

Economia de água na lavagem doméstica de roupas: Alternativas de tratamento do efluente para viabilização da recirculação e reuso**Water and its various uses: alternatives and innovations for economy through reuse**

DOI:10.34117/bjdv6n9-240

Recebimento dos originais:08/08/2020

Aceitação para publicação:11/09/2020

Rodrigo Dall’Agnol

Mestre em Inovações Tecnológicas

Instituição: Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

Endereço: Via Rosalina Maria Dos Santos, 1233 - Campo Mourão - PR - Brasil - CEP 87301-899

E-mail: r.dallagnol@gmail.com

Roberto Ribeiro Neli

Doutor em Engenharia Eletrônica

Instituição: Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

Endereço: Via Rosalina Maria Dos Santos, 1233 - Campo Mourão - PR - Brasil - CEP 87301-899

E-mail: rneli@yahoo.com.br

Wyrllen Everson de Souza

Doutor em Métodos Numéricos para Estatística

Instituição: Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

Endereço: Via Rosalina Maria Dos Santos, 1233 - Campo Mourão - PR - Brasil - CEP 87301-899

E-mail: wyrllensouza@utfpr.edu.br

Eduardo Giometti Bertogna

Doutor em Métodos Numéricos para Estatística

Instituição: Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

Endereço: Via Rosalina Maria Dos Santos, 1233 - Campo Mourão - PR - Brasil - CEP 87301-899

E-mail: ebertonha@gmail.com

Flávia Vieira da Silva Medeiros

Doutor em Engenharia Química

Instituição: Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

Endereço: Via Rosalina Maria Dos Santos, 1233 - Campo Mourão - PR - Brasil - CEP 87301-899

E-mail: flaviav@utfpr.edu.br

RESUMO

Atualmente, muito tem se falado sobre o cenário futuro da água potável no planeta. Especialistas alertam para o vertiginoso crescimento populacional e a falta de uma efetiva atuação para se preservar este bem tão valioso. Algumas regiões, já enfrentam escassez ou total falta de água adequada ao consumo humano. Apesar de existirem tentativas para se reverter esse quadro, até o

presente momento as soluções mais efetivas tem sido a economia de água já tratada e ou a melhoria dos processos de tratamento. Assim sendo, no âmbito da pesquisa científica todas as iniciativas visando produzir métodos que auxiliem tal intento, são extremamente aconselháveis. O presente trabalho teve como objetivo ilustrar um sistema destinado ao processamento de água ou efluentes que buscam melhorar a qualidade ou a disponibilidade deste fluido imprescindível à existência na Terra. São abordadas as modalidades de reuso e suas exigências, bem como benefícios e possíveis problemas envolvidos. Além disso, são apresentadas algumas patentes de invenção encontradas na base de dados do INPI (Instituto Nacional da Propriedade Industrial). Elas tratam de equipamentos que possibilitam o reuso nos âmbitos residencial e comercial.

Palavras-chave: Inovações tecnológicas, Tratamento de água, Reuso.

ABSTRACT

Nowadays, much has been said about the future scenario of potable water on the planet. Experts warn of the rapid population growth and lack of effective action to preserve this valuable asset. Some regions already face scarcity or total lack of adequate water for human consumption. Although attempts have been made to reverse this situation, to date the most effective solutions have been save water already treated and / or to improve treatment processes. Thus, in the context of scientific research, all initiatives aimed at producing methods that help achieve this goal are highly recommended. The present work had the objective to illustrate a panorama about academic works and patents of product destined to the processing of water or effluents that seek to improve the quality or the availability of this essential fluid to exist in the Earth. The methods of reuse and its requirements, as well as the benefits and possible problems involved, are discussed. In addition, some patents of invention found in the INPI (National Institute of Industrial Property) database are presented. They refer about equipment that enables reuse in the residential and commercial environments.

Keywords: Technological innovations, Water treatment, Reuse.

1 INTRODUÇÃO

Desde tempos nada recentes, os humanos adotaram as vestimentas como forma de proteção e abrigo. Primeiramente, por meio de peles extraídas de animais e, posteriormente, por artigos confeccionados de forma artesanal. Entretanto, sempre houve a necessidade e o desejo de contar com algo que lhe pudesse aquecer nos invernos ou evitar queimaduras severas causadas pelas temperaturas escaldantes dos desertos.

Apesar de algumas poucas e esparsas culturas ainda viverem em condições mais primitivas, os avanços industriais e tecnológicos permitiram que grande parte da população mundial pudesse contar com roupas simples e razoavelmente eficientes para atender suas necessidades.

Todas as atividades humanas consomem, atualmente, um volume de água de aproximadamente 6.000 km³/ano com tendência para aumento. Esse aumento do consumo global da água, e sua possível redução, dependem do gerenciamento e da inovação tecnológica disponível

para aperfeiçoar os mecanismos de gestão (TUNDISI, 2006). Os custos dos impactos também podem ser analisados levando-se em conta os custos da produção de água potável pelos sistemas de tratamento. À medida que aumenta a deterioração dos recursos hídricos superficiais ou subterrâneos, aumentam os custos do seu tratamento devido à necessidade de investimento tecnológico para produzir água potável (TUNDISI, 2005).

Embora em algumas regiões do Brasil a água seja considerada um recurso abundante, existem ainda áreas de muita escassez, a ponto de transformá-la em um bem limitado às necessidades do homem. Normalmente, a sua escassez é muito mais grave em regiões onde o desenvolvimento ocorreu de forma desordenada, provocando a deterioração das águas disponíveis em função do lançamento indiscriminado de esgotos domésticos, despejos industriais, agrotóxicos e outros poluentes (MOITA e CUDO, 1991).

Indiscutivelmente, o desenvolvimento de estratégias de reciclagem e reuso do insumo é urgente e entender a importância da conservação da água e pesquisar formas de reciclagem e reuso justifica a realização deste estudo. Para tanto, o levantamento bibliográfico aconteceu com buscas em livros, teses, dissertações, artigos, notas de aula, patentes, entre outras referências relacionadas ao assunto.

O objetivo geral desse trabalho é a contribuição efetiva para o reaproveitamento de água utilizada em processos domésticos, de forma automatizada através de um circuito eletroeletrônico. Para que este propósito seja possível, a água utilizada deve passar por um tratamento tipo filtração. Como o tratamento considerado como ideal é muito complexo e caro, o objetivo deste trabalho é desenvolver um sistema que utiliza um sistema de filtração mais simplificado e que seja de fácil acesso em comércio local.

Portanto, o objetivo é implementar um protótipo funcional com ampla possibilidade de consolidação como produto comercial, onde serão estudadas alternativas de tratamento que atendam os seguintes critérios:

- Utilizar efluente unicamente originado da descarga da lavadora de roupas;
- Executar reuso da água cinza tratada apenas na própria lavadora;
- Aplicar dispositivos de tratamento comercialmente disponíveis e de fácil manutenção por parte de usuários leigos;
- Possibilitar custos relativamente baixos que viabilizem a produção em alta escala encurtando o *time-to-market* do possível produto;

Os desafios para alcançar esses objetivos são:

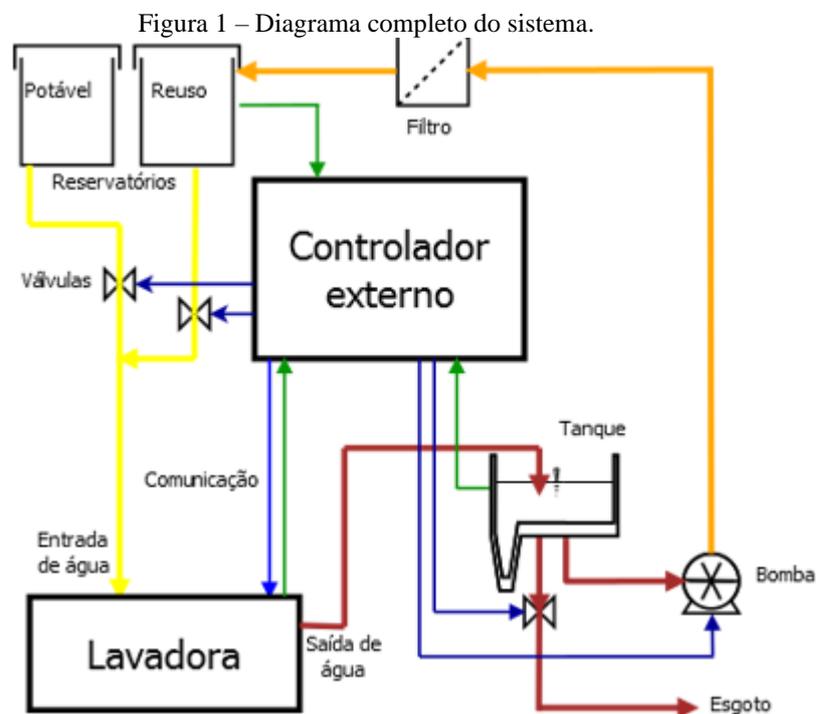
- Projetar um sistema que execute a filtração adequada da água;

- Desenvolver um sistema que seja automatizado, sem a necessidade da intervenção humana;
- Dimensionar o sistema de forma adequada, evitando que a água de reuso armazenada possa produzir mau cheiro;
- Desenvolver um sistema eletroeletrônico que reaproveite a água de forma automática.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DO SISTEMA PROPOSTO

O conjunto objetiva automatizar o processo de coleta, tratamento e reaproveitamento da água. Isto significa que durante o ciclo de lavagem não será necessária intervenção humana para que ocorra o reuso. O sistema permitirá configurar previamente a utilização das águas cinza ou potável para cada fase do ciclo. O diagrama completo do sistema proposto é ilustrado na Figura 1.



Fonte: Autoria Própria (2019).

Os elementos ilustrados como “potável” e “reuso” são reservatórios de água e efluente tratado, respectivamente. A linha amarela representa a tubulação que interliga esses reservatórios à lavadora. Na saída de cada um desses depósitos, há uma válvula solenoide que controla o fluxo dos fluidos. Estas válvulas, por sua vez, são acionadas pelo controlador externo através das linhas azuis, que representam condutores elétricos para saída de comunicação de dados e acionamentos de periféricos. Essas linhas, controlam além das válvulas de seleção da entrada, as bombas que executam a seleção de saída, ou seja, quando o efluente será encaminhado para reciclagem e quando

ele será destinado ao esgoto. Já a alinha vermelha indica a tubulação do percurso da água cinza até o tanque onde haverá a seleção do destino do efluente, assim como a saída deste tanque para o esgoto.

A linha laranja representa a tubulação que interliga a bomba de recirculação e o estágio de tratamento da água cinza, bem como conecta o tratamento ao armazenamento.

Por fim, as linhas verdes significam condutores elétricos que transportam os sinais de sensores que informarão ao controlador os diversos níveis dos reservatórios.

O processo de seleção entre reuso e descarte será ajustado pelo usuário. Ele determinará, para cada ciclo de lavagem, se a entrada será de água potável ou água cinza, bem como também ajustará se o descarte de cada um dos ciclos será destinado ao reuso ou ao esgoto.

Esta dinâmica permitirá que o usuário possa alcançar uma economia de água potável que varia entre aproximadamente 33% e 66%.

Portanto há dois reservatórios. O primeiro com água potável oriunda da rede da concessionária, que pode ser a própria caixa d'água que abastece o restante da edificação, como cozinha, banheiros e etc. Já o segundo com o efluente tratado oriundo da própria lavadora. Para selecionar qual das duas fontes alcançará a entrada da máquina, são empregadas válvulas do tipo solenoide que enquanto desenergizadas bloqueiam, já quando energizadas liberam a passagem.

No segundo reservatório, há dois sensores do tipo chave com boia alocados em posições distintas do tanque, que agem como controle de nível, tendo sua aplicação dupla finalidade.

A primeira chave boia tem a função de garantir que a quantidade necessária de fluido esteja disponível no momento em que for selecionada água cinza para suprir à lavadora. A segunda chave boia é posicionada de forma a garantir que o reservatório seja abastecido até seu limite, evitando transbordamento.

Importa citar que, caso seja selecionada água cinza e esta não estiver disponível no reservatório ou seu volume for insuficiente, a água potável oriunda de fornecimento externo será utilizada para evitar paralisação do ciclo de lavagem, bem como será emitido um alarme para comunicar ao usuário da alteração.

Há ainda um terceiro recipiente que atua como tanque de passagem e seleção, recebendo a descarga da máquina e possibilitando dois caminhos de saída. O primeiro caminho é o descarte para o esgoto enquanto que o segundo é o bombeamento para filtração e posterior direcionamento ao reservatório de água cinza.

O descarte ocorre pela ação de uma bomba de drenagem similar àquela da lavadora e se dá quando o efluente é gerado pela primeira fase de lavagem, já que essa é a etapa onde se encontra

maior concentração de poluentes, seja a sujeira desprendida das roupas, seja os sabões e demais produtos químicos diluídos.

O bombeamento, por sua vez, ocorre a partir da segunda fase do ciclo de lavagem, quando a concentração de poluentes é menor permitindo um tratamento mais simplificado.

2.2 SISTEMAS DE FILTRAGEM

Filtração é o processo no qual as partículas sólidas em um líquido ou fluido gasoso são removidas pelo uso de um meio filtrante que permite que o fluido passe, mas retém as partículas sólidas. Tanto o fluido clarificado como as partículas sólidas removidas do fluido podem ser o produto desejado. Em alguns processos usados na produção de produtos químicos, tanto o fluido filtrado quanto o resíduo de filtração sólido são recuperados (TIEN, 2012).

A arte da filtração já era conhecida pelos primeiros seres humanos, que obtinham água límpida de um rio lamacento ao escavar um buraco na areia de uma margem do rio até uma profundidade abaixo do nível da água do rio. A água limpa filtrada pela areia escorria pelo buraco que era cavado (TIEN, 2012). O mesmo processo em maior escala e com refinamentos é comumente usado para a purificação de água nas grandes cidades.

Existem 3 requisitos básico para se realizar uma filtração, que são: (1) um meio filtrante; (2) um fluido com sólidos suspensos; (3) uma força motriz tal como uma diferença de pressão para fazer o fluido fluir; e (4) um dispositivo mecânico (o filtro) que contém o meio filtrante, armazena o fluido e permite a aplicação de força (Stuetz, 2009). Há vários métodos e tipos de filtros que podem ser utilizados em sistemas de filtração, sendo que esses devem ser determinados de acordo com o propósito desejado. Os critérios que devem ser utilizados para a escolha do filtro adequado são:

Força propulsora: gravidade, pressão (com ar ou bomba), vácuo, vácuo pressão e força centrífuga; Material que constitui o meio filtrante: areia, tela metálica, tecido, meio poroso rígido, papel; Função: *strainers*, clarificadores, filtros para torta e espessadores. Detalhes construtivos: filtros de areia, placas e quadros, lâminas e rotativos; Regime de operação: batelada e contínuos;

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo serão apresentados os resultados do estudo do sistema proposto, a fim de direcionar o projetista no desenvolvimento de um projeto final para reuso de águas cinzas provenientes de máquinas de lavar roupas.

Para obter um melhor entendimento de cada etapa do processo de reuso, a apresentação dos resultados e as discussões sobre eles, serão feitas por etapas, onde cada etapa irá representar um componente do sistema completo.

3.1 CONTROLE EXTERNO

O sistema de controle externo é formado por dispositivos eletrônicos, sendo que o principal é um módulo microcontrolador. Este módulo deve ser dimensionado de acordo com as funcionalidades de sistema. Serão apresentadas aqui algumas alternativas, desde o mais básico até um modelo mais sofisticado.

3.1.1 Arduíno UNO

O Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica Open-Source que se baseia em *hardware* e *software* flexíveis e fáceis de usar. Seu objetivo é a criação de ferramentas acessíveis, com baixo custo voltados para fins comerciais ou domésticos, podendo ser utilizado de forma independente ou conectado a um computador que possa oferecer informações, recursos e serviços. Existem diversos modelos de placas Arduíno, que variam em seu tamanho e quantidade de portas disponíveis para ligar as *shields* ou dispositivos. O que iremos recomendar para este projeto é o modelo UNO, baseado em um microcontrolador ATmega328, o mais adequado para quem busca uma solução de baixo custo.

Esse dispositivo tem um baixíssimo consumo de energia elétrica, podendo sua alimentação ser feita até a partir da porta USB do computador ou através de um adaptador AC. Para o adaptador AC recomenda-se uma tensão de 9 a 12 volts (Embarcados.com, 2013). A linguagem de programação é modelada a partir da linguagem Wiring. Quando pressionado o botão upload da IDE, o código escrito é traduzido para a linguagem C e é transmitido para o compilador avr-gcc, que realiza a tradução dos comandos para uma linguagem que pode ser compreendida pelo microcontrolador.

Em resumo, é uma solução de baixo custo e por ter sistema aberto e utilizar linguagem C, permite que usuários mais avançados possam modificar o sistema de controle, fazendo com que este funcione de uma forma mais adequada para a aplicação de cada usuário.

3.1.2 ESP32

O ESP32-WROOM-32 é um poderoso módulo genérico que tem como alvo uma ampla variedade de aplicações, desde redes de sensores de baixa potência até tarefas mais exigentes, como codificação de voz, streaming de música e decodificação de MP3 (Espressif.com, 2019). Este

módulo oferece muito mais recursos se comparado com o Arduino UNO, sendo indicado para uma solução do sistema proposto muito mais atuante, podendo chegar ao estado da arte para esta solução. Ele oferece, entre outras coisas, comunicação WiFi e Bluetooth, permitindo ao projetista implementar funcionalidades avançadas como por exemplo, a comunicação do sistema com uma central, passando informações do funcionamento. Através destas informações recebidas, o usuário pode, remotamente, realizar alterações no funcionamento, como fazer o sistema descartar a água armazenada, trocar a fonte de água na próxima lavagem, etc.

No núcleo deste módulo está o chip ESP32-D0WDQ6. O chip incorporado foi projetado para ser escalável e adaptável. Existem dois núcleos de CPU que podem ser controlados individualmente e a frequência do *clock* da CPU é ajustável de 80 MHz a 240 MHz. O usuário também pode desligar a CPU e usar o coprocessador de baixa potência para atualizar constantemente os periféricos para alterações ou cruzamentos de limites (Espressif.com, 2019). O ESP32 integra um conjunto complexo de periféricos, desde sensores de toque capacitivos, sensores Hall, interface de cartão SD, Ethernet, SPI de alta velocidade, UART, I²S e I²C (Espressif.com, 2019).

A corrente de suspensão do chip ESP32 é inferior a 5 μ A, tornando-a adequada para aplicações eletrônicas alimentadas por bateria ou pequenas fontes de alimentação. O módulo suporta uma taxa de dados de até 150 Mbps e uma potência de saída de 20 dBm na antena para garantir o maior alcance físico (Espressif.com, 2019).

3.2 DISPOSITIVOS DE FILTRAÇÃO

A etapa de filtração é importantíssima e determinante para o sucesso deste sistema. Caso a filtração não seja realizada da forma mais adequada, problemas, como o mal cheiro da água, podem aparecer, inviabilizando o sistema. Outro ponto importante é com relação ao preço e a facilidade na substituição do filtro a ser empregado. O projetista deve utilizar um filtro de baixo custo, já que a proposta deste projeto é projetar um sistema de baixo custo, que seja viável para residências. A facilidade na troca do filtro permite com que o próprio usuário, desde que devidamente instruído, realize a troca periódica deste componente.

Portanto, serão apresentados alguns modelos de filtros comerciais, que poderão ser utilizados neste projeto. Este fato de serem itens comerciais, traz grande facilidade ao consumidor que poderá adquiri-lo em qualquer loja especialidade, ficando livre para realizar cotações de melhor preço.

Dentre os dispositivos encontrados no mercado, alguns se destacam por suas características. Na sequência elencaremos alguns com alto potencial de integração no projeto.

3.2.1 Filtro Pou 5” - Carbon Block BR

Os dados técnicos deste tipo de filtro estão apresentados no quadro 1.

Quadro 1 – Características do filtro Filtro Pou 5”.

Composição	Polipropileno e carvão
Vazão	90 l/h
Retenção de partículas	Classe III
Retenção de cloro livre	Classe I (maior ou igual a 75% de redução do cloro da água)
Normas e referências	Aplica-se a águas que atendam a portaria nº 2914 do Ministério da Saúde Atende as especificações da norma NBR 14.908:2004

Fonte: Adaptado de http://www.hidrofiltros.com.br/_uploads/Produtodownloads/Produto_downloads_252_528_orig.pdf.

3.2.2 Elemento Filtrante Plissado Absoluto BBI PL10/0,22

Os dados técnicos deste tipo de filtro estão apresentados no quadro 2.

Quadro 2 – Características do Elemento Filtrante Plissado Absoluto.

Altura	9.7/8 polegadas
Ø Externo	2,5 polegadas
Dimensões do produto (comp x larg x alt)	69,5 x 69,5 x 250,5 mm
Composição Elemento Filtrante	Polipropileno (PP)
Composição Acabamentos	Arruelas de Vedação em Silicone
Temperatura de Operação	Máx. 82,2 °C / Mín. 1 °C
Pressão de Operação	De 3mca (0,3 bar) À 40mca (4,0 bar)
Classe Retenção Partículas (micra - um)	0,22um
Eficiência Redução Cloro Livre	não aplicável
Eficiência Bacteriológica	Aplicável
Controle Nível Microbiológico	Aplicável
Vazão Máxima Recomendada	700 Litros/Hora

Fonte: Adaptado de <http://bbifiltracao.com.br/produto/elem-filtrante-plissado-absoluto>.

3.2.3 Cartuchos em Polipropileno com micragem em Densidade Graduada – BBI DGD10/2501

Os dados técnicos deste tipo de filtro estão apresentados no quadro 3.

Quadro 3 – Características do Cartuchos em Polipropileno com micragem em Densidade Graduada.

Altura	10 polegadas
Ø Externo	4,5 polegadas
Dimensões do produto (comp x larg x alt)	114,3 x 114,3 x 254,0 mm
Composição	100% Polipropileno (PP)
Temperatura de Operação	Máx. 62,8 °C / Mín. 1 °C
Pressão de Operação	Máx. 69 mca (6,9bar) / Mín. 3 mca (0,3 bar)
Classe Retenção Partículas	Início em 25um - Final em 1um
Eficiência Redução Cloro Livre	não aplicável
Eficiência Bacteriológica	não aplicável
Controle Nível Microbiológico	não aplicável
Vazão Máxima Recomendada	2.000 Litros/Hora

Fonte: Adaptado de <http://bbifiltracao.com.br/assets/downloads/prp1wldescriptivo-tecnico-dgd10-2501pdf.pdf>.

3.2.4 Cartucho Recarregável BIG 10" - BBI CRBIG10

Os dados técnicos deste tipo de filtro estão apresentados no quadro 4.

Quadro 4 – Características do Cartucho Recarregável BIG 10".

Altura	10 polegadas (Compatível com diversas carcaças e filtros do tipo Big Blue com altura 10")
Ø Externo	4,5 polegadas
Dimensões: (comp x larg x alt)	112,5 x 112,5 x 252,0 mm
Cartucho	100% Polipropileno (PP)
Acabamentos	Arruelas de Vedação 100% Elastômero Atóxico
Temperatura de Operação	1 °C ~ 62,8 °C / Mín.
Pressão de Operação	3 mca (0,3 bar) ~ 69 mca (6,9 bar)
Cargas Compatíveis e Disponíveis	Carvão Ativado (CA), Resina Aniônica (RA), Resina Catiônica (RC), Resina Mista (RM), Zeólitas (ZI / ZS / ZZ)

Fonte: Adaptado de <http://bbifiltracao.com.br/assets/downloads/RZ6H29descriptivo-tecnico-crbig10pdf.pdf>

3.2.5 Filtro Dois Estágios 10" Retem Sedimentos E Purifica A Água

Os dados técnicos deste tipo de filtro estão apresentados no quadro 5.

Quadro 5 – Características do Filtro Dois Estágios 10".

Nome do produto	PC-10
Filtro	sedimentos com 50% filtro de fibra de polipropileno e 50% filtro de carvão ativado granular
máx. Flow - meio filtrante	720 l / h a 20 ° C de temperatura de água
Fitereffizienz (carvão ativado)	95%
Filtrar finura (carvão ativado / sedimentos)	5 µm
máx. Pressão de serviço	8,5 bar
máx. Perda de pressão	0,4 bar
máx. Temperatura	52 ° C
máx. Vida	8000 litros
Altura	10 "(254 mm)
Diâmetro Ø	70 milímetros
Ø Diâmetro interno	27 milímetros
Peso	0,234 kg

Fonte: Adaptado de http://www.globalfilter.com.br/Filtro_Dois_Estagios_10__Retem_Sedimentos_E_Purifica_A_Agua/prod-2962683/.

3.2.6 Elemento filtrante 5 estágios - GBF10

Os dados técnicos deste tipo de filtro estão apresentados no quadro 6.

Quadro 6 – Características do Elemento filtrante 5 estágios.

Primeiro estágio	Retenção de impurezas grossas.
Segundo estágio	resinas aniônica e catiônica juntas. Redução de metais pesados, como Zn, Cu, Pb, Cr, Fe, Mn. → reduz Cátions como Ca, Mg, e K / Ânions como carbonetos, sulfetos, silicatos.
Terceiro estágio	Alumina ativada para remoção do flúor.
Quarto estágio	Carvão Granulado / granulometria adequada para filtração de contaminantes químicos da água.
Quinto estágio	Barreira física para retenção de resíduos finos, deixando a água cristalina.

Fonte: Adaptado de http://www.globalfilter.com.br/Refil_para_Removedor_Fluor_Metais_Pesados_Cloro_Single/prod-4507117/.

3.3 SISTEMA DE DESINFECÇÃO

Dependendo da filtração utilizada, pode ser necessária a inclusão de outra etapa, chamada de desinfecção. A água passará pela etapa de filtragem para eliminação de grandes resíduos, mas pode ser necessária a adição de produtos químicos que ajudem na eliminação das pequenas moléculas e partículas de sujeira que escaparam do filtro e ajuda a solucionar os problemas relacionados aos contaminantes biológicos (Bioproject.com.br, 2019).

Os métodos mais utilizados atualmente no tratamento da água são a cloração, a desinfecção por ozônio e a desinfecção por raios ultravioleta (UV) (Bioproject.com.br, 2019).

3.3.1 Tratamento com Cloro

A desinfecção da água com cloro é uma das técnicas mais antigas de tratamento. Na cloração, são adicionados à água cloro em gás, sódio ou hipoclorito de cálcio.

As quantidades de cloro a serem adicionados variam com as necessidades de desinfecção da água. Para que se tenha uma desinfecção efetiva, é necessário garantir um período de reação mínima de 20 minutos e a eficiência do processo é bastante ligada ao valor de pH da água (bioproject.com.br,2019). Quando a água a ser tratada estiver organicamente contaminada, o gosto e os odores desagradáveis podem ser combatidos com a cloração da água. A cloração é o método de desinfecção mais usado e é aplicável em diversas áreas. O grande problema referente ao uso do Cloro se dá por sua reatividade com matéria orgânica decomposta, quando presentes na água podem reagir e formar substâncias nocivas à saúde humana como as Trihalometanos ou THMs (bioproject.com.br,2019).

Caso esta solução de desinfecção seja escolhida para ser utilizada, pode-se criar um sistema simplificado de gotejamento, a ser controlado pelo circuito eletrônico. Este sistema de gotejamento pode ser formado por um recipiente, que irá armazenar o cloro, acoplado a uma válvula de controle acionada com acionamento elétrico, e o sistema eletrônico deverá ser programado para liberar o cloro de tempos em tempos. Este controle da quantidade de cloro a ser inserida na água deve ser bastante rigoroso, devendo ficar em limites mínimos necessários, já que o excesso de cloro, além de outros problemas, irá manchar as roupas que serão lavadas com essa água.

3.3.2 Tratamento com Ozônio

O ozônio (O_3) é classificado como sendo uma opção de desinfecção ambiental segura (água e ar), sendo conhecido desde 1837 e usado para desinfecção de água municipal na Holanda já a partir de 1893 (snatural.com.br, 2019). É o mais forte desinfetante e oxidante indicado para o tratamento da água. A sua principal vantagem é que não há desenvolvimento de subprodutos, além de se auto decompor em oxigênio (bioproject.com.br, 2019).

O cloro passou a receber restrições ambientais por gerar compostos cancerígenos organoclorados, subprodutos de reações com matéria orgânica como os trihalometanos (THM). Então o uso do ozônio se apresenta com uma alternativa de substituir o cloro, pois, além de não ter os problemas citados para o cloro, ainda se apresenta uma solução economicamente mais viável.

A geração do ozônio é realizada quando uma corrente alternada de alta voltagem é descarregada na presença de oxigênio, desta forma, a geração de ozônio ocorre pelo princípio da descarga elétrica que acelera elétrons o suficiente para partir as ligações da molécula de oxigênio (bioproject.com.br, 2019). Os átomos livres reagem com outras moléculas de oxigênio para a formação do ozônio. Na natureza o ozônio é formado naturalmente com as descargas elétricas provenientes dos relâmpagos, que aceleram os elétrons do oxigênio do ar gerando o ozônio (snatural.com.br, 2019).

O ozônio é um gás incolor, com odor característico e altamente instável (em água, tem uma meia-vida de 20 minutos a temperaturas de 20 °C). O ozônio é um poderoso oxidante e muito rápido na inativação de bactérias. O ozônio tem 1,5 vezes maior poder de oxidação que o cloro e é até 1500 vezes mais rápido na desinfecção (snatural.com.br, 2019). O ozônio, por ter uma pressão parcial inferior à do oxigênio é facilmente absorvido pela água. A Tabela 1 – Comparativo de oxidação de desinfetantes mostra um comparativo entre o ozônio e outros desinfetantes, com relação ao poder oxidante.

Tabela 1 – Comparativo de oxidação de desinfetantes.

Desinfetantes	Potencial de Oxidação (Volts)	Poder relativo de Oxidação*
Ozônio	2,07	1,52
Peróxido de hidrogênio	1,77	1,3
Hipoclorito	1,49	1,1
Cloro	1,36	1
Dióxido de cloro	1,27	
Oxigênio	1,23	

* Baseado no cloro como referência (=1,00)

Fonte: <http://www.snatural.com.br/ozonio-tratamento-agua-desinfeccao-efluentes/>

O ozônio, enquanto desinfetante, se diferencia do cloro pelo mecanismo de destruição dos microrganismos: enquanto o cloro atua por difusão através da parede celular para agir sobre os elementos vitais no interior da célula, o ozônio, por ser mais oxidante, age diretamente na parede celular, causando sua ruptura, demandando menor tempo de contato e tornando impossível sua reativação (snatural.com.br, 2019)(bioproject.com.br, 2019).

3.3.3 Tratamento com Radiação Ultravioleta

A radiação ultravioleta UVC também pode ser utilizada como método de desinfecção. Essa radiação é uma forma estabelecida, bastante estudada e utilizada e sua aplicação vem crescendo como alternativa aos agentes químicos tradicionais no processo de desinfecção de águas de reuso.

A energia Ultravioleta causa a inativação de microrganismos interferindo no DNA, evitando assim a multiplicação de vírus, bactérias e outros microrganismos (bioproject.com.br, 2019). Neste

sistema, raios ultravioleta C, principalmente no comprimento de onda de 254 nm, causam alterações no DNA das células dos microrganismos, levando conseqüentemente a sua inativação (meiofiltrante.com.br, 2019). A água a ser tratada flui pela câmara do gerador, onde recebe irradiação UV emitida por uma lâmpada. A turbidez e transmitância da água a ser tratada devem ser avaliadas, uma vez que interferem na eficiência do tratamento UV.

Na Tabela 2 é possível verificar quais são as recomendações necessárias para que a água possa passar por um sistema de desinfecção por UV.

Tabela 2 - Recomendações de tratabilidade com UV.

Parâmetro	Valor
Turbidez	max. 5NTU
Sólidos Suspensos	max. 10 mg/l
Cor	Nenhum
Ferro	max. 0,3 mg/l
Manganês	max. 0,05 mg/l
pH	6,5 – 9,5
Dureza	max

Fonte: Adaptado de <http://www.snatural.com.br/desinfeccao-ultravioleta-uvc-agua-reuso-potavel/>

Caso o projetista opte por utilizar este sistema, o controle eletrônico pode ser facilmente adaptado para atuar nas lâmpadas de UV. Então pode-se controlar o tempo de exposição e até a potência da lâmpada.

4 CONCLUSÃO

Levando em consideração os aspectos sinalizados neste trabalho, é possível concluir que existem formas de reaproveitamento e reuso da água em diversas aplicações. Especificamente para fins domésticos, pode-se afirmar que a maior parte dos efluentes residenciais é passível de tratamento e aplicação, principalmente nos processos de limpeza.

Por outro lado, percebe-se que tais técnicas permanecem distantes da realidade cotidiana da maioria da população, privando-a dos benefícios decorrentes de sua utilização, assim como desperdiçando a oportunidade de preservação do meio ambiente. Isso ocorre principalmente devido a impossibilidade econômica das famílias, tendo em vista que os sistemas de reuso de águas cinzas comerciais tem um custo elevado de instalação e manutenção.

Como proposta de evolução, seriam cabíveis iniciativas em várias frentes. Desde esforços no sentido de consolidar e ampliar a eficiência das técnicas existentes, bem como pesquisas para desenvolvimento de novos métodos, além da massiva divulgação e conscientização da sociedade sobre os benefícios ambientais, econômicos e sociais que o reaproveitamento de água apresenta.

Este trabalho desenvolveu um sistema de reuso de águas cinzas de lavanderias, de baixo custo de aquisição e de manutenção, permitindo a popularização deste sistema em residências. Vale lembrar que todos os componentes a serem utilizados neste projeto são de fabricação nacional, permitindo uma fácil reposição de itens defeituosos. Estes itens também foram selecionados de forma a apresentarem um baixo custo de aquisição, o que torna o sistema barato, se comparado com os existentes atualmente. Se considerarmos uma produção em larga escala, estes valores podem ser ainda menores.

Como sugestões para trabalhos futuros, indicam-se:

- A montagem de um protótipo deste sistema com a finalidade de validá-lo;
- O estudo de interligação com outras fontes de água cinza doméstica, aumenta a economia de água tratada;
- Aumentar a possibilidade de reuso desta água em outras aplicações domésticas.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, L; SMITH, JC; PALANIAPPAN, M. Overview of gray water reuse: the potential of gray water systems to aid sustainable water management, Pacific Institute, 2010.
- ANA, Agência Nacional de Águas. FIESP, Federação das Indústrias do Estado de São Paulo. SINDUSCON-SP, Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo. Manual de Conservação e reuso da água em edificações. São Paulo, 2005, 152 p.
- ASANO, T; et al. Water reuse: issues, technologies, and applications, 1st edn. Metcalf and Eddy, Inc., McGraw-Hill, New York.
- CHRISTOVA-BOAL, D; EVANS, R.; MCFARLANE, S. An investigation into gray water reuse for urban residential properties. *Desalination*, vol. 106, p. 391–397, 1996.
- CIRIA. Rainwater and Greywater Use in Buildings: Project Results From The Buildings that Save Water Project. Best Practice Guidance. C539. London, 2001.
- CUNHA, A. H. N. O reúso de água no Brasil: a importância da reutilização de água no país. *Enciclopédia Biosfera*. Centro Científico Conhecer. Goiânia, v.7, n.13, p. 1225-1248, 2011. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2011b/ciencias%20ambientais/o%20reuso.pdf>>. Acesso em: 12/07/2017.
- ERIKSSON, E; AUFFARTH, K; HENZE, M; LEDIN, A. Characteristics of gray wastewater. *Urban Water*, vol. 4, p. 85–104, 2002.
- FRIEDLER, E. Quality of individual domestic gray water streams and its implication for on-site treatment and reuse possibilities. *Environ Technol*, vol. 25(9), p. 997–1008, 2004.
- GIL, A. C. Como Elaborar Projetos de Pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- HESPANHOL, I. Água e saneamento básico. In: REBOUÇAS, et al. *Águas Doces do Brasil – Capital Ecológica, Uso e Conservação*. 1. ed. São Paulo: Escritura Editora, 1999.
- HESPANHOL, I. Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria e recarga de aquíferos. In: MANCUSO, P. C.; SANTOS, H. F. dos. *Reuso de água Barueri: Manole*, p.37-96, 2002.
- JEFFERSON, B; LAINE, A; PARSONS, S; STEPHENSON, T; JUDD, S. Technologies for domestic wastewater recycling. *Urban Water*, vol. 1(4), p. 285–292, 1999.
- JEPPESEN, B, SOLLEY D Domestic gray water reuse: overseas practice and its applicability to Australia. *Urban Water Research Association of Australia*, 1994.
- LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. Fundamentos da metodologia científica. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.
- MOITA, R.; CUDO, K. Aspectos gerais da qualidade da água no Brasil. In: *Reunião técnica sobre qualidade da água para consumo humano e saúde no Brasil*, 1991, Brasília. Anais... Brasília: Ministério da Saúde, Secretaria do Meio Ambiente. p.1-6, 1991.

MORUZZI, R. B. Reuso de água no contexto da gestão de recursos hídricos: impacto, tecnologias e desafios. OLAM. Ciência & Tecnologia. Rio Claro, ano VIII, V.8, n. 3, p.271-294, 2008. ISSN 1982-7784. Disponível em < www.olam.com.br>. Acesso em: 12/07/2017.

OCDE. MANUAL DE OSLO Diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação. Rio de Janeiro: ARTI/FINEP. 3. ed. 2005.

PARROTTA, M.J.; BEKDASH, F. UV disinfection of small groundwater supplies. Journal AWWA, v. 90, n. 2, p. 71-81, Feb. 1998.

SILVA, W. M.; SOUZA, L. O.; REGO, L. H. A.; ANJOS T. C. Avaliação da reutilização de águas cinzas em edificações, construções verdes e sustentáveis. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer. Goiânia, v.6, n.11, 2010. Disponível em <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2010c/avaliacao%20da%20reutilizacao.pdf>>. Acesso em 13/07/2017.

Site Oficial do Arduíno. Disponível em: <http://www.arduino.cc/>. Acesso em: 13 de nov. 2018.

STUETZ, R. M. Principles of Water and Wastewater Treatment Processes. 2nd ed. London: IWA Publishing, 2009, 213 p.

TIEN, C. Principles of Filtration. 1st ed. Syracuse: Elsevier, 2012. 360 p.

TUCCI, C. E. M.; HESPANHOL, I.; CORDEIRO, O. Gestão da água no Brasil. 1 ed. Brasília: Unesco, 2001. v. 1, 190 p.

TUNDISI, J.G. Limnologia do século XXI: perspectivas e desafios. 2 ed. São Carlos: Suprema Gráfica e Editora, 1999, 24 p.

TUNDISI, J. G. Recursos hídricos. Parcerias estratégicas. Brasília - DF, v. 20, p. 727 - 746, jun, 2005.

TUNDISI, J. G. Novas perspectivas para a gestão de recursos hídricos. Revista USP, v. 70, p. 24 - 35, 2006.

WINWARD, G. P.; AVERY, L.M.; FRAZER-WILLIAMS, R.; PIDOU, M.; JEFFREY, P.; STEPHERSON, T.; JEFFERSON, B. A study of the microbial quality of gray water and an evaluation of treatment technologies for reuse. Ecological Engineering, v. 32(2), p. 187 - 197, 2008.