

**Análise da viabilidade da instalação de um sistema de reúso de água  
cinza na pontifícia universidade católica de Minas Gerais unidade  
Barreiro**

**Feasibility analysis of the installation of a gray water reuse system in the  
pontifical catholic university of Minerals Barreiro Unit**

DOI:10.34117/bjdv5n8-119

Recebimento dos originais: 14/07/2019

Aceitação para publicação: 28/08/2019

**Aline Heloisa de Carvalho Euzébio Teixeira**

Bacharel em Engenharia Civil

Endereço: Av. Dom José Gaspar, 500, Coração Eucarístico - Departamento de Engenharia  
Civil, Belo Horizonte - MG, Brasil  
E-mail: alinehct@hotmail.com

**Ana Luiza Silva**

Bacharel em Engenharia Civil

Especialização M. Eng. em Engenharia Sanitária e Ambiental

Instituição: Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

Endereço: Av. Dom José Gaspar, 500, Coração Eucarístico - Departamento de Engenharia  
Civil, Belo Horizonte - MG, Brasil  
E-mail: analuiza002@hotmail.com

**Brenda Vaz de Assis**

Bacharel em Engenharia Civil

Endereço: Av. Dom José Gaspar, 500, Coração Eucarístico - Departamento de Engenharia  
Civil, Belo Horizonte - MG, Brasil  
E-mail: brendavaz8@hotmail.com

**Isabela Aguiar de Oliveira**

Bacharel em Engenharia Civil

Endereço: Av. Dom José Gaspar, 500, Coração Eucarístico - Departamento de Engenharia  
Civil, Belo Horizonte - MG, Brasil  
E-mail: isabelaaguiar64@hotmail.com

**Jaqueline Coelho Silva**

Bacharel em Engenharia Civil

Especialização M. Eng. em Engenharia Sanitária e Ambiental

Instituição: Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

Endereço: Av. Dom José Gaspar, 500, Coração Eucarístico - Departamento de Engenharia  
Civil, Belo Horizonte - MG, Brasil  
E-mail: jaqueline.coelho013@gmail.com

**Paola da Silva Nogueira**

Bacharel em Engenharia Civil

Endereço: Av. Dom José Gaspar, 500, Coração Eucarístico - Departamento de Engenharia Civil, Belo Horizonte - MG, Brasil  
E-mail: paolahoje@gmail.com

**Raquel Sampaio Jacob**

Doutora em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Minas Gerais

Instituição: Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

Endereço: Av. Dom José Gaspar, 500, Coração Eucarístico - Departamento de Engenharia Civil, Belo Horizonte - MG, Brasil  
E-mail: raqueljacob@pucminas.br

**RESUMO**

Para reduzir o desperdício da água uma das alternativas sustentáveis é fazer o reúso de água cinza, que são aquelas originárias de chuveiros, lavatórios, máquinas e tanques de lavar roupas. Neste contexto, o presente trabalho apresenta um estudo sobre a implantação de um sistema de reúso de água cinza na Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais Barreiro. Na metodologia levou-se em consideração o quantitativo de água cinza gerado, levantado a partir do número de pessoas na instituição e a vazão dos lavatórios. Foi realizada também a análise da demanda de água cinza; análise dos projetos da instituição; o dimensionamento da tubulação e do tratamento da água cinza; e, finalmente, análise da viabilidade financeira do sistema. A água cinza, que será tratada com wetlands, será destinada apenas a algumas regiões do jardim, pois a demanda é menor que a produzida. Além disso, foi verificado que a tubulação de água cinza já foi projetada prevendo um futuro reaproveitamento da água das pias dos banheiros. Já a rede coletora, foi dimensionada e atende os padrões determinados pelas normas vigentes. Por fim, a análise financeira demonstrou que há um alto investimento inicial para a implantação, porém o sistema gera uma economia de R\$ 3.060,59 por mês, sendo pago em aproximadamente 1 ano e 6 meses.

**Palavras-chave:** Água cinza; Reúso; Sustentabilidade; Wetlands.

**ABSTRACT**

To reduce water waste one of the sustainable alternatives is to reuse gray water, which comes from showers, washbasins, washing machines and tanks. In this context, this paper presents a study on the implementation of a gray water reuse system at the Pontifical Catholic University of Minas Gerais Barreiro. The methodology took into account the amount of gray water generated, based on the number of people in the institution and the flow rate of the washbasins. The analysis of gray water demand was also performed; analysis of the institution's projects; pipe sizing and gray water treatment; and finally, analysis of the financial viability of the system. The gray water, which will be treated with wetlands, will only be destined to some regions of the garden, as the demand is lower than the one produced. In addition, it was verified that the gray water pipe was already designed foreseeing a future reuse of water from the bathroom sinks. The collection network, on the other hand, was sized and meets the standards determined by the current rules. Finally, the financial analysis showed that there is a high

initial investment for the implementation, but the system generates savings of R \$ 3,060.59 per month, being paid in approximately 1 year and 6 months.

**Keywords:** Gray water; Reuse; Sustainability; Wetlands.

## **1. INTRODUÇÃO**

A reutilização de água cinza ganha importância devido a atual demanda de consumo da água potável. Segundo Lagemann (2012), a relação volume de água potável por habitante vem diminuindo constantemente, sendo o reúso de água cinza uma eficiente opção de sustentabilidade, sendo necessário a análise qualitativa e quantitativa do sistema a ser utilizado. (SELLA, 2011).

### **1.1 OBJETIVO**

O presente trabalho tem como objetivo apresentar um projeto de reúso de água cinza possível de ser instalado na Unidade Barreiro da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, avaliando as alternativas para sua aplicação tecnicamente e economicamente.

### **1.2 JUSTIFICATIVA**

A implantação do sistema de reutilização de água cinza em prédios educacionais como forma também de ensino e de pesquisa acadêmica é de grande valia, pois é uma maneira de replicar o conhecimento da área.

## **2. METODOLOGIA**

### **2.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DA PESQUISA**

Esta pesquisa retratou um estudo na PUC Minas Barreiro sobre a reutilização da água cinza. Este estudo se realizou em quatro etapas, sendo elas: cálculo de geração de água cinza, análise da sua demanda, dimensionamento do sistema de coleta e tratamento de água cinza, além da análise financeira do sistema.

### **2.2 LEVANTAMENTO QUANTITATIVO DE ÁGUA CINZA**

O cálculo estimado da geração de água cinza foi baseado no consumo per capita diário dos lavatórios. Para estes valores foi considerado a frequência média diária e o estudo de caso realizado por Marinoski (2007), sendo suas equações adaptadas de acordo com as características da PUC Minas Barreiro (Equação 1 e 2):

$$C_{\text{médio dos lavatórios de retorno}} = f \times t \times Q \times 0,95 \quad (1)$$

Onde,

$C_{\text{médio dos lavatórios de retorno}}$

é a água cinza per capita média gerada dos lavatórios considerando coeficiente de retorno, ou seja, somente o que vai para o esgoto (Litros/dia/pessoa);

$f$  é a frequência média diária de uso do aparelho (número de vezes/dia);

$t$  é o tempo médio de uso do aparelho por vez de acordo com o manual do fabricante (segundos/vez);

$Q$

é a vazão média do lavatório de acordo com o manual do fabricante (litros/segundos);

$$C_{\text{total}} = C_{\text{médio dos lavatórios de retorno}} \times P \quad (2)$$

Onde,

$C_{\text{total}}$

é o volume médio de água cinza gerada efluente gerado e rapidez no processo de dos lavatórios por dia (litros/dia);

$P$  é a população adotada, maior dos últimos 3 anos na instituição.

### 2.3 DIMENSIONAMENTO DA TUBULAÇÃO DE REDE COLETORA DE ÁGUA CINZA

A tubulação que coleta a água cinza do prédio e a que transporta até a estação de tratamento foi projetada seguindo as orientações da NBR 9.649/1986. Para encontrar a vazão do trecho analisado adota-se a Equação 3.

$$Q = C_{\text{total}} \left( \frac{L}{S} \right) + (C \times \text{Inf}) \quad (3)$$

Onde:

$C$

é o comprimento da rede coletora (m);

$\text{Inf}$  é a taxa de infiltração (L/s x m).

Após esta etapa, pode-se determinar a lamina d'água, tensão trativa, velocidade crítica e velocidade final, conforme as diretrizes da NBR 9649/1986.

### 2.4 DIMENSIONAMENTO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO E RESERVATÓRIOS

A estação de tratamento foi planejada conforme o grau de pureza normatizado na NBR 13.969/1997, o sistema de tratamento escolhido seguiu as diretrizes da NBR 12.209/1990 e o dimensionamento do reservatório foi calculado conforme as diretrizes da NBR 5.626/1998. Sendo considerado os dados obtidos pela Equação 4:

$$Vt = (Cd/100) \times t \quad (4)$$

Onde:

$Vt$

é o volume armazenado (m<sup>3</sup>);

$Cd$  é o consumo diário (L/dia);

$t$  é o tempo de armazenamento (dias).

## 2.5 ANÁLISE DA DEMANDA DE ÁGUA CINZA

Para verificar a área verde existente e qual seria a demanda de água cinza no processo de irrigação dos jardins da Instituição, foram utilizados os softwares AutoCAD® e Excel®, ambos versão 2018, por meio dos projetos disponibilizados da Instituição de área irrigável.

## 2.6 ANÁLISE DA VIABILIDADE FINANCEIRA DO SISTEMA PROPOSTA DE TRATAMENTO DE ÁGUA CINZA

A análise financeira teve como base a teoria *payback* simples, ou seja, em quanto tempo o investimento retornará como lucro. A fórmula empregada é representada pela Equação 5 (SANTOS et al. 2016):

$$\text{payback} = \frac{I_0}{R_j} \div 12 \quad (5)$$

Onde,

*payback* é o tempo de retorno do investimento (anos);

$I_0$  é o investimento inicial do projeto (R\$), obtido conforme o orçamento feito através de pesquisa de mercado e tabelas do SETOP e SINAPI, sem considerar mão de obra, uma vez que a universidade possui funcionários qualificados para a execução do projeto;  $R_j$  é as receitas geradas ao longo de um determinado período de tempo (R\$/mês), obtido através do preço médio cobrado pela COPASA (Companhia de Saneamento de Minas Gerais).

## 3. RESULTADOS

### 3.1 CÁLCULO DO QUANTITATIVO DE ÁGUA CINZA

Utilizando a frequência média de uso de 3,17, vazão média equivale a 0,0833 L/s e o tempo de acionamento da torneira compreende a 6 segundos, de acordo com o fabricante. Logo, ao adotar uma população de 5.655 pessoas, como foi informado pela infraestrutura da Instituição, a Equação 1 e 2 gera um consumo médio dos lavatórios de retorno de 1,5058 (Litros/pessoa/dia) e um consumo total de 8.381,0045 (Litros/dia).

### 3.2 DIMENSIONAMENTO DA TUBULAÇÃO DE COLETA E REDE COLETORA DE ÁGUA CINZA

Foi verificado que a tubulação de coleta de água cinza já foi projetada pela PUC Minas, prevendo um futuro reaproveitamento da água das pias dos banheiros. O diâmetro da tubulação será de 0,100 m, o mínimo exigido pela NBR 9649/1986. Transformando a Equação 2, o valor do consumo total será de 0,097 L/s e a vazão 0,134 L/s.

Como o resultado encontrado ficou abaixo do mínimo, foi considerado o valor mínimo de vazão para as duas redes coletoras, que foi preconizado pela norma NBR 9649/1986 de 1,5 L/s em qualquer trecho. Utilizando o Google Earth® determinou-se que a declividade do terreno é de 1 m. Após estes cálculos, determinou-se que a lâmina d'água é de 11,7%, abaixo do máximo de 75%; a velocidade crítica de 1,62m/s, menor que a velocidade final de 2,91 m/s; e a tensão trativa de 74Pa, maior que o mínimo de 1 Pa.

### **3.3 PROJETO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DA ÁGUA CINZA E RESERVATÓRIO**

Ao analisar as características de diversos tipos de tratamento, optou-se pela utilização do sistema wetlands. Este sistema apresentou vantagens quanto ao custo de operação, manutenção e eficiência no processo. O diferencial do método escolhido para os demais tratamentos analisados foi o aspecto sustentável, por ser um sistema baseado em reações biológicas, e por contribuir para a harmonização estética do ambiente (IAQUELI, 2016).

Para o cálculo do dimensionamento da capacidade do reservatório será adotado a NBR 5.626/1998, utilizando a Equação 4, o volume total de armazenamento será 11,58m<sup>3</sup>. Para o presente trabalho será utilizado um reservatório para capacidade de 12 m<sup>3</sup>.

### **3.4 ANÁLISE DA VIABILIDADE FINANCEIRA DO SISTEMA PROPOSTA DE TRATAMENTO DE ÁGUA CINZA**

O investimento inicial para a implantação do sistema de tratamento de água cinza em wetlands foi de R\$ 57.291,22. Para a parcela Rj, a economia utilizando água cinza tratada ao longo de um mês foi de R\$ 3.060,59, logo o resultado do payback da Equação 5 é de 1 ano e 6 meses.

## **4. CONCLUSÃO**

Após finalizado o estudo da instalação de um sistema de reúso de água cinza na PUC Minas Barreiro e analisando os dados obtidos, pode-se concluir que a reutilização do recurso hídrico se apresenta como uma ótima alternativa para a garantia da sustentabilidade, e

contribui para uma economia financeira. No que se refere à viabilidade técnica para a implantação do sistema, é viável, pois a PUC MINAS BARREIRO tem demanda de água cinza suficiente para o tratamento. A água tratada será utilizada na irrigação dos jardins.

Quanto à viabilidade financeira, a análise mostrou que existe um alto investimento inicial para a implantação, porém o sistema gera uma economia de R\$ 3060,59, sendo pago em 1 ano e 6 meses. Portanto o sistema é viável.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9649**: projeto de redes coletoras de esgoto sanitário. Rio de Janeiro: ABNT 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12209**: projeto de estações de tratamento de esgoto sanitário. Rio de Janeiro: ABNT, 1990.

IAQUELI, André Luiz. **Wetlands Construídos: Aplicações, benefícios e vantagens do sistema**. 2016. 14 f. Projeto de pesquisa – Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia. São Paulo, 2016. Disponível em: <<https://www.tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2016/03/Artigo-sobre-wetlands.pdf>>. Acesso em: 21 abr. 2018

LAGEMANN, Guinter. **Sistema integrado de reutilização de água, de forma adequada a seu grau de qualidade**. 2012. 63 f. Dissertação (Graduação) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2012. Disponível em: <<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/123456789/123456789/1/123456789.PDF>>. Acesso em: 05 nov. 2017.

MARINOSKI, Ana Kelly. **Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em instituição de ensino: estudo de caso em Florianópolis – SC**. 2007. 118 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Graduação em Engenharia Civil, Belo Horizonte. Disponível em: <[http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/tccs/TCC\\_Ana\\_Kelly\\_Marinoski.pdf](http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/tccs/TCC_Ana_Kelly_Marinoski.pdf)>. Acesso em: 01 out. 2017.

SANTOS, dos Marcos. **Análise de Viabilidade Econômica de um Sistema de Captação de água da chuva: estudo de Caso de uma Indústria de Refrigerantes**. In:

SELLA, Marcelino Blacene. **Reúso de águas cinzas: Avaliação da viabilidade da implantação do sistema em residências**. 2011, 87 f. Dissertação (Graduação) – Universidade

Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011. Disponível em:<<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/pdf>>. Acesso em: 05 nov. 2017.

SECRETARIA DE ESTADO DE TRANSPORTES E OBRAS PÚBLICAS DEMINAS GERAIS. Preços SETOP: Região Central sem Desoneração jan/2018. Belo Horizonte: SETOP, 2018. Disponível em:< [http://www.transportes.mg.gov.br/images-jan/201801\\_SETOP\\_CENTRAL\\_SEM\\_DESONERACAO.pdf](http://www.transportes.mg.gov.br/images-jan/201801_SETOP_CENTRAL_SEM_DESONERACAO.pdf) >Acesso em: 30 abr. 2018.

SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTOS E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL. Relatório de Insumos e Composições: mar/18 sem desoneração. [S.L.]: SINAPI, 2018. Disponível em:< [http://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downlo ads.aspx#categoria\\_648](http://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downlo ads.aspx#categoria_648)>. Acesso em: 30 abr. 2018.