DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA EM REFLUXO PARA RECUPERAÇÃO DA ÁGUA DE DESCARTE PROVENIENTE DE DESTILADOR

**Resumo**

**O atual cenário de crise hídrica, desperta a importância de se pensar em soluções de sustentabilidade em processos cotidianos, principalmente no tocante aos que visem a racionalização do consumo de águas. Assim, surge a justificativa do presente trabalho visando o reaproveitamento de águas para resfriamento utilizada em processos de destilação de águas. O objetivo vai além da economia para a instituição, mas a preservação de recurso hídrico e uma projeção para outros equipamentos que também utilizam de trocas de calor por colunas de água corrente. Foram realizados cálculos de vazão e gasto diário para quantificar as melhorias do circuito implementado. O resultado final foi altamente satisfatório utilizando-se de materiais reciclados para a implementação do permutador (trocador de calor tipo *Plate Heart Exchanger*), obtendo uma redução no consumo diário de 6840 litros de água limpa para 100 litros por dia, perfazendo uma economia diária de água no montante de 6740 litros.**

**Palavras-chave:** Trocador de calor**;** Reuso de água; Destilador; Sustentabilidade.

**ABSTRACT**

The current scenario of water crisis arouses the importance of thinking about sustainability solutions in daily processes, especially with regard to the rationalization of water consumption. Thus, the justification of the present work appears aiming at the reuse of cooling waters used in water distillation processes. The goal goes beyond saving for the institution, but the preservation of water resources and a projection for other equipment that also use heat exchanges for running water columns. Flow and daily expense calculations were performed to quantify the improvements of the implemented circuit. The end result was highly satisfactory using recycled materials to implement the exchanger (Plate Heart Exchanger heat exchanger), achieving a reduction in daily consumption of 6840 liters of clean water to 100 liters per day, resulting in a daily savings of 6740 liters of water.

**Keywords**: Heat exchanger; Water reuse; Distiller; Sustainability.

1. INTRODUÇÃO

O cenário atual aponta para uma crescente crise hídrica mundial. O solvente universal que também dá nome ao “Planeta Azul”, na realidade, tem sido fator de guerras além de problemas na agricultura e agropecuária; uma preocupação global, justificado pelo fato da água ser um agente indispensável seja nas mais variadas formas de vida, seja na manutenção destas; e fonte de estudos e fundamental em processos laboratoriais e industriais. (GRAZIANO, 2017; BRITO, 2008; FACO, 2018)

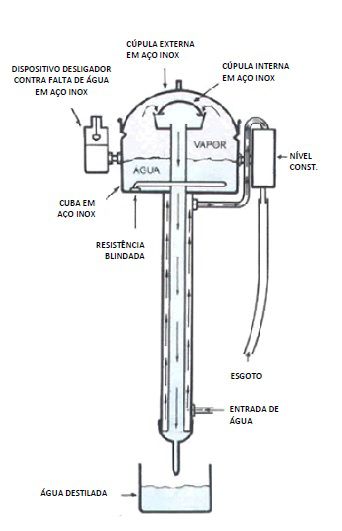
No setor industrial e em laboratórios, a utilização da água seja como insumo, matéria-prima, ou ainda em qualquer outra relação aos processos diários como preparo de reagentes, higienização das vidrarias, esterilização de autoclaves, refrigeração em processos fechados como extrações por exemplo; continua sendo de suma relevância. (PNCQ)

As águas que participam dos processos citados acima, são águas com ausência de microrganismos e alto teor de pureza, esta necessidade se dá pela capacidade do crescimento de algas e estes microrganismos nas águas, prejudicando com isso os processos, causando o entupimento de tubulações, contaminação de substâncias, assim como alterações em resultados de análises físico-químicas. A água destilada é assim, uma substância capaz de evitar tais adversidades nos procedimentos laboratoriais. (MENDES; FAGUNDES; PORTO; BENTO; COSTA; SANTOS; SUMITA; 2011)

O destilador é o equipamento onde a água através de ebulição, é purificada. A caldeira é aquecida e o vapor d’água é resfriado por água corrente que circula por um sistema contínuo, fazendo com que o vapor se torne em líquido, agora puro. Com isso, a água destilada participa ora como solvente ora como reagente em laboratórios e indústrias, além de ser útil na esterilização de autoclaves. (BRASIL, 2005).

Uma condição que se torna indesejável durante as destilações de água, é a proporção litros/minuto que são desperdiçados para o resfriamento do sistema para que o vapor mude seu estado para líquido. Parte da água limpa passa pela caldeira que se transformará em água destilada, porém grande parte desta mesma água limpa será descartada por minutos chegando até horas em que o aparelho estiver ligado. (PNCQ), como pode ser visto na figura 1.

**Figura 1 –** Esquematização interna de um destilador



**Fonte:** MIRANDA; YOGUI (2012)

Pensando nisso, surge este trabalho com o objetivo de buscar um meio de reaproveitar esta água limpa que é perdida nos processos de destilação de água.

Foi escolhido o Laboratório de Ciências e Tecnologia de Alimentos (L21), situado no Centro Universitário de Volta Redonda – UniFOA; como laboratório piloto para se implementar um sistema contínuo, onde não ocorra perda nem de água destilada, nem de água limpa não potável, sendo ainda possível a implementação nos outros laboratórios da instituição que também possuem destiladores.

**2. METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO**

Utilizou-se para este trabalho, a metodologia descritiva-quantitativa em função destas abordarem a coleta de dados que possam ser reproduzidos.

**3. DESCRIÇÃO DO PRODUTO**

O produto fruto desta pesquisa, é o aperfeiçoamento do processo de destilação de água nos laboratórios do Centro de Saúde do Centro Universitário de Volta Redonda. Os laboratórios-alvo para tal reaproveitamento de águas, são os Laboratórios do Centro de Ciências da Saúde - CCS, são eles: Laboratório de Ciências e Tecnologia de Alimentos (L21) inicialmente, e posteriormente os Laboratório de Farmacologia e Biofísica (L15) e Bioquímica e (L24); por serem os laboratórios do prédio que possuem a instalação de destiladores de água e atendem toda a demanda de água destilada do prédio. Porém, nos laboratórios do CIT este projeto pode ser também implementado pela coordenação responsável.

**3.1. Materiais**

Utilizou-se uma bombona de glicerina de 50 litros vazia, como meio de reaproveitamento da mesma, como mostrado na figura 2. Uma ventoinha de 110W, uma bomba também de 110 watts, mangueiras de silicone de “½”, 2 chapas de metal e um tubo de cobre tipo serpentina, além de conexões (luva e registro esfera de ¾, 1 nip de ½ e uma boia reutilizada. As conexões foram cedidas pela empresa de seguimento construção civil COMERCIAL VIBRAS, a bomba e ventoinha foram doadas pela empresa AG-SOLUTIONS. O tubo de cobre, chapas e bomba de descarga foram todas recicladas e adquiridas na própria IES.

**Figura 2**- Bombona utilizada de forma reciclável para o projeto



**Fonte:** os autores (2019)

**3.2. Métodos**

Para o permutador de calor tipo recirculação, foi construído um trocador de calor tipo *Plate Heart Exchanger,* formado com placas metálicas e tubo de cobre com ventoinha; e velocidade constante, resfriado através de fluxo de ar forçado, assim, arrefecendo a água saída do destilador. Esta após resfriada, será direcionada a um reservatório que servirá de pulmão para a alimentação do destilador, com isto, a água potável servirá apenas como água de reposição (*make-up*) para a alimentação da caldeira do destilador utilizando uma eletro bomba recicladora com controle de vazão variável.

4. Resultados e Discussão

Foi medida a temperatura de entrada e saída das águas envolvidas durante a destilação, como mostra o quadro 1.

Para o cálculo de vasão de água destilada/ litro e água da torneira que descartada/ litro; utilizou-se uma proveta graduada de 1L, onde o tempo de partida de destilação foi cronometrado e medido. A figura 3 demostra como foi realizada a medição.

O consumo médio é de 25L/dia de água destilada no setor, pois este atende à demanda de outros laboratórios além dele próprio. Para a produção de 1L de água destilada (H2Od), gastam-se 5 minutos de aquecimento e outros 15minutos para o início da primeira gota, totalizando 25min para produzir o primeiro litro, conforme o quadro 1.

**Figura 3**- Medição de vasão/ litro em água destilada e água de torneira. Fig 2.a, vasão da água da torneira desprezada por litro. Fig 2.b, vasão da água destilada por litro



**Fonte:** os autores (2019)

**Quadro 1** – Relação tempo X volume X temperatura durante a destilação de 1L de água.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Águas** | **Tempo para completar 1L** | **Temperatura de entrada (Cº)** | **Temperatura de saída (Cº)** |
| **Água destilada** | 14,52 minutos aprox. 15min  + 5min para fervura da caldeira | 28,30 | 31,40 |
| **Água da torneira** | 33 segundos aprox. 0,55min | 28,30 | 47,20 |

**Fonte:** os autores (2019)

Com base no cálculo de vasão/ litro, foi encontrado 300mL/segundo, mediante o cálculo:

Q= 1L/0,335 = 0,30 L/segundo

Onde:

Q= vasão de H2Ot

1L= de água destilada

33segundos = tempo levado para produção de 1Lde H2Od

Neste consumo médio de 25 L/dia, para produção de 1L de água destilada (H2Od), levam-se 5 minutos (300 segundos), para aquecimento, onde 90L de água limpa são descartadas, e mais 15min para o início da primeira gota, totalizando 25min para produção de 1L de H2Od. Durante os 25 min, ocorrem a vazão (Q) de 0,55 min (33seg) de água potável limpa que se perde na saída da água da torneira (H2Ot), numa proporção de 1L/ 0,55min.

Após o primeiro litro, o destilador utiliza 15min (900seg) para produção do próximo 1L de H2Od. Em 900 segundos são produzidos 270L de H2Od, como visto no quadro 2.

**Quadro 2**. Tempo de destilação x Volume

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Descrição** | **Tempo** | **Volume** |
| Produção de 1L de H2Od | 15 minutos – 900 segundos | 270 L |
| Início da destilação | 5 Minutos – 300 segundos | 90 L |

**Fonte:** os autores (2019)

A produção diária de 25L equivalem a 375 minutos, ou 22500 segundos, obtidos mediante o cálculo:

1Litro ----------------- 15 min

25L --------------------x

X= 375 minutos

Onde, 375 min por dia, equivalem a Q= 0,3L/segundo, logo, 22500 segundos de funcionamento diário multiplicado pela vazão 0,3, obtém-se por dia 6840L/dia (6750L de + 90L) de água potável (H2Ot), desperdiçada nos primeiros 20minutos de funcionamento do aparelho e mais 6750L de água para cada litro em diante. Pensado que o funcionamento se dá em 20 dias no mês, obtém-se os dados:

6840L/dia X 20 = 136800 L/mês de água potável (H2Ot) desperdiçadas.

Para o cálculo da economia de água obtida, levou-se em consideração o consumo de água destilada produzida (25L) em relação ao sistema de recirculação, que possui um volume útil de 40L, mais 5L de capacidade da caldeira, levando-se em consideração de 5% de evaporação, perfazendo um volume diário de 100L. A figura 4 apresenta a modificação no sistema de destilação.

**Figura 4-** Sistema implementado no destilador de água



**Fonte:** os autores (2019)

Após a implementação do sistema, observou-se significativa economia tanto em L/min quanto em energia, o que pode ser explicado pelas leis da termodinâmica, onde um corpo mais quente irá tender a ceder temperatura para o corpo de menor temperatura. Com o trocador de calor, foi possível realizar estas trocas de temperatura, o que resultou em um facilitador no processo de destilação, pois a água de saída que antes da torneira que era de 47,20 Cº, passou para 26 Cº, sendo assim, ao entrar novamente no circuito, esta água menos quente resfria a água que passa paralelamente a esta dentro da serpentina. O quadro 3 demonstra os dados anteriores e o depois da implementação do produto.

Segundo o site do SAAE, considerando que até 10 mil litros é estabelecido o pagamento fixo de R$ 21,73 e de 11 a 20 mil litros há um acréscimo de R$ 3,42 para cada mil litros, observou-se uma redução em torno de 98,5% do consumo de água, havendo uma economia de R$ 21,51 mensal.

**Quadro 3** – Relação tempo X volume X temperatura durante a destilação de 1L de água

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Águas** | **Tempo para completar 1L** | **Temperatura de entrada (Cº)** | **Temperatura de saída (Cº)** | **Temperatura**  **Após implementação do sistema em (Cº)** |
| **Água destilada** | 14,52min aprox. 15min | 28,30 | 31,40 | 31,00 |
| **Água da torneira** | 33seg aprox. 0,55min | 28,30 | 47,20 | 26,00 |

**Fonte:** os autores (2019)

# Conclusão

A preocupação com o desperdício de água faz com que sejam pensadas medidas eficazes e eficientes para tornar processos diários mais econômicos e sustentáveis. De acordo com os dados encontrados nesta pesquisa, foi possível com equipamentos recicláveis e com pouco tempo, obter uma economia satisfatória no setor, podendo ser aplicado tal projeto nos demais laboratórios da instituição e já apontando para futuras medidas sustentáveis para outros equipamentos que também necessitam de resfriamento por água corrente durante seu funcionamento, havendo economia de 6740 litros de água limpa por dia, apenas no laboratório piloto.

Agradecimentos

Os agradecimentos às empresas COMERCIAL VIBRAS e AG-SOLUTIONS que cederam parte do material utilizado no produto.

Agradecimentos também à todos os setores pertencentes à prefeitura do Campus Três Poços do Centro Universitário de Volta Redonda, mas especialmente: carpintaria, serralheria, refrigeração e almoxarifado que muito auxiliaram para a aquisição de materiais reciclados durante o projeto.

Referências Bibliográficas

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Dispõe sobre regulamentação técnica para funcionamento de laboratórios clínicos. Resolução da Diretoria Colegiada, RDC no 302, 2005.

BRITO, Carla Maria Alves. **Água como recurso renovável**: O design na concepção de um produto para uma prática sustentável. Dissertação (Mestrado em Design Industrial). Escola Superior de Artes e Design, Porto, 2008. 131. “Disponivel em”: https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/12234/2/Texto%20integral.pdf Acesso em: 25 março 2019

FACO, Igor Bicalho. Diferentes modelos de gestão da água e a inclusão hídrica universal. **Leopoldianum**, n. 44, p. 18, 2018. ISSN 122. “Disponível em”:

periodicos.unisantos.br/leopoldianum/article/download/797/668 Acesso: 15 de maio de 2019

GRAZIANO, José. Escassez de água, desafio à sustentabilidade. **Valor Econômico**, 28 março 2017. “Disponivel em”: https://nacoesunidas.org/artigo-escassez-de-agua-desafio-a-sustentabilidade/. Acesso: 13 março de 2019

MENDES, Maria Elizabete; FAGUNDES, Carla Costa; PORTO, Cláudio Campos; BENTO, Laiz Cameirão; COSTA, Thiago Guarato Rodrigues; SANTOS, Ricardo Alexandre; SUMITA, Nairo Massakazu. **A importância da qualidade da água reagente no laboratório clínico.** Bras Patol Med Lab, v. 47, n. 3, p. 217-223; junho 2011. “Disponível em: http://www.scielo.br/pdf/jbpml/v47n3/v47n3a04.pdf Acesso: 11 de maio de 2019

MIRANDA, D.A.; YOGUI,G.T. Procedimento para utilização e manutenção do destilador de água. Procedimento Operacional Padrão OrganoMAR- 2012-04, Revisão nº1. Laboratório de Compostos Orgânicos em Ecossistemas Costeiros e Marinhos, Departamento de Oceanografia, Universidade federal de Pernambuco, 6p. 2012. “Disponível em”: https://www.ufpe.br/documents/951030/981240/2012-04-r1.pdf/8e8eb995-c3b5-40ee-bed1-844f75996e0c Acesso: 10 de junho de 2019

PNCQ – Programa Nacional de Controle de Qualidade: Educação Continuada. **Água reagente no laboratório clínico. “**Disponível em”: http://www.pncq.org.br/participantes/atualizacao\_baixo\_001.asp Acesso em: 7 de maio de 2019.