

## II-404 - TRATAMENTO DE ÁGUA CINZA PARA REUSO NÃO POTÁVEL

### **Jeanne Dobgenski<sup>(1)</sup>**

Engenheira Civil pela Faculdade Anhanguera de Jundiaí. Mestre em Engenharia de Sistemas pela Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação (FEEC – UNICAMP). Coordenadora Acadêmica da Faculdade Anhanguera de Sumaré.

### **Odeildo Kum<sup>(2)</sup>**

Engenheiro Civil pela Faculdade Anhanguera de Jundiaí. Engenheiro Supervisor na CCR Autoban.

### **Otávio dos Santos Mascarenhas<sup>(3)</sup>**

Engenheiro Civil pela Faculdade Anhanguera de Jundiaí. Engenheiro na empresa Andaimos 3A Jundiaí.

### **Maria Aparecida Cruz Pinto<sup>(4)</sup>**

Engenheira Civil pela Faculdade Anhanguera de Jundiaí. Engenheira Civil na empresa AFP Construções.

### **Jorge Luiz da Paixão Filho<sup>(5)</sup>**

Tecnólogo em Saneamento Ambiental. Mestre e Doutor em Engenharia Civil pela Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Professor Doutor da Universidade Presbiteriana Mackenzie no Centro de Ciências e Tecnologias (CCT).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Av. Eugenia Biancalana Duarte, 501 – Jardim Primavera – Sumaré - SP - CEP: 13173-050 - Brasil - Tel: (19) 3045-2717 - e-mail: [jeanne.ddobgenski@anhanguera.com](mailto:jeanne.ddobgenski@anhanguera.com)

### **RESUMO**

Para evitar ou diminuir o *déficit* hídrico é importante usar a água de forma racional, controlar as perdas e o desperdício, além de fazer o reuso da água. O reuso pode ser considerado como o aproveitamento da água que foi previamente utilizada uma ou mais vezes, sendo ou não tratada. O objetivo deste trabalho é apresentar um sistema de tratamento de água cinza, composta apenas com o efluente da pia da cozinha, tendo em vista o reuso doméstico não potável. O sistema desenvolvido é composto de uma caixa de gordura, um dosador de polímero, um floculador, um decantador, um filtro duplo descendente e um reservatório para a água tratada. Ele foi testado com uma água sintética formulada para simular a água da pia da cozinha que era reservada e bombeada para a caixa de gordura. As análises realizadas mostraram o sistema é uma opção útil para tratamento do efluente da pia da cozinha, particularmente para pequena escala. As reduções de turbidez, cor e DQO ficaram em 99,7%, 99,6% e 90,7%, respectivamente. A pesquisa indica que este tratamento pode produzir água tratada em conformidade com os padrões de reutilização NBR 13969/97 e ANA (2005), alcançando o objetivo proposto.

**PALAVRAS-CHAVE:** Reuso, tratamento de água cinza, reuso doméstico de água.

### **INTRODUÇÃO**

A água possui um valor inestimável para o homem, afinal é o elemento que o mantém vivo. A quantidade total de água na terra é de aproximadamente um bilhão e 386 milhões de km<sup>3</sup> (REBOUÇAS apud TELLES e GUIMARÃES COSTA, 2010, pág. 2). Apesar de sua abundância na natureza é estimado que 95% seja de água salgada, 5% de água doce - sendo a maior parte sob a forma de gelo, e apenas 0,3% diretamente aproveitável, cuja predominância é da água subterrânea (RITCHER, AZEVEDO NETTO, 1991).

Um fato a ser considerado é que a disponibilidade de água doce é variável no tempo e no espaço, o que resulta em uma distribuição não uniforme em todo o planeta (MENDES, 2015), portanto também no Brasil. Historicamente a região brasileira que mais sofre com a escassez de água é o Nordeste, por seu clima semiárido, mas o mapa da seca está mudando no país.

Sabe-se que a região metropolitana de São Paulo cresce continuamente o que gera grande impacto nos seus recursos, já que a densidade demográfica está além do limite da sua capacidade hídrica (TELLES e GUIMARÃES COSTA, 2010, pág.14). A diminuição das chuvas; a má fiscalização das condições de uso da água e do solo; a ineficácia do planejamento realizado pelos órgãos do governo e o não gerenciamento dos recursos são fatores que implicam na atual falta de água.

A falta de saneamento básico causa consequências graves como a poluição e a degradação dos mananciais, pois a ausência de coleta e tratamento adequado do esgoto que retornará aos rios contribui para esse cenário. Esses dados alertam que é imperativo submeter a água a algum tratamento para que seja possível eliminar impurezas indesejáveis e nocivas, como vírus, bactérias, parasitas, substâncias tóxicas entre outros. E essa necessidade não se limita apenas a água potável, mas também para as que serão utilizadas em outros fins que não o consumo humano.

As pesquisas relacionadas com o reuso da água têm aumentado devido à grave crise hídrica sofrida pelo estado de São Paulo, especialmente. O estado passou por uma escassez hídrica devido a uma seca prolongada nos anos de 2014/2015 e foi protagonista no cenário nacional com o baixo volume de água no sistema Cantareira que abastece parte da região metropolitana de São Paulo.

A utilização de água de reuso é uma medida que pode ser tomada para diminuir a demanda por água dos mananciais superficiais, cuidando para que essa água seja utilizada para fins menos nobres como a limpeza do chão e a rega de plantas. No entanto, essa prática é pouco utilizada devido a uma visão pejorativa da população. Para estabelecer a utilização de água de reuso no cotidiano domiciliar são necessárias pesquisas que comprovem a qualidade sanitária. Portanto, o objetivo dessa pesquisa foi avaliar a composição da água cinza produzida em cozinhas domiciliares e propor um sistema alternativo de tratamento, cuja finalidade foi produzir um efluente para ser utilizado na limpeza de pisos e na irrigação de plantas ornamentais.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização dessa pesquisa um efluente de caixa de gordura foi coletado e caracterizado. Essa caixa de gordura está instalada na cidade de Campinas e o núcleo familiar dessa residência é composto por três pessoas, pai, mãe e filho. Para a caracterização o sobrenadante de gordura foi retirado e coletado somente a amostra líquida. Como a água da caixa de gordura apresenta uma variação na sua composição devido a alterações na rotina doméstica para o estudo de tratamento no sistema alternativo foi utilizado uma água sintética. A composição da água sintética foi utilizada conforme Hourlier et al. (2010) para representar a água cinza. Foi realizada uma comparação da água sintética e da água de cozinha.

Antes da elaboração de um sistema alternativo de tratamento de água cinza foi avaliada a coagulação/floculação em ensaios de jar teste. Para a realização desse ensaio foi utilizado um coagulante comercial utilizado para a limpeza de piscina. Não foi utilizado cloreto férrico ( $\text{FeCl}_3$ ) ou sulfato de alumínio ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ) pois o objetivo empregar um produto presente no ambiente domiciliar. Foi testado o polímero cloridróxido de alumínio fabricado pela empresa Arch química do Brasil. Nesse teste, em cada jarro foram adicionadas diferentes doses de coagulante em um litro de água sintética. Essa mistura foi agitada numa rotação máxima de 220 rpm durante 1 minuto e depois floculada por 15 minutos numa rotação de 40 a 50 rpm. Por fim, foi decantada por 10 minutos (RITCHER, 2009). Após o teste de jar test as amostras foram analisadas conforme standard métodos (APHA, 1998) para os seguintes parâmetros: pH, DQO, cor aparente e turbidez.

Na Tabela 1 são apresentadas as doses do polímero testadas, na Figura 1 pode ser visto o equipamento de jar test (teste dos jarros) e os resultados do teste dos jarros.

**Tabela 1 – Amostras para dosar o polímero no teste dos jarros**

| Teste | Repetição | Qtde polímero | Qtde de água bruta |
|-------|-----------|---------------|--------------------|
| 1     | 3x        | 1ml           | 1l                 |
| 2     | 3x        | 2ml           | 1l                 |
| 3     | 3x        | 4ml           | 1l                 |



**Figura 1 – Teste dos jarros – da esquerda para a direita são os testes 1, 2 e 3. Fonte: autores (2015).**

Um sistema alternativo foi desenvolvido para o tratamento da água cinzas. A concepção do sistema considera a operação de transporte do fluido por meio da gravidade. Atendendo esse requisito o sistema foi implementado com o uso de uma caixa de gordura (1) que recebe o efluente da pia da cozinha; um sistema simples de injeção de polímero (2), produto químico, para agregar partículas e outros materiais dissolvidos na água; um floculador helicoidal (3) que agita a água em velocidade controlada para aumentar o tamanho dos flocos; um decantador de chicana horizontal (4) no qual as partículas maiores vão sedimentar retendo, assim, parte das impurezas; um filtro duplo (5) de areia e carvão descendente que recebe a água superficial do decantador e que retirará o restante das impurezas e, por fim, o reservatório da água (6) para reúso. A Figura 2 apresenta o protótipo do sistema implementado.



**Figura 2: Sistema alternativo de tratamento. Fonte: Autores (2015)**

Foi implementado um floculador tubular helicoidal (FTH) para o sistema que é semelhante ao proposto por Pelissari (2006) em seu experimento para tratamento de água proveniente de rios, apresentado na Figura 3. Nesse tipo de floculador a agitação da massa líquida ocorre devido a sua concepção helicoidal pelo enrolamento de uma mangueira em um tubo rígido (PELISSARI, 2006). O decantador é um tanque retangular com escoamento horizontal, sendo a velocidade e a vazão da água controlada por um registro localizado na sua entrada, isto é, após a floculação. Esse controle de vazão e velocidade permite a sedimentação dos flocos.

Foi construído seguindo as especificações em formato retangular com as seguintes dimensões: 52,50 cm de comprimento por 9,0 cm de Largura e 15 cm de altura. Internamente possui três câmeras sendo a primeira de entrada, a segunda de decantação em três estágios (com chicanas horizontais) e a terceira para a saída da água decantada e que busca evitar arraste de flocos. Com extravasor de entrada e saída, foi utilizado um vertedor retangular sem contração lateral para melhorar a vazão da água e reduzir a quebra dos flocos. A Figura 4 apresenta o decantador desenvolvido para o sistema de tratamento de água.

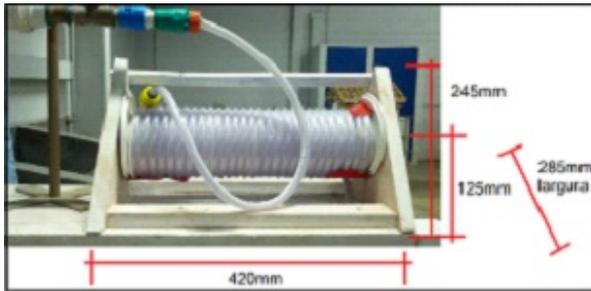


Figura 3 – Dimensões do suporte do FTH. Fonte: autores (2015).



Figura 4 – Decantador usado no sistema. Fonte: autores (2015).

A filtração foi realizada em um filtro de PVC de 250 mm de diâmetro no sentido descendente. A seguinte ordem foi a dos meios filtrantes: brita 3 no fundo, brita 1, pedrisco, carvão vegetal tratado e areia média no topo conforme a Figura 5.

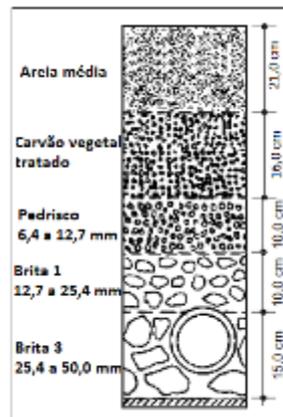


Figura 5: Esquema da unidade de filtração descendente. Fonte: adaptado de DiBernardo (2003)

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teste efetuado com o sistema consistiu na adição de 20 litros de água sintética na caixa de gordura para que o fluido percorresse o sistema. Ou seja, seguisse para o encanamento que chega ao flocculador, recebendo nessa etapa o polímero, entrando no flocculador, seguindo para o decantador, passando pelo filtro e chegando ao reservatório de água tratada. As amostras foram coletadas em cinco pontos do sistema, a saber.

- T1 – caixa de gordura.
- T2 – antes do flocculador (sem polímero).
- T3 – antes do decantador (floculada com polímero).
- T4 – antes do filtro (água decantada).
- T5 – caixa de reservação (água tratada).

Na Figura 6 é possível verificar a água na caixa de gordura, no decantador e a água tratada. Na Tabela 2 são apresentados os valores para turbidez, cor e DQO de cada amostra (T1 a T5).



Figura 6 – Água bruta na caixa de gordura, água no decantador com sedimentos ao fundo e Becker com a água resultante do sistema. Fonte: fotos dos autores.

Tabela 2 – Resultados das análises químicas da amostra.

| Amostra | Análises químicas das amostras |      |                   |  | Amostra | Eficiência em relação à T1 % |       |       |
|---------|--------------------------------|------|-------------------|--|---------|------------------------------|-------|-------|
|         | Turbidez (NTU)                 | pH   | Cor (mg de Pt-Co) | DQO (mg O <sub>2</sub> L <sup>-1</sup> ) |         | Turbidez                     | Cor   | DQO   |
| T1      | 544                            | 6,03 | 6640              | 216                                      | T2      | 8,64                         | 8,43  | 3,24  |
| T2      | 497                            | 6,49 | 6080              | 209                                      | T3      | 63,42                        | 69,58 | 56,02 |
| T3      | 199                            | 6,20 | 2020              | 95                                       | T4      | 2,21                         | 18,37 | 13,43 |
| T4      | 532                            | 6,35 | 5420              | 187                                      | T5      | 99,72                        | 99,67 | 90,74 |
| T5      | 1,51                           | 7,70 | 22                | 20                                       |         |                              |       |       |

Os resultados alcançados no primeiro teste foram positivos, pois a água tratada (pronta para reuso – T5) obteve uma redução de 99,7% na turbidez, 99,6% na cor e 90,7% em DQO.

O trabalho publicado por Fernandes (2015) resume o que a NBR 13969/97 indica com relação à qualidade da água tratada para fins de reuso doméstico. Ao verificar essa normativa, percebe-se que não há menção sobre DQO ou cor, mas somente para turbidez < 5 UNT e pH entre 6 e 8. A água resultante do sistema está dentro do esperado em pH e turbidez, sendo suficientes para os objetivos propostos nesta pesquisa. Contudo em ensaios futuros serão utilizados água cinza da caixa de gordura e serão avaliados os aspectos microbiológicos.

## CONCLUSÕES

A pesquisa desenvolvida atingiu o objetivo de estudar e implementar um sistema de filtragem de água cinza - específica da pia da cozinha - tendo em vista o reuso doméstico não potável. Com base no trabalho realizado foi possível concluir, por meio dos testes iniciais, que o sistema alternativo apresentou uma eficiência elevada na redução dos parâmetros DQO, cor e turbidez.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANA, Agência Nacional de Águas et al. Conservação e reuso de águas nas edificações. São Paulo: SiDusCon, 2005.
2. APHA 1998. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), Water Environment Federation (WEF), 20th ed. Washington, D.C., USA.
3. DiBERNARDO, Luiz (coord.) Tratamento de água para abastecimento por filtração direta. Rio de Janeiro: ABES, RiMa, 2003.
4. FERNANDES, Vera Maria Cartana. *Padrões para reuso de águas residuárias em ambientes urbanos*. Universidade de Passo Fundo. Tecnologia ambiental em recursos hídricos. Disponível em <[www.upf.br/coaju/index.php/informacoes/downloads/artigos?download](http://www.upf.br/coaju/index.php/informacoes/downloads/artigos?download)>. Acesso em 02 de junho de 2015.
5. HOURLIER, F. et al. *Formulation of a synthetic greywater to evaluate the performances of on-site greywater recycling technologies*. Environmental Technology, vol.31, n.02, p.215-223, 2010.
6. MENDES, Carlos Gomes da Nave. Características da água. Engenharia Civil. Universidade Estadual de Campinas. Notas de aula da disciplina CV 942 – Tratamento de água para abastecimento. Campinas, 2015.
7. PELISSARI, Leticia Medeiros Tagarro. *Influência de parâmetros de projeto no desempenho do Floculador Tubular Helicoidal aplicado ao tratamento de água de abastecimento*. Dissertação (mestrado). Universidade Federal do Espírito Santo. Centro Tecnológico. 2006. Disponível em <<http://www.ct.ufes.br/ppgea/files/Let%C3%ADcia%20Pelissari%202006.pdf>>. Acesso em 29 de agosto de 2015.
8. RITCHER, Carlos A.; ÁGUA – Métodos e tecnologias de tratamento. São Paulo: Edgard Blücher, 2009.
9. RITCHER, Carlos A.; AZEVEDO NETTO, José M. de. Tratamento de água: tecnologia atualizada. São Paulo: Edgard Blücher, 1991.
10. TELLES, Dirceu D'Alkmin; GUIMARÃES COSTA, Regina Helena Pacca. Reúso da Água - Conceitos, Teorias e Práticas. São Paulo: Edgard Blücher, 2010.