sentido causou um déficit no abastecimento de água; a população por sua vez prejudicada, começou a adotar medidas para resolver o problema, como superdimensionando reservatórios de água para resistirem aos períodos de não abastecimento.

Tendo em vista essa carência ao município, os moradores da cidade estimam pelo racionamento. Quando o abastecimento é normalizado, a população utiliza reservatórios e tanques para armazenar água no receio de que volte a faltar. Essa situação ocorre com frequência, tendo que por muitas vezes a população a contratação do serviço de carros pipa, serviço muito comum na região, ou para aqueles que possuem melhor condição de vida, contratam empresas de perfuração de poços artesianos, que em muitos casos ocorre de forma ilegal, pois o poço deveria ser cedido para a empresa que tem o direito legal de explorar e distribuir tal recurso.

O objetivo primordial da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) em questão é reduzir a concentração de sólidos em suspensão, material orgânico biodegradável e os organismos patogênicos. A remoção de nutrientes não será contemplada no tratamento. O referido sistema propõe-se a remover entre 85-95% de matéria carbonácea e sólidos em suspensão, bem como a eliminação dos organismos patogênicos por meio da desinfecção com cloro, permitindo a disposição final ou reúso do efluente tratado (A&E, 2005) [15]. Nos dados apresentados no trabalho de Costa (2017) [16], pode-se observar as características do efluente final, em detrimento das diretrizes e suas limitações.

Os edifícios escolares em geral, possuem características interessantes para a implantação de sistemas prediais de aproveitamento das águas de reúso para usos não potáveis, pois geralmente apresentam grande consumo de água. Para a implantação desses sistemas, são necessários estudos de viabilidade técnica e econômica, que verifiquem o potencial de economia de água potável e determinem a relação entre custo e benefício (SCHERER, 2003 apud BRAGA, 2017) [17].

No caso, a UFERSA seria lugar interessante para implementar o sistema de reúso, uma vez que há uma vazão considerável de efluente sendo lançada ao solo natural nas proximidades da ETE, aumentando assim, as chances de contaminação do lençol freático e o solo da região de Caraúbas. Já com o reúso desse recurso, poderia ser evitada essa problemática, como evitar desperdícios.

Portanto, este trabalho tem como objetivo verificar a viabilidade ambiental e econômica de irrigação com água de reúso da ETE da UFERSA. Nesse sentido, o reúso de águas residuárias atua como forma de reduzir o consumo de água potável e, conseqüentemente, a redução de custos. Além disso, essa prática contribui positivamente para a sustentabilidade ambiental.

2. METODOLOGIA

Este trabalho trata-se de uma pesquisa que seguiu o modelo analítico-descritivo sob abordagem quantitativa e qualitativa. A metodologia da pesquisa foi realizada nas seguintes etapas: Apresentação dos tipos e critérios de reúso; caracterização da área de estudo; levantamento de dados para caracterização do efluente tratado; caracterização da demanda de irrigação das palmeiras e áreas adjacentes, e proposição de alternativa sustentável de reúso.

A pesquisa foi concentrada na UFERSA Campus Caraúbas, localizada na RN 233, KM 01, Sítio Nova Esperança II, 59700-000, Caraúbas, Rio Grande do Norte, que fica aproximadamente a 300 km da Capital do Estado. O efluente proposto para reúso é tratado na ETE da UFERSA Campus Caraúbas. A ETE é do tipo compacta vertical e tem o objetivo de reduzir a concentração de sólidos em suspensão, material orgânico biodegradável e organismos patogênicos.

A ETE contempla etapas de pré-tratamento nas quais ocorre a remoção de sólidos grosseiros, que ficam retidos na grade e caixa de areia, prevenindo a abrasão das bombas da elevatória de esgoto bruto. Seguindo para o tratamento primário, que acontece no reator anaeróbico de manto de lodo com fluxo ascendente, continua para o tratamento secundário, que é composto de filtro biológico aerado com decantador secundário acoplado, com sistema de geração de ar e é interligado ao filtro aerado para introdução de oxigênio e realização do processo de digestão aeróbia.

A etapa de desinfecção ocorre no tanque de contato e, posteriormente o efluente tratado é lançado ao solo nas proximidades da ETE. No processo, ainda existe o adensamento do lodo, que acontece no tanque de adensamento de lodo e bombas helicoidais para recalque do lodo adensado e por último o leito de secagem que recebe o lodo adensado. Após desidratado, deve ser dado destino seguro e o percolado retorna ao início do tratamento. A Figura 1 ilustra a ETE do Campus Caraúbas.



LEGENDA

1: Estação elevatória; 2: Reator anaeróbio de manto de lodo; 3: Filtro biológico aerado; 4: Tanque de contato; 5: Casa de controle de bombas e química; 6: Adensamento de lodo; 7: Leito de secagem.

Figura 1. ETE da UFERSA, campus Caraúbas. (Autoria própria)

Os preceitos de reúso para efluentes tratados, para a aplicação urbana foram determinadas com base nos critérios adotados pela NBR 13969/1997, tanto como a resolução estadual COEMA nº 2 de 2017 do Estado do Ceará e legislações municipais brasileiras, que são a Lei nº 2.856 de 2011 da cidade de Niterói-RJ e a Lei nº 4593 de 2013, da cidade de Caicó-RN.

No caso, os parâmetros modelo foram determinados para os seguintes parâmetros respectivamente: Turbidez, pH, Condutividade elétrica, Cor, Cloro Residual, Coliformes Termotolerantes, Sólidos Dissolvidos Totais, Sólidos Suspensos Totais, Oxigênio Dissolvido, Ovos de helmintos e Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO5). Ainda pode-se ressaltar que estas normas e legislações são distintas, em vista disso, foram selecionadas leis que pudessem abranger a maior quantidade de parâmetros distintos e representassem as normas existentes no país.

Dessa forma, explorados os dados obtidos pelo trabalho de Costa (2017) [16] que analisou a eficiência da ETE, localizada na UFERSA, obtendo os parâmetros qualitativos do efluente tratado, foi realizado um comparativo com os critérios de reúso estabelecidos pelas normas existentes no âmbito nacional já citadas. A partir disso, foi possível realizar a viabilidade ambiental de água de reúso da ETE para irrigação do campus Caraúbas.

A cobertura vegetal do campus é predominante a Caatinga, presente em todo o estado. Esse tipo de vegetação é muito densa, mas de forma bastante irregular, sem folhas durante a estiagem, variando com um estrato herbáceo e arbustos densos e desenvolvidos, que morrem ou perdem suas folhas durante a seca.

Entretanto, existem outros tipos de plantas não nativas da região, uma delas em especial será a palmeira, e as outras espécies que estão ao redor da guarita, totalizando uma área irrigada de 540 m², a está dirigida a irrigação com efluente tratado. A espécie está presente na entrada e nas mediações do prédio da reitoria, acumulando um total de quarenta e seis exemplares, com função paisagística.

Para tal, foi necessário descobrir qual a vazão atual final da ETE, com base no trabalho do De Carvalho (2008) [18] que em casos, estudos apenas descritivos de uma determinada área não exigem dados precisos, assim como em alguns córregos a profundidade e o fluxo de água não permitem a utilização de aparelhos como ADCP (do inglês, *acoustic Doppler current profiler*) é um perfilador hidroacústico de correntes que mede a velocidade das partículas ou molinete. Nestes casos pode ser usado método indireto, não convencional, para estimar a vazão, onde é determinada a largura do canal, em diferentes profundidades ao longo da seção transversal e estimado a velocidade do fluxo.

Na etapa seguinte avaliou-se a demanda de água na UFERSA, a partir das vazões consumidas que foram disponibilizadas pelo setor administrativo. Foi analisada a área de irrigação da área verde correspondente à cultura da palmeira no campus e áreas ao redor, aplicando a taxa de irrigação de 9 mm.dia⁻¹ proposta por (TINÓCO, 2003 apud FERNANDES, 2018) [19], equivalente a aproximadamente 1L.s⁻¹.ha⁻¹, com funcionamento do sistema de 24 horas por dia. Em seguida, foi analisada a compatibilidade entre os parâmetros observados e os padrões de uso requeridos. Dessa forma, a partir dos parâmetros encontrados no esgoto tratado e da demanda analisada, foi possível averiguar a possível alternativa para a destinação do efluente tratado da ETE da UFERSA.

Tendo como base o sistema de reúso utilizado pela SABESP (2018) [20], que utiliza carros-pipa no abastecimento de seus clientes, foi dimensionado o sistema de irrigação para o campus, com reservatório, transporte, conjunto motor-bomba e demais acessórios necessários para o sistema suprir a necessidade da irrigação com eficácia.

Por último, com o sistema proposto já finalizado, foram efetuados os cálculos do custo inicial, o custo de manutenção e o período de retorno do investimento para descrever a viabilidade econômica de implantação do sistema. Toma-se como base para o investimento inicial orçamentos para aquisição e instalação, com base no Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI).

Deste modo, o índice de economia de água considerados neste trabalho foi concebido pelas tarifas aplicadas pela empresa de Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN) quanto ao abastecimento de água na UFERSA Campus Caraúbas. Portanto, denominado de estudo da viabilidade econômica, realizou-se uma coleta de orçamentos referentes aos recursos necessários à implantação e manutenção de sistema de reúso de água servidas e levantamento dos benefícios associados à implantação do sistema.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 CARACTERIZAÇÃO QUALITATIVA DO EFLUENTE TRATADO

Os resultados da caracterização da qualidade do efluente tratado foram obtidos nas quatro coletas realizadas nos meses de agosto e setembro de 2017, apresentados na Tabela 1, com base no trabalho de Costa (2017), indicando o número de amostras para cada parâmetro, bem como os valores de mínimo, máximo e média.

Tabela 1 – Caracterização qualitativa do efluente tratado da ETE da UFERSA, campus de Caraúbas.

Parâmetro	Unidade	Mínimo	Máximo	Média
Condutividade elétrica	dS.m ⁻¹	-	-	1,075
DBO ₅	mg.L ⁻¹	-	-	18,75
pH	-	7,61	8,04	7,825
Sólidos Suspensos Totais	mg.L ⁻¹	336	604	465,5
Temperatura	°C	32,1	35,7	34,55
Coliformes Termotolerantes	UFC/100mL	-	-	1500

Fonte: Adaptada de Costa (2017) [16]

Na Tabela 2 são apresentadas as normas, as legislações e os critérios de qualidade para diversos parâmetros físico-químicos e biológicos com vista ao reúso de água para fins não potáveis.

Tabela 2 – Normas, legislações e critérios de qualidade para reúso de água para fins não potáveis.

Legislação	Turbidez (UNT)	pH	Condutividade e elétrica (dS.m ⁻¹)	Cor (UH)	Cloro Residual (mg.L ⁻¹)	Coliformes Termotolerantes (UFC.100mL ⁻¹)	Sólidos Dissolvidos Totais (mg.L ⁻¹)	Sólidos Suspensos Totais (mg.L ⁻¹)	Oxigênio Dissolvido (mg.L ⁻¹)	Ovos de helmintos (Ovo.L ⁻¹)	DBO _{5,20} (mg.L ⁻¹)
NBR 13969/1997	< 5	6,0 a 8,0	-	-	0,5 a 1,5	< 200	< 200	-	-	-	-
Resolução COEMA n° 2/2017 - CE	-	6,0 a 8,5	≤ 3,0	-	-	< 5000*	-	-	-	≤ 1	-
Lei n° 2.856/2011 Niterói-RJ	< 5	6,0 a 9,0	-	≤ 15,0	0,5 a 2,0	Ausente	< 200	-	> 2,0	-	-
Lei n° 4.593/2013 Caicó-RN	-	6,0 a 9,0	0,5 a 3,0	-	-	≤ 200	-	≤ 30	-	≤ 1	≤ 30

* Para irrigação paisagística: ≤ 1000 UFC.100mL⁻¹

Fonte: Adaptada de Fernandes (2018) [19]

A média de 1,075 dS.m⁻¹ para condutividade elétrica é coerente com o intervalo de 0,5 a 3,0 estabelecido pela Resolução COEMA n° 2/2017-CE e a Lei n° 4.593/2013-Caicó-RN para fins agrícolas e urbanos. De acordo com os dados fornecidos, por não possuir os valores máximos e mínimos das quatro amostras coletadas, apresenta apenas o valor médio.

Na concentração média de DBO5 igual a 18,75 mg.L⁻¹ foi inferior ao valor exigido pela Lei nº 4.593/2013-Caicó-RN, que estipula valores inferiores a 30 mg.L⁻¹ para usos urbanos. No caso, foi a única diretriz que fez referência a essa característica.

As análises realizadas por Costa (2017) [16] não contemplaram as concentrações de oxigênio dissolvido, o que impossibilitou o julgamento da qualidade do efluente por esse parâmetro. Quanto aos sólidos suspensos totais, foi obtida uma média de 465,5 mg.L⁻¹, o que está incompatível com o valor máximo de 30 mg.L⁻¹ estabelecido pela Lei nº 4.593/2013-Caicó-RN para usos urbanos diversos.

As concentrações de Coliformes Termotolerantes, que foram de 1500 UFC.100mL⁻¹, estão de acordo com a Resolução COEMA nº 2/2017-CE para irrigação. No entanto, não condiz com os parâmetros estabelecidos pela Lei nº 4.593/2013-Caicó-RN e pela NBR 13969/1997.

Com base em Castro (2016 apud COSTA, 2017) [16], os valores do pH do esgoto bruto variam entre 7,61 a 8,04, estando em acordo com os critérios estabelecido pela Resolução COEMA nº 2/2017-CE, da Lei nº 4.593/2013-Caicó-RN e da Lei nº 2.856/2011-Niterói-RJ.

Os dados mostram que de forma geral, a ETE apresentou uma boa eficiência de remoção em se tratando de DBO₅, porém a eficiência de remoção média dos sólidos totais (34,8%) e coliformes totais (16,7%), apresentou uma baixa eficiência desses parâmetros.

Pois, a um descaso na manutenção da ETE, pela empresa responsável pelo serviço de manutenção, juntamente pelo fato do sistema não operar da maneira com que foi projetado e está descrito no manual de operação, como foi observado no tempo de funcionamento dos sopradores, como no tempo das bombas da estação elevatória e falta de peças para a reposição com defeito, como é o caso da bomba de cloro, que falta para que a desinfecção do efluente tratado ocorra normalmente.

Dessa forma, resulta em um tratamento com um baixo grau de satisfação, por apresentar alguns valores abaixo do esperado de eficiência do processo.

3.2 CARACTERIZAÇÃO QUANTITATIVA DO EFLUENTE TRATADO

Os valores de vazão foram calculados com base em dados obtidos em campo e demonstrados na Tabela 3.

Tabela 3 – Vazão da ETE da UFERSA Campus Caraúbas

Dia	Tempo de funcionamento pela manhã (horas)	Tempo de funcionamento pela tarde (horas)	Tempo de funcionamento no dia (horas)	Vazão (l/dia)	vazão média (m3/h)
06/08/2018*	01:15	03:25	05:20	56131,20	
07/08/2018	01:50	01:45	03:35	35912,04	
08/08/2018*	02:30	02:35	04:35	38596,32	1,68**
09/08/2018	02:15	02:45	05:30	42132,45	
10/08/2018*	-	03:00	03:30	29454,36	
11/08/2018	-	-	-	-	-
12/08/2018	-	-	-	-	-
13/08/2018*	-	03:30	03:00	52228,64	
14/08/2018	01:35	02:00	03:35	38174,40	
15/08/2018*	01:20	01:55	02:45	36196,00	1,58**
16/08/2018	01:00	01:20	02:20	38431,84	
17/08/2018*	01:15	01:00	01:50	24393,36	

* Nesses dias ocorrem três descargas no reator anaeróbio de manto de lodo, com isso seu tempo de funcionamento é diminuído para que não ocorra variação na vazão.
 ** Esses valores representam a vazão média das semanas indicadas.

Fonte: Autoria própria (2018)

Nas primeiras duas colunas estão os tempos de funcionamento das bombas, pois o sistema automático que as aciona é ligado somente nesse período de tempo. Apenas o aerador fica ligado no intervalo da manhã para tarde,

totalizando uma média de 6 horas ligadas por dia útil semanal, resultando uma vazão média semanal de 1,63 m³/h.

Os valores desta tabela não obedecem um padrão específico, tendo em vista que o funcionamento das bombas da estação elevatória de esgoto bruto não acionam necessariamente por seu sistema automático funcionar por bóias acopladas. Em alguns momentos elas param e entram em funcionamento sem que haja uma relação de consistência (funcionam em períodos alternados de forma aleatória, mau funcionamento), devido esse funcionamento desorientado que aparentemente é causado por alguma sujeira ou falha elétrica. Sendo assim, ocorre uma menor precisão nos cálculos de vazão e, conseqüentemente, menor controle do funcionamento da ETE.

É interessante, também, comentar que segundo o operador da ETE, no período chuvoso da região a vazão do esgoto bruto aumenta mais que 100%, levando a crer que existe muitas aberturas ao longo das tubulações e/ou o sistema coletor de águas pluviais esteja deixando a desejar em sua demanda, o que pode levar à obstrução da tubulação, extravasamento de esgoto e comprometimento do tratamento da ETE, no caso da vazão ultrapassar a vazão de projeto.

3.3 CUSTO COM ABASTECIMENTO

O custo do abastecimento é calculado com base na tarifa atual aplicada ao estado sobre a vazão consumida. Na tabela 4 apresentam-se as vazões distribuídas pela CAERN para a UFRSA, com os volumes consumidos no período de janeiro de 2015 a janeiro de 2017 e em seguida, estimada a vazão média anual requerida.

Tabela 4 – Consumo da UFRSA Campus Caraúbas

Consumo (m ³)	2015	2016	2017
Janeiro	1040	338	413
Fevereiro	910	338	471
Março	728	442	488
Abril	546	364	379
Mai	494	338	492
Junho	884	468	442
Julho	520	442	417
Agosto	676	416	550
Setembro	442	468	734
Outubro	286	487	502
Novembro	234	454	215
Dezembro	52	469	476
Consumo médio anual	533	442	473,5

Fonte: Administração da UFRSA (2018)

Como o consumo médio dos últimos três anos tem aproximadamente 483 m³ por mês, conclui-se que ele se enquadra na tarifa mensal do segundo nível de cobrança, tendo em vista que em suas notas consta a mensagem que para Órgãos Públicos da Saúde e do Ensino será seguida a Tabela Tarifária da Classe RESIDENCIAL (Cota Básica e Consumos Excedentes), desde que obedecido o Art. 6º desta resolução. Então o valor cobrado será de R\$ 10,06 pelo consumo de 1m³ de água para o ano de 2018. Assim, a conta de água mensal da universidade em estudo é de aproximadamente R\$ 4858,98.

3.4 SISTEMA DE IRRIGAÇÃO

O sistema consta do transporte do efluente coletado na ETE para um reservatório e, em seguida, o bombeamento para as caixas que receberão a água de reúso. Dessa forma, para a execução de um projeto básico para o sistema é necessário que a estimativa de custos seja realizada. Nesse contexto, desenvolveu-se o sistema de coleta, reservação e distribuição de água de reúso.

O método de irrigação foi definido com base na revisão bibliográfica e tendo em vista sua viabilidade econômica, como o modelo do sistema de distribuição implantado pela SABESP, no qual a distribuição é feita

por caminhão-pipa. Na figura 1 e 2 ilustram, respectivamente, o percurso e o detalhe do sistema de reúso de efluente tratado.

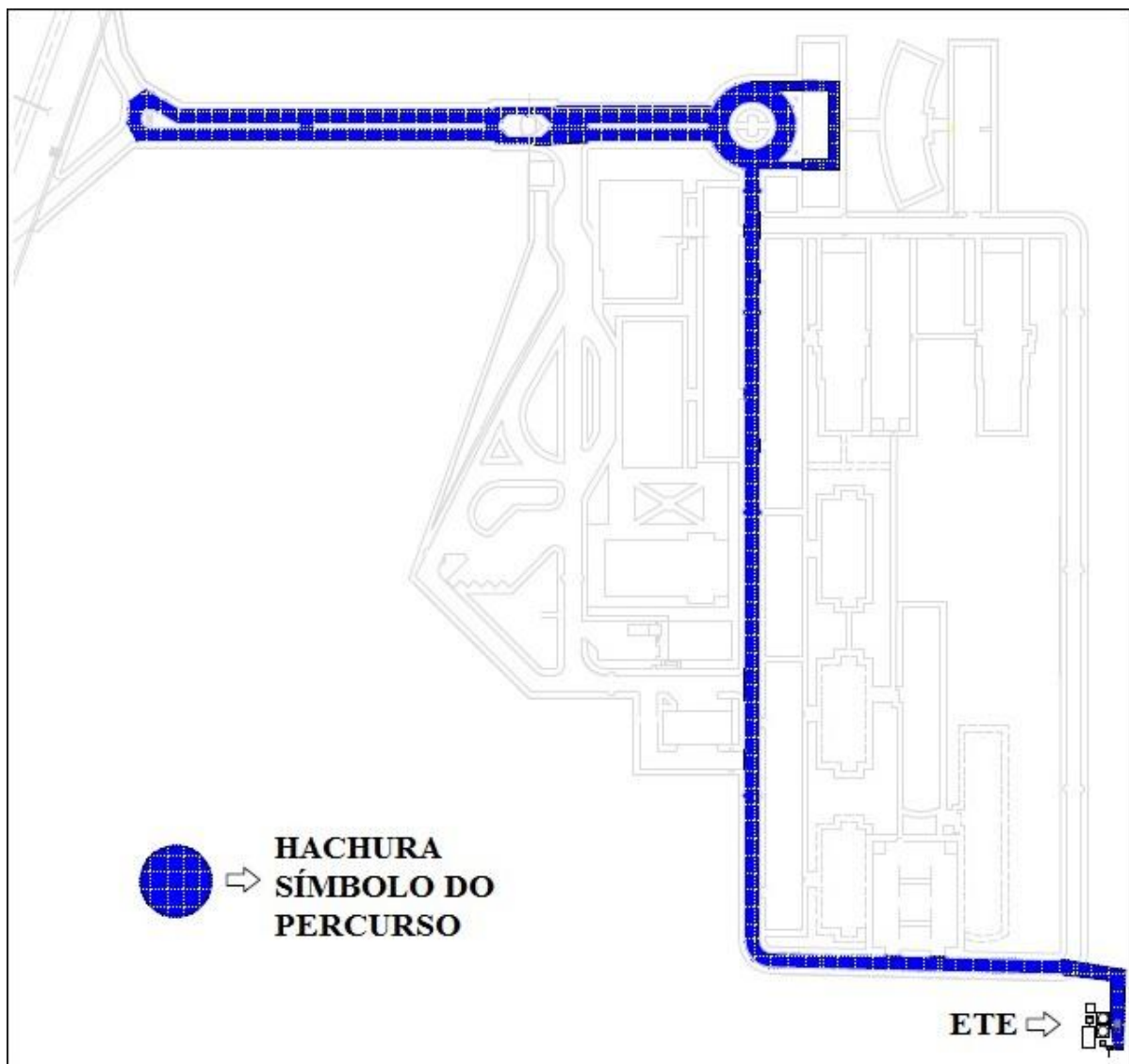


Figura 1: Rota do veículo para irrigação. (Autoria própria)

A parte hachurada na Figura 1 representa o trajeto a ser percorrido pelo veículo que irá realizar a irrigação, totalizando um total de 3750 m percorrido, que deverá acontecer 5 vezes por dia, para suprir a vazão requerida de 4,86 m³. A primeira viagem deverá acontecer a partir do horário de 07:00 horas, pois nesse horário o reservatório certamente já estará cheio do dia anterior e é o horário que o funcionário está disponível para realizar a atividade, posteriormente para o horário de 11:00 horas, levando em consideração os horários em que as bombas da estação elevatória são acionadas e incluindo os horários mais frios que são recomendados para a irrigação. Dessa forma, foi estabelecido um itinerário com uma frequência de 3 vezes pela manhã e 2 vezes pela tarde, 5 vezes por semana.

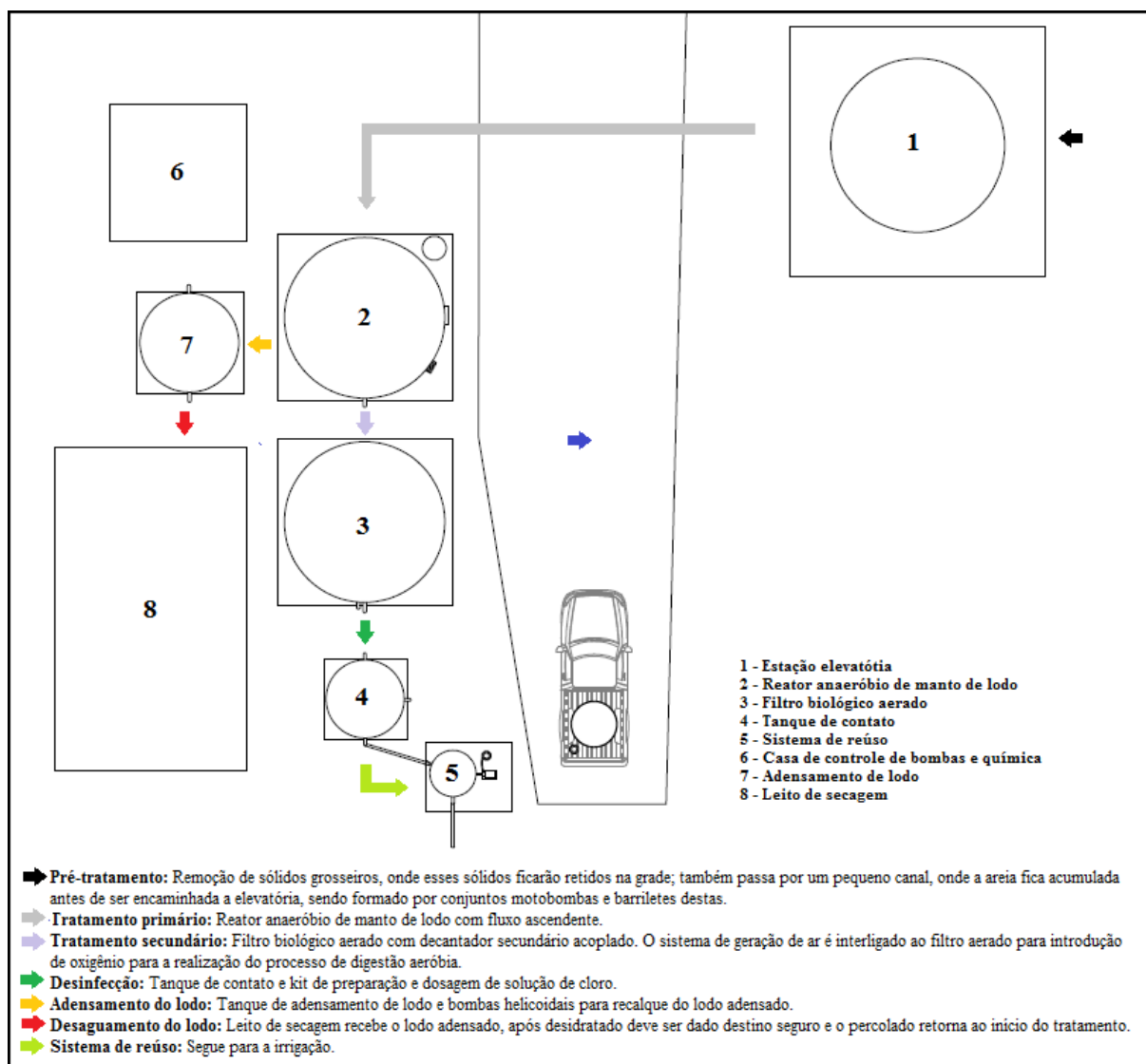


Figura 2: ETE e posicionamento do reservatório de reúso (sem escala). (Autoria própria)

O reservatório fixo para o sistema será de 3000 litros, levando em consideração que a demanda diária de irrigação será de aproximadamente 4860 litros (valor calculado em função da taxa de irrigação de 9 mm.dia⁻¹ aplicado à área de 540 m²), pois pelo itinerário escolhido para o abastecimento, seriam utilizados 3000 litros pela manhã e o restante pela tarde, possuindo ainda uma margem de segurança para que não falte vazão ao sistema. Nesse caso, o efluente tratado irá para o reservatório por gravidade a partir da saída do tanque de contato. A quantidade de efluente excedente sairá pelo extravasor do reservatório, onde seguirá para seu curso natural pré-existente.

Será acoplada ao reservatório uma bomba, para recalcar a água do reservatório de reúso para a caixa d'água móvel, que será acoplada ao veículo do tipo caminhonete já existente no campus, possuindo um volume de 1000 litros, mantendo novamente uma margem de segurança. Então, o veículo fará o caminho pré-determinado de 3,75 quilômetros, realizando a destinação final do efluente uma vez por dia, pela rega das palmeiras por meio de uma mangueira acoplada a caixa d'água.

Os sistemas utilizados para tratamento das águas de reúso seguem, normalmente, a mesma seqüência dos sistemas de tratamento de esgotos convencional: Porém, os processos convencionais de tratamento de esgotos foram concebidos para a remoção da matéria orgânica e são pouco eficientes na remoção de organismos patogênicos, sendo que o efluente obtido no tratamento secundário, uma vez que este é o mais recomendado para áreas urbanas, como este trabalho, considera como tratamento adicional, a desinfecção, que no caso, não está em funcionamento na ETE.

Conseqüentemente os benefícios ambientais se apresentam, visto que serão aproximadamente 4860 litros de efluente, que deixam de ser despejados no solo ao redor da estação de tratamento, essa redução do lançamento de

efluentes domésticos no solo, reduz a captação de águas superficiais e subterrâneas, possibilitando uma situação ecológica mais equilibrada, como também o aumento da disponibilidade de água para usos mais exigentes, como o abastecimento público, hospitalar, entre outros.

3.5 AVALIAÇÃO DOS CUSTOS

A avaliação dos custos é importante para que a determinação do período de retorno para o capital investido no sistema de reúso possa ser determinado. Para isso é necessário relacionar os custos de implantação e também de manutenção.

3.5.1 CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO

Os custos de implantação envolvem as tubulações de esgoto e de distribuição das águas cinzas tratadas, a bomba para recalque, o reservatório e a mão-de-obra envolvida. São considerados também os acessórios necessários para as instalações. Para a constituição da estimativa de custos de implantação do sistema escolhido nesse trabalho foi elaborada a Tabela 5.

Tabela 5 – Custos do sistema de distribuição das águas tratadas.

Item	Quantidade	Valor (R\$)
1. Serviços preliminares		
1.1 Limpeza de terreno	12 m ²	20,52
2. Superestrutura		
2.1 Base para o reservatório		
2.1.1 Concreto fck = 20mpa, traço 1:2,7:3	8,40 m ³	2402,4
2.1.2 Aço CA-25, 6,3 mm, vergalhão	5,72 kg	91,52
2.1.3 Fabricação, montagem e desmontagem de forma	1,60 m ²	108,56
3. Caixas d'água com instalação e tubulações		
3.1 Mangueira bomba poço ¾	20 m	55,9
3.2 Mangueira de jardim elástica compacta 30m	30 m	38,9
3.3 Caixa d'água em polietileno, 1000 litros, com acessórios	1 und	559,79
3.4 Caixa d'água fibra de vidro para 3000 litros, com tampa, com acessórios	1 und	1.181,14
3.5 Tubo e serviço de inst. Tubo pvc, série n, 100 mm	7,50 m	219,47
4. Bomba centrífuga com motor elétrico monofásico e instalação		
4.1 Bomba centrífuga com motor elétrico monofásico, potência 0,33 hp	1 und	516
4.2 Instalação de conjunto moto bomba submerso até 5 cv	1 und	169,84
Total		5343,52

Fonte: SINAPI (2018)

Dessa forma, o preço total estimado do investimento é de R\$ 5343,52. Foram utilizados os custos de composições do SINAPI (CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2018) para a maior parte dos itens relacionados. Consultou-se o mercado local para a cotação da mangueira de jardim utilizada e considerada na estimativa de custos.

3.5.2 CUSTOS DE MANUTENÇÃO

O cálculo do consumo energético referente à bomba que recalca a água tratada até o reservatório do caminhão pipa pode ser feito relacionando o consumo diário estimado e o preço da tarifa de energia elétrica. Utilizando o manual da bomba CAM-W4C da marca Dancor (DANCOR SA INDÚSTRIA MECÂNICA, 2009 apud SELLA, 2011), [21] estima-se que a vazão da bomba é de 2,5 m³/h, resultando assim em 1,95 horas de funcionamento por dia. Assim, relaciona-se esse tempo ao consumo energético da bomba que é de cerca de 0,37 kWh e à tarifa da companhia de energia, que é de aproximadamente 8,93 R\$/kWh (COSERN, 2018). Com isso, o custo energético mensal estimado da bomba é de R\$ 24,15.

Outro custo inerente ao sistema é o transporte e irrigação, que deve ser realizado 5 vezes por dia, 5 vezes por semana, ocorrendo um total de 20 dias em média por mês. Dessa forma, o veículo percorrerá 75 quilômetros mensais, totalizando em torno de R\$ 291,00, tendo como preço base do diesel de R\$ 3,80 (SINAPI, 2018). No entanto, o preço adotado no município no período da pesquisa é de R\$ 3,88, esse valor será adotado por questões práticas.

A depreciação do veículo será contabilizada também, pois é a perda de valor de um bem decorrente de seu uso, do desgaste natural ou de sua obsolescência. No veículo utilizado do tipo caminhonete utilitário, a depreciação média gira em torno de 16% com base na tabela FIPE (2018), para 3 anos, resultando em 1,3% que aplicado ao valor do veículo obtém R\$ 440, de forma geral. Com esses itens de manutenção e operação elencados acima, foi criada a tabela 5 mostra os custos mensais de manutenção.

Tabela 6 – Custos de manutenção para o sistema proposto (Autoria própria)

Item	Custo mensal (R\$)
Energia da bomba de recalque	24,15
Transporte	291
Depreciação do veículo	440
Total	755,15

3.4.4 DETERMINAÇÃO DO PERÍODO DE RETORNO

Para o embasamento do estudo de viabilidade econômica da instalação do sistema de reaproveitamento de águas residuárias, considerou-se a economia de água potável que o sistema proporcionaria e o impacto na economia da tarifa cobrada pela utilização da água utilizada em meios menos nobres, como também o custo de manutenção. O gráfico 1, a seguir, exemplifica mais claramente a relação de investimento com período de retorno.

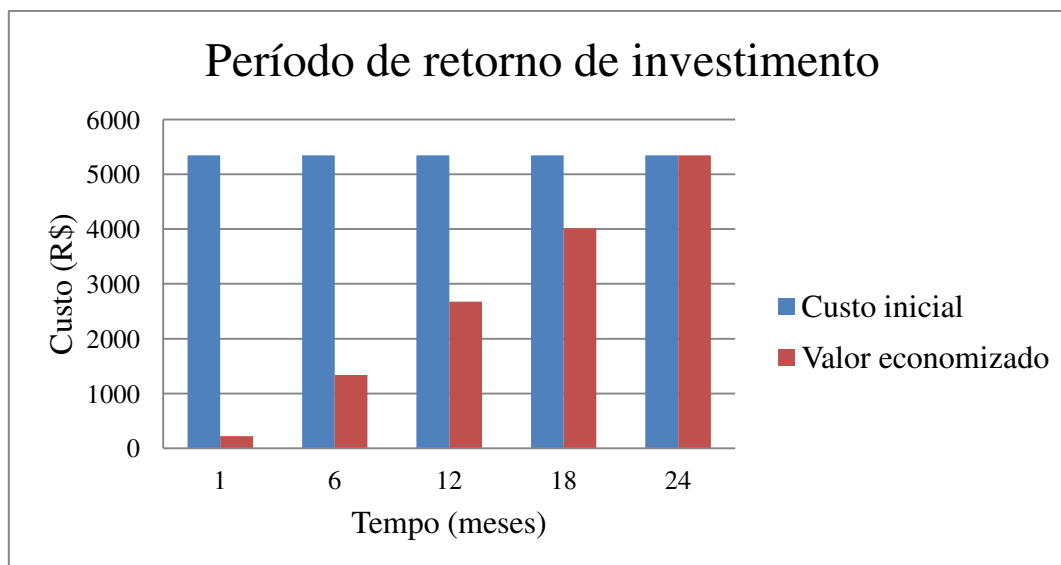


Gráfico 1.Custo vs Tempo. (Autoria própria)

Com base no cálculo do Prazo de Retorno de Investimento (PRI ou *payback*) é um indicador de atratividade do negócio, visto que mostra o tempo necessário para que o empreendedor recupere tudo o que investiu (SEBRAE, 2018) [22]. Seu cálculo é simples, basta somar os valores dos rendimentos acumulados, período após período, até que o valor total se iguale a quantia do investimento inicial.

Pelo gráfico 1 que mostra uma análise de 24 meses, é possível observar que o lucro líquido obtido de R\$ 222,85, se mostra um valor expressivo em comparação ao investido, indicando que em menos de 3 anos o valor do investimento é recuperado, para ser mais preciso será de aproximado de 2 anos, assim sendo, apresenta uma viabilidade econômica expressiva ao observar o período de retorno.

Vale salientar que a proposta de reúso apresentada no trabalho não apresenta uma solução definitiva. No entanto, mostrou-se como uma solução viável para a irrigação do ponto de vista econômico, além de contribuir para o meio ambiente e a arborização do campus, que atualmente ainda é incipiente.

5. CONCLUSÃO

No presente estudo, teve seu objetivo contemplado, onde inicialmente, foi realizado um levantamento de dados feito no próprio Campus, realizadas medições e o acompanhamento do funcionamento da estação, foi possível estipular uma vazão de efluente tratado, da grandeza de 1,63 m³/h.

A caracterização qualitativa do efluente tratado na ETE da UFRSA mostrou parâmetros aceitáveis para algumas características, como condutividade elétrica, pH, DBO5. Entretanto para os sólidos suspensos totais está incompatível e a concentração de Coliformes Termotolerantes, estão de acordo com a Resolução COEMA nº 2/2017-CE para irrigação, entretanto, não está com os parâmetros estabelecidos pela Lei nº 4.593/2013-Caicó-RN e pela NBR 13969/1997; também alguns não contemplaram as concentrações de oxigênio dissolvido, não podendo ser avaliado. Então o efluente possibilita o reúso não potável para fins urbanos, desde que seja realizada a manutenção necessária na ETE. Dessa forma, uma vez que o trabalho apresentou limitações quanto as análises qualitativas, sugere-se que sejam realizadas novas análises físico-químicas e biológicas. Com isso, será possível verificar a conformidade com as legislações estudadas.

A partir do sistema proposto, verifica-se a possibilidade de evitar o desperdício de 4860 litros mensais de efluentes tratados para o solo próximo. Com relação aos cuidados inerentes ao sistema de reúso, pode-se citar que todos os pontos onde essa água é ofertada devem ser devidamente sinalizados e de preferência de acesso restrito.

Logo, o estudo de viabilidade indica que com o atual sistema de cobrança a economia de água potável é favorecida, pois com a expressiva redução mensal de consumo de água, com desconto anual da tarifa de R\$ 662,70, o período de retorno do investimento é de aproximadamente pouco mais de 24 meses.

Conclui-se que o sistema não teve sua viabilidade ambiental totalmente confirmada em virtude dos parâmetros que não foram obedecidos. No entanto, quanto a questão econômica, constatou-se um período de retorno do investimento consideravelmente pequeno, o que indica a viabilidade econômica do sistema proposto.

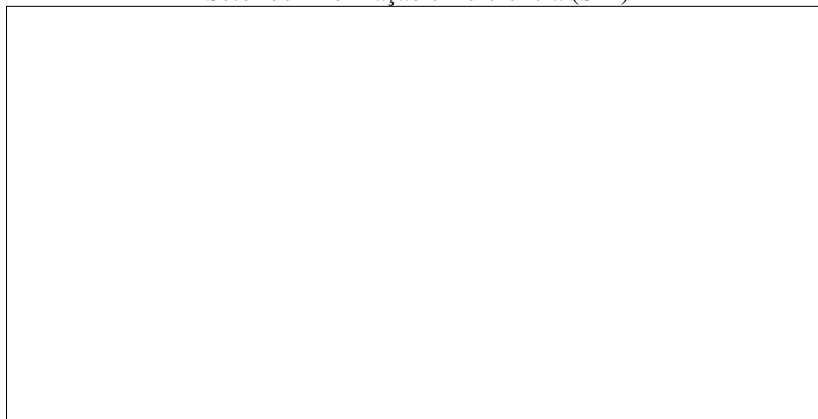
O presente estudo demonstra que é possível ter responsabilidade ambiental e contribuir ecologicamente para o planeta ao passo que se obtenha lucros com esse tipo de ação, desde que seja obedecidos os parâmetros de reúso estabelecidos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] BURSZTYN, Maria Augusta Almeida. Conservação e utilização racional dos recursos hídricos. **Revista do Serviço Público**, v. 40, n. 4, p. 113-118, 2017.
- [2] UNESCO (Ed.). **Mensagem da UNESCO para o Dia Mundial da Água**. Disponível em: <http://www.unesco.org/new/pt/brasil/about-this-office/single-view/news/unesco_message_for_the_world_water_day/>. Acesso em: 10 set. 2018.
- [3] LUCENA, Clara Yasmim De Souza. O reuso de águas residuais como meio de convivência com a seca no semiárido do Nordeste Brasileiro. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 4, p. 1-17, 2018.
- [4] DA SILVA, Mayssa Alves; DE SANTANA, Claudemir Gomes. **Reuso de Água: possibilidades de redução do desperdício nas atividades domésticas**. 2014.
- [5] NAKAMURA, Sérgio Yoshiyuki et al. Aplicação de uma técnica para melhoria da qualidade do sistema de produção da água de reuso: um estudo de caso de uma ETE do Estado de São Paulo. 2017.
- [6] HESPANHOL, Ivanildo et al. Potencial de reuso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 7, n. 4, p. 75-95, 2002.
- [7] SANTOS, Reginaldo Ferreira; MATSURA, Edson Eiji; SANTOS, Recieli Knöner. Implicações do reuso de efluente de esgoto doméstico tratado na irrigação agrícola. **Acta Iguazu**, v. 4, n. 2, p. 70-86, 2015.
- [8] BALASSIANO, Michel. **ANÁLISE DA APLICAÇÃO DE REÚSO DE ÁGUAS SERVIDAS: ESTUDO DE CASO DO CAXIAS SHOPPING**. 2018. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- [9] HESPANHOL, Ivanildo. A inexorabilidade do reuso potável direto. **Revista DAE, São Paulo**, 2015.
- [10] PHILLIPI, Caio Tucunduva. **Avaliação de um sistema de reuso de água: o caso de um parque temático**. 67f. Dissertação (Mestrado em saúde pública) – Programa de pós graduação em saúde pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
- [11] CUNHA, Vanessa Dias da. **Estudo para proposta de critérios de qualidade da água para reuso urbano**. 2015. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- [12] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13969: Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação**. Rio de Janeiro, 1997, 60 p.
- [13] NITERÓI. Lei nº 2.856, de 25 de julho de 2011. Estende as obrigações da Lei nº 2.630, de 07 de janeiro de 2009, instituindo mecanismos de estímulo à instalação de sistema de coleta e reutilização de águas servidas em edificações públicas e privadas. **Câmara Municipal de Niterói**, Niterói, 26 jul. 2011.
- [14] CAICÓ. Lei nº 4.593, de 19 de junho de 2013. Recomenda critérios e padrões de qualidade para água de reuso a ser utilizada nas seguintes atividades: produção agrícola, fins urbanos, piscicultura e dá outras providências. **Prefeitura Municipal de Caicó**, Caicó, 26 ago. 2013.
- [15] A&E (Rio Grande do Norte). **MANUAL DE OPERAÇÃO: ETE VERTICAL BIO + FBA UFERSA UNIDADE CARAÚBAS VAZÃO MÉDIA 7,53m³/h**. Natal, 2005. 60 p.
- [16] COSTA, Maria Natália. **ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO DA UFERSA CAMPUS DE CARAÚBAS-RN**. 2017. 60 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Caraúbas, 2017.
- [17] BRAGA, Rayne Goulart; JÚNIOR, Leopoldo Uberto Ribeiro. Avaliação técnica e econômica para o reuso de água cinza em uma instituição de ensino no município de Itajubá. **Revista Científica da FEPI-Revista Científic@ Universitas**, v. 4, n. 1, 2017.
- [18] DE CARVALHO, Thiago Morato. Técnicas de medição de vazão por meios convencionais e não convencionais. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 1, n. 1, p. 73-85, 2008.
- [19] FERNANDES, Ana Cláudia Araújo et al. **Avaliação do potencial de reuso de água residuária da ETE Dom Nivaldo Monte para fins não potáveis**. 2018.
- [20] SABESP. **Água de reuso**. Disponível em: <<http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=583>>. Acesso em: 16 ago. 2018.
- [21] SELLA, Marcelino Blacene. Reuso de águas cinzas: avaliação da viabilidade da implantação do sistema em residências. 2011.
- [22] SEBRAE (Ed.). **Prazo de Retorno do Investimento**. Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/prazo-de-retorno-do-investimento-pri,90da5415e6433410VgnVCM1000003b74010aRCRD>>. Acesso em: 22 ago. 2018.

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Central Orlando Teixeira (BCOT)
Setor de Informação e Referência (SIR)



Bibliotecário-Documentalista
Nome do profissional, Bib. Me. (CRB-15/10.000)