AVALIAÇÃO DE VIABILIDADE PARA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE REÚSO DE ÁGUAS CINZA NO TERMINAL DE PASSAGEIROS DO AEROPORTO INTERNACIONAL PINTO MARTINS

André Bezerra dos Santos
Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental – DEHA, Universidade Federal do Ceará
Campus do Pici, bloco 713, Pici.– CEP.: 60455-900. Fortaleza/CE
Fone: (85) 3366-9490; andre23@ufc.br

Lucas Lima Monteiro
Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária - INFRAERO
Av. Santos Dumont, 9000 – Bairro Aventureiro – CEP.: 89224-470 – Joinville/SC
Fone: (47) 3417-4094; lucasmonteiro@infraero.gov.br

RESUMO

Motivado pela escassez hídrica, pela busca da redução de impactos ambientais e o uso racional de águas, este trabalho analisa a viabilidade de implantação de tecnologias de reúso de águas cinza em aeroportos, com proposta de aplicação no Terminal de Passageiros (TPS) do Aeroporto Internacional Pinto Martins em Fortaleza. Assim, avaliou-se a relação entre produção de efluentes e demanda para fins não potáveis, caracterizando os principais geradores desses efluentes, e a viabilidade financeira para a implantação do sistema. A proposta mostrou-se tecnicamente viável, com uma eficiência quantitativa que supriria 47,52% da demanda, e tempo de retorno de investimento de 25 meses.

Palavras chave: Águas cinza, reúso, efluentes, Terminal de Passageiros, Aeroporto Pinto Martins.

1. INTRODUÇÃO

Diante da escassez hídrica mundial, têm-se buscado cada vez mais, a utilização de métodos que propiciem a racionalização do consumo de água potável e sua consequente redução dos impactos ambientais. A reutilização de efluentes já é uma realidade em várias indústrias e residências, principalmente com o reúso de águas cinza, que são basicamente o esgoto residencial sem a contribuição das bacias sanitárias e mictórios. Esse tipo de efluente possui uma menor concentração de contaminantes, o que indica um tratamento mais simplificado e por sua vez, mais barato.

Aeroportos de grande movimentação requerem volumes grandes de água para consumo humano e manutenção de sua infraestrutura, sendo assim uma edificação potencial para estudos de viabilidade e gerenciamento de recursos hídricos.

A proposta deste trabalho consiste em avaliar a viabilidade de implantação de um sistema de reúso de águas cinza para uso não potável no Terminal de Passageiros (TPS) do Aeroporto Internacional Pinto Martins, em Fortaleza-CE. Assim, foram buscados os seguintes objetivos específicos:

- Estimar o consumo de água potável no aeroporto de Fortaleza;
- Estimar a demanda de água para usos de fins não potáveis no aeroporto;
- Identificar e caracterizar os dispositivos produtores de águas cinza no aeroporto;
- Caracterizar qualitativamente e quantitativamente os efluentes de águas cinza produzidos no TPS.

2. METODOLOGIA

A avaliação de viabilidade de implantação de sistema de reutilização de águas cinza no aeroporto de Fortaleza, proposta neste trabalho, considerou basicamente dois parâmetros: um quantitativo, no qual se buscou estimar a produção do efluente e compará-la com a demanda para o uso não potável; e um qualitativo, no qual se buscou as características físicas, químicas e biológicas e as comparou com os parâmetros mínimos normatizados.

O consumo de água no terminal de passageiros foi estimado a partir de uma planilha eletrônica, que por meio de uma regressão linear, simulou o consumo e produção de efluente em cada dispositivo hidráulico do aeroporto. Tendo em mãos essa ferramenta validada, foi possível estimar as quantidades produzidas de efluentes e os valores demandados de água não potável no prédio. Para a definição dos parâmetros fixos na planilha, foi realizada a caracterização do TPS e buscados na literatura parâmetros condizentes com a realidade de uso dos dispositivos hidráulicos de uma edificação.

2.1. Caracterização do Terminal de Passageiros (TPS)

As informações utilizadas para compor a caracterização do TPS do aeroporto de Fortaleza foram obtidas a partir de dados oficiais disponibilizados no endereço eletrônico da Infraero e de documentos disponibilizados pela administradora em meio físico e digital, tais como relatórios, dados de acompanhamento e projetos da obra de reforma e ampliação do aeroporto licitada em 2012 em nível de Estudo Preliminar e Projeto Básico. Além dos documentos utilizados, foram realizadas visitas ao aeroporto de forma a obter novas informações e ainda atualizar os dados para o ano de referência de 2016.

2.2. População

Neste estudo, os dados populacionais foram divididos em dois grupos principais, denominados: população flutuante, composta por passageiros e acompanhantes cujo tempo de permanência no terminal é curto e possui alta rotatividade; e população fixa, composta pelos funcionários que trabalham no aeroporto, cujo tempo de permanência no aeroporto é maior e com menor rotatividade.

2.2.1. População Flutuante

Para quantificar a população flutuante do aeroporto, utilizou-se os dados do Anuário Estatístico Operacional de 2015 (INFRAERO, 2016), que informa a movimentação anual de passageiros no ano de 2015.

Para cada passageiro embarcando ou desembarcado no TPS foi estipulado um coeficiente de acompanhante equivalente a 1, que

representa as pessoas no terminal que não estão viajando, mas que vieram deixar ou receber alguém no aeroporto. Essa premissa foi adotada com base no Relatório Técnico Justificativo de Instalações Hidrossanitárias (ENGEVIX, 2011), que também utiliza essa informação para o dimensionamento dos sistemas hidráulicos.

Por fim, a população flutuante foi definida como o somatório do número de passageiros e acompanhantes o aeroporto.

2.2.1. População Fixa

A população fixa do aeroporto foi definida com base no número de funcionários credenciados para trabalhar no aeroporto. A informação referente ao número de funcionários trabalhando no TPS foi repassada pelo setor de credenciamento da Infraero. Uma vez que nem todos os profissionais credenciados atuariam simultaneamente, considerou-se a população fixa equivalente a 75% dos credenciados, conforme sugerido pelo Memorial de Critérios e Condicionantes de Água Fria – GE.01/501.75/00853/05 (INFRAERO, 2013).

2.3. Estimativa de consumo de água

Para estimar o consumo de água no TPS, foi criado uma planilha eletrônica com um modelo de regressão para simular o consumo e a demanda de água a partir de informações de quantidade de usuários, frequência de uso, consumo médio por utilização de cada dispositivo hidráulico etc.

As parcelas masculina e feminina da população, a quantidade de usuários que efetivamente utilizam os chuveiros e as frequências de uso, foram baseados em informações de documentos fornecidos pela Infraero, dos quais: o Estudo Preliminar - FZ.01/500.73/03805/03 (ENGEVIX, 2011) e o Memorial de Critérios e Condicionantes – MCC – GE.01/501.75/00853/05 (INFRAERO, 2013), que sugerem valores para serem utilizados nos cálculos de dimensionamento das instalações hidráulicas do aeroporto.

2.4. Estimativa de demanda por água não potável

A demanda potencial do aeroporto por água foi definida como a utilizada nas descargas de bacias sanitárias e mictórios e para resfriamento dos equipamentos de ar-condicionado, que além de apresentar grandes vazões, se enquadram na classificação da NBR 13.969/97 entre as classes 2 e 3 de reúso.

A quantificação da demanda por água não potável em descargas foi definida a partir da planilha eletrônica utilizada no cálculo do consumo, enquanto o volume de água necessário às torres de resfriamento foi obtido de informações fornecidos pela Infraero.

2.5. Estimativa de produção de águas cinza

Neste estudo, foram considerados efluentes de águas cinza os provenientes dos chuveiros, lavatórios, bebedouros e condensadores do sistema de refrigeração do TPS.

Para a estimativa da produção de efluentes do chuveiro e lavatório foi utilizado a mesma planilha eletrônica de consumo de água com um coeficiente de retorno de 0,8, que indica que 80% da água consumida se tornaria efetivamente esgoto, seguindo o mesmo parâmetro utilizado pela concessionária de água e esgoto local.

Para os bebedouros, foi considerado um coeficiente de retorno de 40%, considerando que o desperdício de água em bebedouros estaria entre 40% e 60% (ANDRADE E VIEIRA, 2012).

Para a identificação do volume de água gerada nos condensadores do sistema de refrigeração, foi realizado uma pesquisa de campo, na qual, dispondo de um vasilhame com volume conhecido, cronometrou-se o tempo necessário para o enchimento, obtendo-se assim a vazão do efluente, possibilitando, por sua vez, o cálculo do volume diário e mensal.

2.6. Caracterização de águas cinza produzidas no TPS

Com o intuito de caracterizar qualitativamente os efluentes de águas cinza gerados no TPS foram coletadas amostras de cada ponto gerador, as quais foram encaminhadas ao Laboratório de Saneamento

Ambiental da UFC – LABOSAN para realização dos ensaios de caracterização.

2.7. Avaliação financeira da proposta

Considerando as tabelas tarifárias praticadas pela concessionária de água e esgoto local (CAGECE) e que a mesma forneceria toda água utilizada no TPS no período, a partir de valores médios de investimento, manutenção e operação foi estimada a economia gerada com a implantação do sistema e seu respectivo tempo de retorno.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Caracterização do sistema de abastecimento do TPS e unidades consumidoras

Atualmente, o abastecimento de água potável no TPS é realizado principalmente por captação de água subterrânea, por meio três poços, e complementado com água fornecida pela CAGECE. Após pré-acondicionamento em cisternas, a água é bombeada para um reservatório superior central que faz a distribuição para o TPS e ainda para outras unidades consumidoras externas, cujos consumos são monitorados por hidrômetros, com exceção das torres de resfriamento, que conforme estimativa da Infraero, é em torno de 90m³/mês ou 3m³/dia. Os consumos médios diários dessas unidades, assim como o consumo mensal nos anos de 2015 e 2016, são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Consumo diário e mensal das unidades externas abastecidas pelo reservatório do TPS

Unidades independentes		
BR	2,616	m³/dia
Posto de combustível 1	1,616	m³/dia
Posto de combustível 2	0,447	m³/dia
Abastecimento Aeronaves	2,027	m³/dia
Cloaca	2,077	m³/dia
EEE	0,408	m³/dia
Estação de Transbordo	0,447	m³/dia
Torres de Resfriamento	3,000	m³/dia
Total Diário	**9,638**	**m³/dia**
Total Mensal	**289,127**	**m³/mês**

3.2. Caracterização da população

3.2.1. População Flutuante

A população de passageiros e acompanhantes que utilizam as instalações do terminal de passageiros foi estimada com base no anuário do aeroporto que indica a quantidades de pessoas embarcando e desembarcando no TPS nos últimos anos. Para os acompanhantes foi utilizado um coeficiente de 1, ou seja, para cada passageiro haveria em média um acompanhante. Uma estimativa da população flutuante no TPS é apresentada na Tabela 2.

Tabela 2: Estimativa da população flutuante no TPS.

Estimativa da População Flutuante (Ano Ref.:2015)			
Nº Pax:	6.338.001	Média Pax/dia:	17.364
Coefic. p/ acomp.:	1	Média Acomp./dia:	17.364
População Total Flutuante/dia (2015):			**34.729**

3.2.1. População Fixa

A estimativa de população fixa do aeroporto foi realizada com base em relatório emitido pelo setor de credenciamento do aeroporto que indica a quantidade de funcionários total no sítio aeroportuário por empresas, dos quais foram considerados apenas que os que atuam diretamente no terminal de passageiros. Uma vez que nem todos os funcionários estariam trabalhando ao mesmo tempo em função de férias, escala, afastamentos, etc. considerou-se o coeficiente de 75% do número de pessoas habilitadas a trabalhar no TPS para o valor da população fixa, conforme sugerido no Memorial de Critérios e Condicionantes (INFRAERO, 2013). Uma estimativa da população fixa no TPS é apresentada na Tabela 3.

Tabela 3: Estimativa da população fixa no TPS.

Estimativa da População Fixa (ano ref.: 2015)			
Nº Func. Credenciados:	4.188	Nº Func. que atuam no TPS:	3.468
Coef. para de usuários/dia:	0,75	**População que utiliza instalações:**	**2.601**

3.3. Caracterização dos dispositivos hidráulicos

Para a estimativa de consumo de água e produção de efluentes foi necessário a caracterização dos dispositivos com definições de características de vazão, uso, tempo de uso, percentual de pessoas que utilizam o equipamento, número de refeições e quantidade de água por refeição.

Os coeficientes de uso e percentual de população que utilizam as instalações foram estimados de acordo com o Memorial de Critérios e Condicionantes – MCC (INFRAERO, 2013). Já as vazões dos dispositivo e tempo médio de uso foram estimados com base em pesquisa bibliográfica:

- Bacias sanitárias: foram consideradas vazões diferentes para homens e mulheres, considerando que as mulheres utilizam o sanitário para resíduos sólidos e líquidos. Assim tem-se uma média de 9L/uso para os homens conforme site da ROTOGINE (2018) e 6,5L para as mulheres, utilizando dados de vazão do MCC da Infraero;
- Pias de Cozinha: o consumo utilizado foi de 11L/refeição conforme trabalho de SOUZA et al. (2012) que verificaram o volume médio de água usado por refeição nos restaurantes de Cascavel no Paraná;
- Chuveiro: foi considerada uma vazão média de 12,6L/min (site da ROTOGINE) e um tempo de uso de 8 minutos.
- Pia de lavatório: 3L/uso para pias convencionais, considerando uma vazão de 9L/min e um tempo de uso médio de 20s, conforme site ROTOGINE; e 0,9L/uso para pias com sensores considerando vazão de 0,1L/s (SABESP, 2012) e tempo de uso de 9s (INAGAKI; PERSONA, 2012);
- Mictórios: 1L/uso, uma vez que todos os mictórios são eletrônicos e possuem sensor de presença;
- Bebedouros: foram considerados 0,25L por usuário da população fixa conforme preconizado no MCC (INFRAERO, 2013).

3.4. Estimativa do consumo de água

Os dados de vazão, coeficientes e população obtidos anteriormente, foram utilizados como entrada em uma planilha para simular os consumos dos dispositivos por meio de uma regressão linear. As estimativas dos consumos de água da população fixa e flutuante são apresentadas nas Tabela 4 e 5, respectivamente.

A partir do consumo das unidades externas somados ao das populações flutuante e fixa, obteve-se o consumo médio mensal, equivalente a 8.870,13 m³. Esse valor foi comparado com valores de consumo registrados pela INFRAERO por leitura de hidrômetros e compilados em uma planilha eletrônica. Para o ano de 2015 (ano de referência do estudo) foi obtida uma média de consumo mensal de 8.808,27m³ (MONTEIRO, 2016), o que indica um erro percentual da planilha de 0,7%, que pode ser atribuído as incertezas dos coeficientes utilizados, mas mesmo assim ainda um valor baixo que pode ser um bom indicativo da validade do modelo de regressão utilizado para a obtenção dos valores de consumo.

Tabela 4**: Estimativa de consumo de água da população flutuante.**

Estimativa de Consumo Situação Atual População Flutuante					
Masculino			**Feminino**		
Percentual:	60%		Percentual:	40%	
Pop. Total:	20.837		Pop. Total:	13.892	
Bacias Sanitárias (válvula convencional)					
Nº de usos:	0,25	vezes/dia	Nº de usos:	0,5	vezes/dia
Consumo:	9	L/uso	Consumo/uso:	6,5	L/uso
Consumo diário:	**46,88**	**m³/dia**	**Consumo diário:**	**45,15**	**m³/dia**
Lavatório (sensor de presença)					
Nº de usos:	0,75	vezes/dia	Nº de usos:	0,5	vezes/dia
Consumo:	0,9	L/uso	Consumo:	0,9	L/uso
Consumo diário:	**14,07**	**m³/dia**	**Consumo diário:**	**6,25**	**m³/dia**
Mictório					

Nº de usos:	0,5	vezes/dia	Nº de usos:	0	vezes/dia
Consumo:	1	L/uso	Consumo:	1	L/uso
Consumo diário:	**10,42**	**m³/dia**	**Consumo diário:**	**0,00**	**m³/dia**
Pias Rest. e Lanchonetes			**Bebedouros**		
Nº de refeições:	7726	refeições	Nº de usuários:	17364	
Consumo:	11	L/refeição	Consumo:	0,25	L/dia
Consumo diário:	**84,99**	**m³/dia**	**Consumo diário:**	**4,34**	**m³/dia**
Consumo Total Diário População Flutuante:				**212,09**	**m³/dia**
Consumo Total Mensal População Flutuante:				**6.362,82**	**m³/dia**

Tabela 5: Estimativa de consumo de água da população fixa.

Estimativa de Consumo Situação Atual Pop. Fixa					
Masculino			**Feminino**		
Percentual:	60%		Percentual:	40%	
Pop. Total:	1.561		Pop. Total:	1.040	
Bacias Sanitárias (válvula convencional)					
Nº de usos:	1	vezes/dia	Nº de usos:	3	vezes/dia
Consumo/uso:	9	L/uso	Consumo/uso:	6,5	L/uso
Consumo diário:	**14,05**	**m³/dia**	**Consumo diário:**	**20,29**	**m³/dia**
Lavatório					
Nº de usos:	3	vezes/dia	Nº de usos:	3	vezes/dia
Consumo:	3	L/uso	Consumo:	3	L/uso
Consumo diário:	**14,05**	**m³/dia**	**Consumo diário:**	**9,36**	**m³/dia**
Mictório					
Nº de usos:	2	vezes/dia	Nº de usos:	0	vezes/dia
Consumo:	1	L/uso	Consumo:	1	L/uso
Consumo diário:	**3,12**	**m³/dia**	**Consumo diário:**	**0,00**	**m³/dia**
Chuveiro convencional					
Usuários:	47	func./dia	Usuários:	31	func./dia
tempo de uso:	8	min/dia	tempo de uso:	8	min/dia
Consumo:	12,6	L/min	Consumo:	12,6	L/uso
Consumo diário:	**4,72**	**m³/dia**	**Consumo diário:**	**3,15**	**m³/dia**
Pias (Copas)			**Bebedouros**		
Nº de usuários:	520	(0,2%*)	Nº de Func.	2601	
Tempo de uso:	1	min/dia	Consumo:	0,25	L/func.
Consumo:	3	L/min	**Consumo diário:**	**0,65**	**m³/dia**
Consumo diário:	**1,56**	**m³/dia**			
Consumo Total Diário População Fixa:				**70,94**	**m³/dia**
Consumo Total Mensal População Fixa:				**2.128,19**	**m³/dia**

3.5. Estimativa da demanda de água não potável

A partir do modelo de regressão utilizado para determinar o consumo de água mensal, foi estimada a demanda por água não potável considerando apenas as bacias sanitárias, mictórios e torres de resfriamento, o que resultou num total diário de 142,90m³ e 4.287,13 m³ mensais, como pode ser observado na Tabela 6.

Tabela 6: Demanda por água não potável no TPS.

Demanda não-potável situação atual					
Demanda não-potável População Flutuante					
Masculino (60%)			Feminino (40%)		
Pop.:	20.837		Pop.:	13.892	
Bacias Sanitárias					
Cons.:	46,88	m³/dia	Cons.:	45,15	m³/dia
Mictório					
Cons.:	10,42	m³/dia	Cons.:	0,00	m³/dia
			Consumo Total:	102,45	m³/dia
Demanda não-potável População Fixa					
Masculino (60%)			Feminino (40%)		
Pop.:	1.561		Pop.:	1.040	
Bacias Sanitárias					
Cons.:	14,05	m³/dia	Cons.:	20,29	m³/dia
Mictório					
Cons.:	3,12	m³/dia	Cons.:	0,00	m³/dia
			Consumo Total:	37,45	m³/dia
Demanda não-potável Torres de Resfriamento					

Consumo Total:	3,00	m³/dia
Demanda diária:	**142,90**	**m³/dia**
Demanda Mensal:	**4.287,13**	**m³/dia**

3.1. Estimativa de produção de águas cinza

A produção de efluentes do chuveiro, lavatório e bebedouros foi obtida a partir da planilha de consumo de água, na qual foi considerado que 80% do consumo dos chuveiros e lavatórios se tornaria efetivamente efluente e 40% para os bebedouros. Assim, obteve-se uma produção equivalente a 41,27m³/dia.

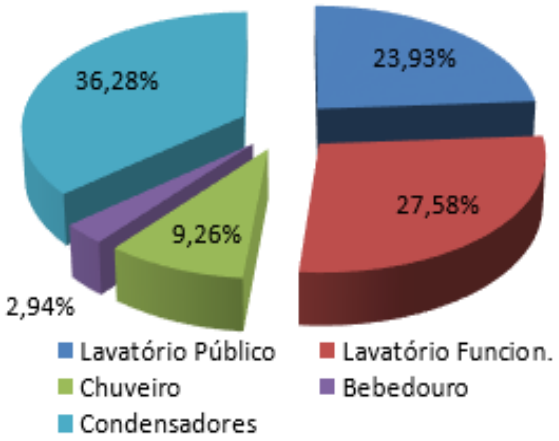
Já para a produção de efluente nos drenos do ar-condicionado, foi feito um ensaio de vazão em campo, no qual a partir de um vasilhame com volume conhecido foi cronometrado o tempo necessário para o enchimento, obtendo-se assim a vazão de cada equipamento. A média de produção total do sistema de refrigeração do TPS é de 24,64m³/dia de acordo com Monteiro (2016).

A produção de águas cinza no terminal de passageiros é apresentada de forma resumida na Tabela 7, sendo a distribuição percentual da produção de águas cinza no TPS mostrada na Figura 1.

Tabela 7: Produção de águas cinza no TPS

Produção de águas cinza para a situação atual		
Lavatório população flutuante	16,25	m³/dia
Lavatório população fixa	18,73	m³/dia
Chuveiro população fixa	6,29	m³/dia
Bebedouros	2,00	m³/dia
Condensação Fan coils	24,64	m³/dia
Produção Diária	**67,91**	**m³/dia**
Produção Mensal Total	**2.037,18**	**m³/mês**

Figura 1: Distribuição percentual da produção de águas cinza no TPS.



3.2. Eficiência quantitativa do sistema

A eficiência quantitativa do sistema foi medida através da relação de águas cinza produzida pela demanda de água não potável, através da equação (1) a seguir:

$$E\% = \frac{2.037,18}{4.287,13} \cdot 100 = 47,52\% \quad (1)$$

A eficiência quantitativa do sistema equivale a 47,52% da demanda de água, ou seja, o sistema de reúso poderia suprir quase metade da demanda, sendo necessária uma complementação de 2249,95 m³ por mês.

3.3. Caracterização dos efluentes de água cinza

Para se ter uma ideia das características do efluente gerado de forma que seja possível futuramente avaliar a viabilidade de tratamento, foram coletadas amostras de efluentes provenientes de lavatórios, bebedouros e condensadores de ar. Para o chuveiro, foram consideradas os dados obtidos no trabalho de Couto (2012). Os parâmetros obtidos com a análise são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8: Características efluente de águas cinza produzidas no TPS.

Parâmetro		Unidade	Origem				
			Lavatório Público	Lavatótio Mant.	Bebed.	*fan coils*	Chuveiro (COUTO, 2016)
Físico	Turbidez	NTU	49,0	131,0	11,0	4,1	26,1
	Sólidos Totais (ST)	mg/L	362,0	454,0	226,0	36,0	404,1

	Sólidos Susp. Totais (SST)	mg/L	148,0	196,0	90,0	16,0	99,9
Comp. Org.	DQO total	mg/L	287,0	324,0	176,7	39,0	159,0
	DQO filtrada	mg/L	177,0	187,0	113,3	29,0	
Químicos	Amonia Total	mg-N/L	5,0	0,6	0,6	2,8	26,7
	NTK	mg-N/L	7,3	2,2	1,7	13,4	35,5
	Nitrito (NO_2)	mg-N/L	<L.D.	<L.D.	<L.D.	0,4	
	Nitrato (NO_3)	mg-N/L	<L.D.	0,1	<L.D.	0,1	5,5
	Sulfato	mg/L	7,1	5,8	3,3	1,0	
	Fosfato	mg/L	<L.D.	<L.D.	<L.D.	0,7	2,4
Bio.	Coliformes Termotolerantes	NMP/ 100ml	<1	<1	<1	<1	592,0

Como a análise foi realizada individualmente, as características do efluente total de águas cinza gerado no terminal de passageiros foi obtida a partir da multiplicação dos parâmetros específicos pelos respectivos percentuais proporcionais da produção no TPS.

As características das águas cinza geradas no aeroporto podem ser observadas na Tabela 9.

Tabela 9: Características efluente de águas cinza produzidas no TPS.

Parâmetro	Unidade	Origem e %					
		Lavatório Público	Lavatório Manut.	Bebedouro	*Fan coils*	Chuveiro	Total
		23,93%	27,58%	2,94%	36,28%	9,26%	100%
Turbidez	NTU	11,7	36,1	0,3	1,5	2,4	**52,1**
Sólidos Totais	mg/L	86,6	125,2	6,6	13,1	37,4	**269,0**
Sólidos Susp. Totais	mg/L	35,4	54,1	2,6	5,8	9,2	**107,2**
DQO total	mg/L	68,7	89,4	5,2	14,2	14,7	**192,1**
DQO filtrada	mg/L	42,4	51,6	3,3	10,5		
Amônia Total	mg-N/L	1,2	0,2	0,0	1,0	2,5	**4,9**
NTK	mg-N/L	1,7	0,6	0,0	4,9	3,3	**10,6**
Nitrito	mg-N/L	<L.D.	<L.D.	<L.D.	0,4		
Nitrato	mg-N/L	<L.D.	0,1	<L.D.	0,1	5,5	**5,7**
Sulfato	mg/L	1,7	1,6	0,1	0,4		
Fosfato	mg/L	<L.D.	<L.D.	<L.D.	0,3	0,2	**0,5**
Coliformes Termot.	NMP/ 100ml	<1	<1	<1	<1	54,8	**54,8**

3.4. Avaliação financeira

3.4.1. Tarifas de água e esgoto

Para a avaliação financeira da implantação de um sistema reúso de águas cinza no aeroporto de Fortaleza, foram consideradas as tarifas de água e esgoto praticadas pela concessionária local no ano de 2016, ano de referência deste estudo. Os dados foram obtidos no site da empresa, apontavam uma tarifa de R$ 9,75 para o metro cúbico de água potável e R$ 10,73 para esgoto.

3.4.2. Custo de implantação da ETAC

Conforme SANTOS (2016), os custos de instalação de uma estação de tratamento em nível terciário variam de acordo com a vazão e estariam entre R$ 180.000,00/L/s e R$ 200.000,00/L/s. Neste trabalho foi adotado um valor médio R$ 190.000,00/L/s. Considerando que foi obtido uma vazão de águas cinza de 0,786L/s, o custo de implantação da ETAC seria equivalente a R$ 149.330,07.

3.4.3. Custo de adequação das instalações de esgoto

Os custos de adequação das instalações hidrossanitárias de esgoto, foram estimadas com base no orçamento gerado para a licitação da obra de reforma e ampliação do aeroporto Pinto Martins. No documento FZ.01/000.88/06369/01 (CPM NOVO FORTALEZA, 2012) há uma estimativa de custos para a reforma total dos sistemas hidrossanitários com a respectiva separação de efluentes de águas cinza e negra. O valor apresentado, reajustado para o ano de 2016, conforme MONTEIRO (2016) é equivalente a R$ 518.950,16.

3.4.4. Custo de operação e manutenção

Conforme SANTOS (2016), os custos de manutenção e operação de uma estação de tratamento de águas cinza estaria entre R$ 1,50 e R$ 2,50 por m³. Para este estudo foi considerado um valor equivalente a R$ 2,00. Considerando uma produção mensal de 2.037,18 m³, seriam necessários R$ 4.074,35 por mês para manter a ETAC.

3.4.1. Economia gerada com a implantação do sistema

A economia média mensal gerada com a implantação do sistema é obtida a partir da soma da redução de consumo dos serviços de água e esgoto, subtraídos das despesas de operação e manutenção. O valor economizado é de R$ 32.297,40, onde seu cálculo é ilustrado na Tabela 10.

Tabela 10: Economia mensal gerada.

Serviço	Quant. (m³/mês)	Tarifa (R$/m³)	Economia mensal
Água	2.037,18	9,75	-R$ 19.862,47
Esgoto	1.629,74	10,13	-R$ 16.509,28
Operação	2.037,18	2,00	R$ 4.074,35
		Economia Total:	-R$ 32.297,40

3.4.1. Tempo de retorno do investimento

O tempo de retorno de implantação do sistema proposto foram calculados a partir dos valores de investimento, economia mensal e calculando-se a economia de cada mês atualizada para o ano de referência (2016).

A atualização de valores foi realizada com base na equação (2) proposta por ANA, FIESP e SINDUSCON-SP (2005).

$$AF = \frac{B}{(1+r)^2} \quad (2)$$

A sigla "AF" refere-se ao valor da economia atualizada para o mês presente, "B" refere-se ao valor de economia mensal presente encontrado e "r" é taxa de retorno mensal, que foi considerada equivalente a taxa SELIC real de novembro de 2016 (14% ao ano e 1,098% ao mês).

A projeção das parcelas atualizadas é representada na Tabela 11, que indica que o total do investimento seria retornado no 25º mês após a implantação do sistema.

Tabela 11: Projeção do tempo de retorno de investimento.

Custo de Implantação	R$ 668.280,23
Economia Mensal	R$ 32.297,40
Projeção de economia	
1	R$ 31.946,66
2	R$ 31.599,73
3	R$ 31.256,57
4	R$ 30.917,13
5	R$ 30.581,39
…	…
20	R$ 25.961,28
21	R$ 25.679,35
22	R$ 25.400,48
23	R$ 25.124,64
24	R$ 24.851,80
25	R$ 24.581,92
Total	**R$ 674.116,25**
Tempo de retorno (meses):	24,24

4. CONCLUSÃO

Um eventual reúso de águas cinza no TPS supriria 47,52% da demanda por água não potável do terminal.

A água gerada nos condensadores de ar-condicionado mostrou-se com um alto potencial para aproveitamento, uma vez que seu volume corresponde a 36,28% da produção de águas

cinza, a maior parcela de contribuição considerada.

A implantação de um sistema de reúso de águas cinza no aeroporto de Fortaleza mostrou-se viável quantitativamente e qualitativamente, considerando o alto volume potencial de água que pode ser economizada, além da possibilidade de utilização de tratamentos mais simplificados e baixo *payback* do investimento (pouco mais de dois anos).

5. REFERÊNCIAS

ANDRADE, O. F. de; VIEIRA, F. D. Avaliação do desperdício hídrico de água potável no uso de bebedouro elétrico de pressão por alunos de uma escola pública em Cabo Frio-RJ. Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego. Campo dos Goytacazes, 2012.

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.

COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ - CAGECE. Estrutura tarifária. Disponível em: www.cagece.com.br. Acesso em: 1 de out. 2016.

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO - SABESP. Equipamentos Economizadores. São Paulo, 2016. Disponível em: <http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=145>. Acesso em: 1 jun. 2016.

COUTO, E. de A. Avaliação do reúso de águas cinza em ambientes aeroportuários. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2012.

CPM NOVO FORTALEZA, Consórcio. FZ.01/000.88/06369/01 – Orçamento do Empreendimento 1. INFRAERO. Fortaleza, 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE INFRAESTRUTURA AEROPORTUÁRIA - INFRAERO. Anuário Estatístico Operacional 2015. Brasília, 2016. Disponível em: <http://www.infraero.gov.br/index.php/br/estatistica-dos-aeroportos.html>. Acesso em: 1 mar. 2016.

EMPRESA BRASILEIRA DE INFRAESTRUTURA AEROPORTUÁRIA - INFRAERO. Características Estruturais – Aeroporto Internacional Pinto Martins. Fortaleza, 2016. Disponível em: < http://www4.infraero.gov.br/aeroportos/aeroporto-internacional-de-fortaleza-pinto-martins/sobre-o-aeroporto/caracteristicas/>. Acesso em: 1 jul. 2016.

EMPRESA BRASILEIRA DE INFRAESTRUTURA AEROPORTUÁRIA - INFRAERO. GE.01/501.75/00853/05 - Memorial de Critérios e Condicionantes – Instalações de Água Fria. Brasília, 2013.

ENGEVIX ENGENHARIA. FZ.01/500.73/03805/03 – Relatório Técnico Justificativo – Instalações Hidrossanitárias. INFRAERO. Barueri, 2011.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS E INSTITTO BRASILEIRO DE ECONOMIA. Divulgação de Índice Nacional de Custo da Construção - INCC. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <http://www.portalibre.fgv.br. Acesso em: 1 de out. 2016.

MONTEIRO, L. L. Avaliação de Métodos de Racionalização de Consumo de Água Potável no Terminal de Passageiros do Aeroporto Internacional Pinto Martins. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

PROENÇA, L. C.; GHISI, E. Estimativa de usos finais de água em quatro edifícios de escritórios localizados em Florianópolis. Ambiente Construído. Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Porto Alegre, 2009.

ROTOGINI. Água: Sabendo usar não vai faltar, Cotia. Disponível em: < http:// http://www.rotogine.com.br/site/?page_id=205/>. Acesso em: 1 jul. 2018.

SOUZA, D. P. de; SANTOS, R. K.; SANTOS, R. F. Estimativa de consumo de água em restaurantes na cidade de Cascavel - PR. Acta Iguazu. Cascavel, 2012.

SANTOS, A. B. Reúso de Água Cinza. Talk show sobre resíduos sólidos e reúso de água, CREA-CE, apresentado em 2 de junho de 2015. DEHA. Fortaleza, 2016.