

Reaproveitamento da água condensada de aparelhos de ar-condicionado para uso em laboratórios de química

Reuse of air conditioner water for chemistry laboratories

Orientadora: Daniela S. Soluri

dsoluri@puc-rio.br

Professora do departamento de QUI da PUC-Rio, graduada em engenharia química pela PUC-Rio, e doutora em Química Analítica pela PUC-Rio.

Orientadora: Melissa A. Casacchi

melcasacchi@hotmail.com

Mestranda em Engenharia Urbana e Ambiental pela PUC-Rio

Conrado O. C. de Carvalho

conrado_cocc@hotmail.com

Aluno de Engenharia Civil pela PUC-Rio.

Davi M. Gouveia

davimelhoranse@gmail.com

Aluno de Engenharia de Produção pela PUC-Rio.

Elio Accardo

elioaccardo11@gmail.com

Aluno de Engenharia Química pela PUC-Rio

Resumo

O manuseio sustentável da água vem sendo cada vez mais discutido no mundo acadêmico. Alternativas de reúso devem ser estudadas, em prol da manutenção da vida e da dignidade humana. Com base neste entendimento, foi proposto um sistema simples para o reúso da água condensada de aparelhos de ar-condicionado, reaproveitando-a de forma mais nobre para uso em laboratórios de química, trazendo benefícios à casa comum, o mundo.

Palavras-chave: água; reúso; ar condicionado; destilação; sustentabilidade.

Abstract

Sustainable water use is increasingly discussed in the academic world. Alternatives to the reuse of water must be considered in order to conserve human life and dignity. Based on this reasoning, a simple system was proposed to reuse the water from air conditioners, utilizing it in chemistry laboratories, benefiting our house, the world.

Keywords: water; reuse; air conditioner; distillation; sustainable.

Introdução

A visão da água como um recurso natural infinito decerto não será mais ensinada às novas gerações caso não seja realizado o manuseio sustentável deste recurso. Segundo o papa Francisco (Carta Encíclica *Laudato Si'*, 2015), “o urgente desafio de proteger a nossa casa comum inclui a preocupação de unir toda a família humana na busca de um desenvolvimento sustentável e integral, pois sabemos que as coisas podem mudar”.

A água potável é um recurso essencial para a vida no planeta Terra. Victorino (2007, p.22) afirma que cerca de 70% da superfície terrestre é coberta por oceanos, rios, lagos e geleiras, importantes corpos hídricos responsáveis por regular toda a dinâmica climática do planeta e permitir a existência de vida. Victorino (2007, p. 16) afirma que, no entanto, apenas 2,8% desta água é própria para o consumo humano.

Segundo a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e para a Agricultura (FAO, 2011, p.26), a humanidade demandava cerca de 3.900 km³ de água por ano. Desta quantidade, 70% é utilizado na agropecuária, 19% em atividades industriais e 11% é consumido nos municípios. Considerando que este valor seja consumido igualmente e diretamente pela população mundial atual, encontra-se um consumo diário por pessoa de aproximadamente 1.400 litros¹. A FAO ainda considera que 60% de toda a água utilizada retorne para os rios locais ou infiltre-se no solo, atingindo reservas subterrâneas independente da sua qualidade. Os 40% remanescentes participam do processo de evapotranspiração da vegetação.

Os recursos hídricos se encontram desigualmente distribuídos pelo globo terrestre. Segundo Augusto et al. (2012, p.2), o Brasil detinha cerca de 12% da água doce do mundo, enquanto todo o continente africano possuía apenas 10%. Além disso, o consumo também varia geograficamente. A Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura (UNESCO, 2016, p. 2) também estima que países como Brasil, Rússia, Angola e Austrália consomem menos do que 10% dos recursos hídricos renováveis existentes localmente, enquanto Líbia, Egito, Arábia Saudita e Israel consomem mais de 75%.

Soluri e Neto (2015, p.213) afirmam que o planeta já se encontra em estresse hídrico, uma vez que, mesmo a água sendo um recurso renovável, encontra-se cada vez mais escassa, já que o consumo tem excedido a renovação. Afirmam, ainda, que o suprimento de água doce e de boa

¹ Foi considerada uma população de 7.612.430.200, valor estimado pelo site Worldometers, acessado em 1 abr 2018.

qualidade é essencial para o desenvolvimento econômico, para a qualidade de vida da população e para a sustentabilidade dos ciclos do planeta.

O papa Francisco ressalta, na *Laudato Si'* (2015), que privar este líquido tão vital a um ser é negar-lhe o direito à vida. Com o crescimento populacional previsto para os próximos anos, é evidente que esse problema irá se agravar, e, com isso, diferentes novas soluções se fazem necessárias, com o objetivo de amenizar o problema iminente da distribuição de água.

De acordo com dados da Organização Mundial de Saúde (OMS, 2017, p.3), estima-se que uma a cada três pessoas no mundo não tem acesso a fontes seguras de água potável. Tundisi (2008, p.7) levanta o questionamento de especialistas sobre a real causa do problema. Enquanto alguns acreditam que seja mais uma questão de gerenciamento do que uma escassez propriamente dita (ROGERS et al., 2006), outros indicam que as principais causas das questões hídricas do século XXI são os problemas ambientais intensificados pela economia e o desenvolvimento social insustentável (GLEICK, 2000).

Com isso, é notória a importância de cuidarmos da nossa casa comum. Diversas iniciativas têm surgido para aumentar o reaproveitamento de água. Edificações com certificados LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) já apresentam reaproveitamento de águas cinzas, que, segundo Sella (2011), representam águas provenientes da utilização em lavatórios e chuveiros, para irrigação e descarga sanitária. Outra forma de reúso vista em prédios ecológicos é a captação de águas pluviais para utilização em atividades que não envolvam o consumo humano.

Uma solução ainda pouco utilizada é a captação de água proveniente de aparelhos de ar-condicionado. É comum ver, em fachadas de edifícios, o gotejamento desta água, causada por uma insuficiente, ou até mesmo inexistente, drenagem.

No município do Rio de Janeiro, a Lei Municipal nº 2.749/99 coíbe o gotejamento irregular proveniente de aparelhos de ar-condicionado em fachadas de prédios, que ficam sujeitos à multa, indicando a necessidade de instalação de calhas coletoras que levam às redes pluviais. Assim, a lei impede o gotejamento, sem, no entanto, estimular o reúso dessa água.

Costa et al. (2015) realizaram um estudo para verificar a qualidade da água condensada por aparelhos de ar-condicionado. Eles constataram que os parâmetros físico-químicos de amostras equivalem aos parâmetros de uma água destilada e que é possível, inclusive, a sua utilização em laboratórios. A água proveniente do duto de drenagem dos aparelhos de ar-condicionado pode ser reutilizada também em outras atividades, como, por exemplo, nas indústrias.

Em laboratórios de química, o uso de reagentes de alta pureza é essencial para a obtenção de resultados mais precisos, quando são utilizados equipamentos bastante sensíveis. E o uso de água ultrapura, classificada como Classe I pela ASTM (D1193-06 Reapproved 2018), vem sendo fundamental para ensaios quantitativos de diversas matrizes. Sistema de deionização por troca iônica, os reagentes de alta pureza são utilizados para a obtenção da água ultrapura. Entretanto, para garantir maior vida útil das resinas de troca iônica, muitos laboratórios fazem um processo de destilação prévia da água que será carregada nos deionizadores. Desta forma, a etapa de destilação da água se torna de grande importância para a obtenção de água Classe I. É importante frisar que um processo de destilação eficiente demanda grande quantidade de energia e água para o resfriamento da coluna, ocasionando um grande desperdício, e indo de encontro à manutenção do meio ambiente.

No laboratório de Físico-química da PUC-Rio, foi montado um sistema piloto de coleta da água condensada de dois aparelhos de ar-condicionado, que passa por resinas de troca iônica, transformando a água condensada em água de Classe I, com êxito, por Pereira (2010). Este sistema pode ser visto na Figura 1.



Fig. 1 - Sistema piloto: 1-Decantação; 2-Lâmpada UV; 3-Deionizador; 4-Armazenamento Fonte: foto do autor.

Dentro de uma instituição de ensino, o mais importante é tratar o reúso da água como uma questão educativa e cultural. Este trabalho vem sendo desenvolvido pelo Departamento de Química da PUC-Rio (QUI), em parceria com o Núcleo Interdisciplinar de Meio Ambiente da PUC-Rio (NIMA), para analisar a viabilidade do uso da água condensada dos vários aparelhos de ar-condicionado e atender totalmente a demanda dos laboratórios de ensino e pesquisa, reduzindo custos com energia e desperdício de água.

Objetivo

O objetivo do trabalho foi identificar o potencial de produção de água condensada dos aparelhos de ar-condicionado de um dos blocos de um prédio da PUC-Rio, e projetar um sistema simples e de baixo custo para coletar, armazenar e tratar a água. Espera-se obter água com qualidade suficiente para posterior deionização, produzindo água Classe I que atenda a demanda dos laboratórios de ensino e pesquisa do Departamento de Química. A qualidade desta água será verificada através de ensaios realizados pelo Laboratório de Caracterização de Águas da PUC -Rio (Labaguas).

Método

O método adotado para a implantação do projeto consiste nas seguintes etapas:

- a) Avaliar o cenário atual;
- b) Medir o volume de água condensada;
- c) Inspeccionar a qualidade da água do ar-condicionado;
- d) Implementar o projeto.

Cenário atual

O bloco considerado para estudo foi o Bloco E do prédio Cardeal Leme, que conta com sete pavimentos, um pilotis e um andar de subsolo. Os pavimentos acima do nível do solo contam com salas de aula, laboratórios e uma biblioteca, além de banheiros e salas de professores vinculados ao Departamento de Química. No subsolo, funcionam principalmente laboratórios, um almoxarifado e uma Central de Purificação de Água. Na fachada traseira deste bloco há cinco colunas de captação de água condensada, como demonstrado na Figura 2.



Fig. 2 - Tubulação de água condensada no Bloco E. Fonte: fotos do autor.

Nas cinco colunas, foram contabilizados 52 aparelhos de ar-condicionado, distribuídos conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1 - Aparelhos por coluna de captação

Coluna	Aparelhos
1	12
2	7
3	12
4	11
5	10
Total	52

Fonte: Autoria própria.

A captação da água condensada dos aparelhos de condicionadores de ar é realizada por meio de tubos verticais já existentes no local. Entretanto, nem todos os aparelhos de ar-condicionado encontram-se conectados aos tubos. Atualmente, esta água é descartada no ambiente, sem fins de reutilização.

No bloco em questão, foram encontrados, em funcionamento, cinco destiladores de água de marcas e modelos diferentes. Para os cálculos de estimativa de produção, foi selecionado o destilador do modelo Pilsen (Figura 3), cuja capacidade de produção é de 5 litros de água destilada por hora, utilizando 4000W de potência.



Fig. 3 - Aparelho de destilação de água – Modelo Pilsen. Fonte: foto do autor.

Experimentalmente, foi verificado que, na produção de 1l de água destilada, cerca de 9l de água de resfriamento eram descartados. A água destilada é armazenada em barriletes

próprios, enquanto a água de resfriamento é, infelizmente, descartada na rede de esgoto, sem nenhuma forma de reaproveitamento.

Para atender o fornecimento de água Classe I aos Laboratórios da QUI, a água destilada passa por um processo de deionização por troca iônica. Estima-se que a demanda mensal dos laboratórios de química por água Classe I é de 600l durante o período das aulas.

Considerando que todos os destiladores desse bloco sejam iguais ao modelo utilizado como referência, e que todos trabalhem em sua capacidade máxima, o gasto de energia mensal para produzir a demanda de água destilada seria de 480kWh. Isso representa um custo mensal de R\$ 273,60².

Cabe ressaltar que, utilizando os números apresentados, estima-se que o Departamento vem descartando cerca de 5.400l de água de resfriamento por mês na rede de esgoto, para produzir a demanda de água destilada necessária, que poderia ser melhor aproveitada. Em termos financeiros, este volume de água representa R\$ 23,60 / mês³.

Medição do volume de água condensada

Seis medições do volume de água condensada foram realizadas com intuito de estimar a produção média da água oriunda dos aparelhos de ar-condicionado durante um mês. A coleta foi realizada na tubulação vertical de cada coluna, a cada 2 horas, em dias alternados, nos meses de julho e dezembro de 2017.

Os meses de julho e dezembro foram escolhidos por apresentarem diferentes perfis de temperatura e precipitação (Figura 4). Isso implica em alterações na forma como se utilizam os aparelhos de ar-condicionado em função do bem-estar. Cabe ressaltar que as coletas não foram realizadas em dias de chuva, pois a área de acesso à tubulação não tem cobertura.

² Valor médio do kWh fornecido pela Prefeitura do Campus da PUC-Rio equivale a R\$ 0,57.

³ Valor médio do m³ fornecido pela Prefeitura do Campus da PUC-Rio equivale a R\$ 4,369.

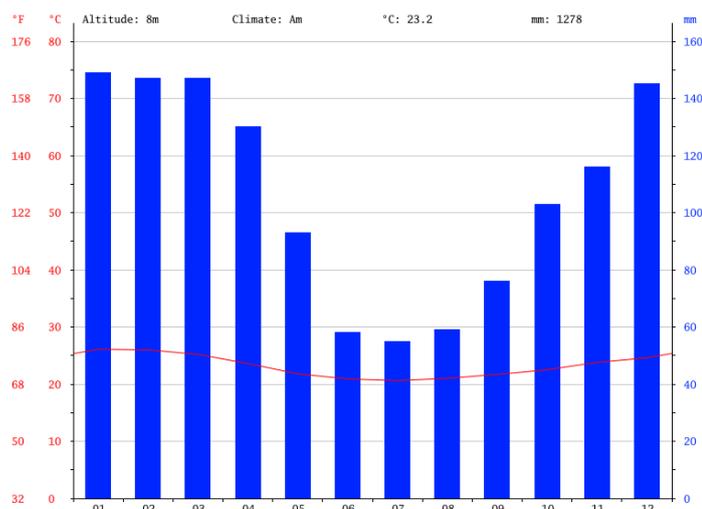


Figura 4: A variação de chuva e temperatura durante o ano na cidade do Rio de Janeiro - RJ. Fonte: <https://pt.climate-data.org/location/853/>, acessado em 1 jun 2018.

Os resultados médios da vazão da água coletada por coluna estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 -Vazão média de água condensada

Coluna	Vazão média (ml/min)
1	44,13
2	14,50
3	33,76
4	31,74
5	8,87
Total	118,51

Fonte: Autoria própria.

Considerando esta estrutura de aparelhos de ar-condicionado trabalhando 6h por dia em 22 dias no mês, haveria uma produção de água condensada em torno de 940l.

Qualidade da água do ar-condicionado

Para verificar a qualidade da água proveniente dos aparelhos de ar-condicionado, coletou-se uma amostra da coluna 2. Esta coluna era a que mantinha maior produção de água

condensada, por estar conectada a laboratórios químicos com necessidade de refrigeração constante.

Após a coleta da água, a amostra foi encaminhada para o Laboratório de Caracterização de Águas da PUC-Rio, para ensaios químicos e físico-químicos. Os resultados foram comparados com os valores determinados nas portarias do Ministério da Saúde nº518 (2004) e nº2914 (2011), ambas sobre a qualidade de água para consumo humano. Os resultados físico-químicos indicaram que a água Classe I produzida está de acordo com a legislação e também com os resultados alcançados por Costa et al. (2015).

Esta análise indica a viabilidade da proposta para a produção de água Classe I, após deionização, de acordo com a ASTM (D1193-06 Reapproved 2018).

Implementação do projeto

O projeto compreende a captação, o armazenamento, a esterilização, a deionização e o reúso da água, conforme ilustrado na Figura 5.

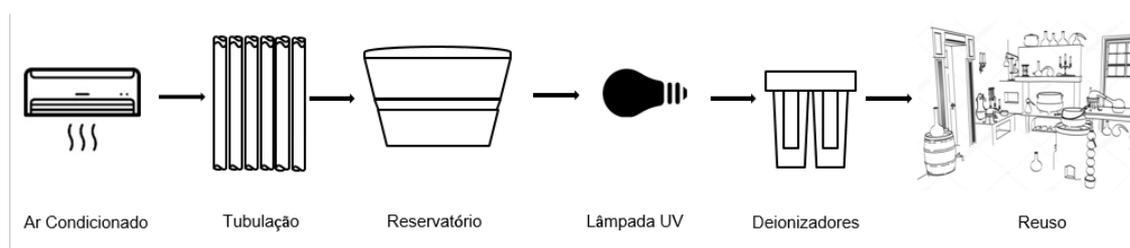


Fig. 5 - Cenário proposto. Fonte: Autoria própria.

A captação da água diretamente dos aparelhos de ar-condicionado será feita por meio de tubulação vertical já existente no local. Como citado anteriormente, a tubulação que coleta a água é obrigatória por lei.

No entanto, será necessário conectar as tubulações verticais para que possam conduzir a água para um único ponto. Essa tubulação apresentará o mesmo diâmetro da tubulação existente. Fortes et al. (2015) recomendam que seja adotada uma inclinação na tubulação, visto que a vazão é baixa. Portanto, foi adotada uma inclinação de 5%.

Para evitar que eventuais partículas sólidas (por exemplo, poeira) entrem no reservatório, será utilizado um sifão rosqueável no ponto mais baixo da tubulação de coleta. Os elementos relativos à tubulação podem ser vistos nas Figuras 6 e 7, a seguir.

O armazenamento será realizado em um reservatório na Central de Purificação de Água do Departamento de Química, que se localiza no subsolo. A capacidade escolhida para o reservatório atende a 5/6 da demanda de água do departamento, contendo, assim, 500 litros. Esse valor foi escolhido tendo, como base, os modelos comerciais de reservatórios.

Para evitar que microrganismos se proliferem e prejudiquem a qualidade da água armazenada, será feita uma esterilização por ultravioleta (UV). A água é exposta a radiação UV, produzida por lâmpadas específicas, eliminando eventuais microrganismos presentes, que podem ocorrer por causa da limpeza inadequada dos filtros dos aparelhos de ar-condicionado.

Devido à proximidade ao mar, detectou-se uma alta concentração de cloreto de sódio (NaCl) na água proveniente dos aparelhos. A etapa de deionização purifica a água e a torna apta para o uso em laboratórios, como Classe I.

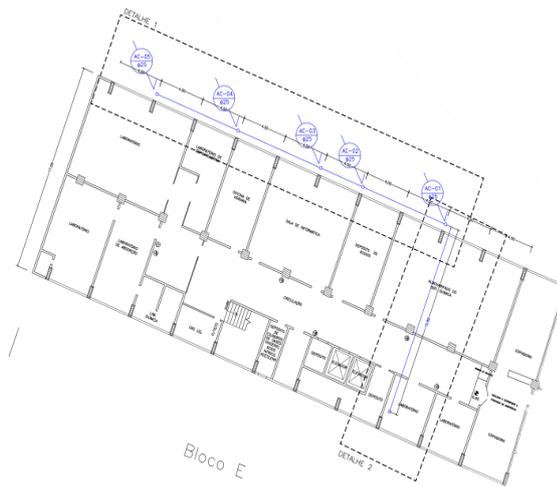


Fig. 6 - Planta baixa da tubulação de coleta a ser implementada. Fonte: Autoria própria.

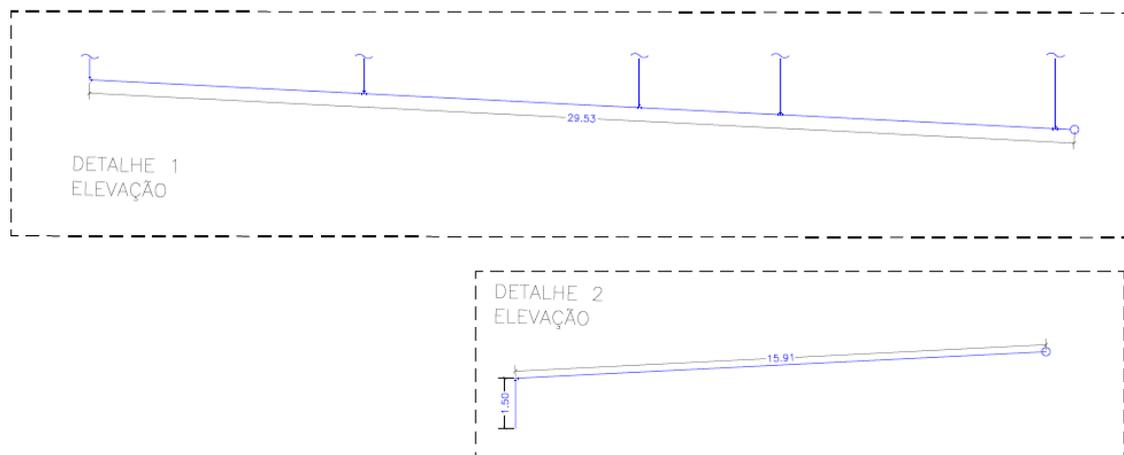


Fig. 7 - Detalhes de elevação da tubulação de coleta a ser implementada. Fonte: Autoria própria.

Um orçamento para a implementação do sistema de coleta, armazenamento e tratamento desta água, de forma a obter qualidade suficiente para posterior deionização, produzindo água Classe I, é apresentado no Quadro 1.

Material	Especificação	Quantidade	Valor Unitário	Valor Total
Tubulação	Tubo PVC 25mm	49m	R\$ 8,90	R\$ 151,30
	Joelho PVC 90 25mm	4	R\$ 0,79	R\$ 3,16
	Tê PVC 25mm	4	R\$ 0,80	R\$ 3,20
Lâmpada UV	Germicida 10W	2	R\$ 75,90	R\$ 151,80
Caixa D'água	Polietileno 500 l	1	R\$ 171,90	R\$ 171,90
Sifão rígido em copo	Sanfonado Universal	1	R\$ 28,90	R\$ 28,90
Total				R\$ 510,26

Quadro 1: Orçamento do projeto. Fonte: Autoria própria.

Conclusão

A ética cristã reforça a importância de garantir os direitos básicos a toda a humanidade, incluindo as gerações que virão. Dentro do contexto da *Laudato Si'*, o papa Francisco (2015) diz à comunidade planetária que o cuidado da casa comum se faz com o gerenciamento consciente e sustentável dos recursos naturais e dos direitos humanos.

Os recursos hídricos são a base da vida. Garantir a sua qualidade e a sua distribuição é fundamental para continuar a multiplicação da vida como um todo. É função da humanidade manter a água útil e acessível para todos os seres vivos. Certamente, a comunidade cristã, por meio da *Laudato Si'*, está alinhada com a comunidade científica nesse ponto.

Tendo como horizonte o problema da distribuição dos recursos hídricos no planeta, o uso de água condensada pelos aparelhos de ar-condicionado se mostra uma possível saída para aumentar a quantidade de água passível de utilização. As possibilidades para o seu reaproveitamento são numerosas. A água poderia ser utilizada tanto para rega de canteiros como para o abastecimento, desde que feitos os devidos tratamentos. Além disso, ela pode ser utilizada para a obtenção de água com propriedades equivalentes à água destilada e, após o processo de ionização, obter uma água de qualidade, Classe I, pela ASTM (D1193-06 Reapproved 2018), que pode ser usada como reagente.

O reaproveitamento desta água representa uma oportunidade de reduzir o consumo de água e energia elétrica com um investimento relativamente baixo, aproximadamente R\$ 500,00, com retorno em menos de dois meses. Além desses retornos financeiros, existe uma economia dos recursos naturais, que promove a sustentabilidade.

Embora o percentual de água reaproveitada ou reutilizada ainda esteja aquém do desejado, os crescentes estudos estão disseminando estes novos conceitos de consumo. Alinhadas com o consumo consciente, as oportunidades são inúmeras. O papel da academia é garantir a qualidade dos estudos propostos e promover novos trabalhos. O papel da comunidade cristã é garantir o cumprimento das encíclicas e assegurar a distribuição igualitária dos recursos primários. O papel da comunidade em geral é, hoje, entender que a sustentabilidade é a garantia que os bens essenciais continuarão a existir e, portanto, a vida pode continuar a *coexistir* com o ecossistema global.

Referências Bibliográficas

AMERICAN SOCIETY OF TESTING AND MATERIALS (ASTM). D1193– 06: *Standard Specification for Reagent Water*. EUA, 2018.

AUGUSTO, L. et al. O contexto global e nacional frente aos desafios do acesso adequado à água para consumo humano. *Ciência & Saúde Coletiva*, 2012, p.1511-22.

BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. Portaria nº 518, de 23 de março de 2004. Regulamenta que toda a água destinada ao consumo humano deve obedecer ao padrão de potabilidade e está sujeita à vigilância da qualidade da água. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 23 mar 2004. p.16.

BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 12 dez 2011. p.10.

COSTA, A. Z. M. et al. *Uso da água condensada por aparelhos de ar-condicionado como água destilada em laboratórios de ensino de química*. Simpósio Nordestino de Química, Natal, 2015. Disponível em: <http://www.abq.org.br/sinequi/2015/trabalhos/104/6555-20243.html>. Acesso em: 5 mai 2018.

FAO. *The state of the world's land and water resources for food and agriculture: Managing systems at risk*. Londres, 2011. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/015/il688e00.pdf>. Acesso em: 5 mai 2018.

FORTES, P. D. et al. Aproveitamento de água proveniente de aparelhos de ar-condicionado. *Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia*. Rezende - RJ, 2015.

FRANCISCO. *Carta Encíclica Laudato Si' (Sobre o cuidado da casa comum)*. Vaticano. 2015.

GLEICK, P. H. *The world's water 2000-2001*. Report on Freshwater Resources. Island Press, 2000.

OMS (Organização Mundial da Saúde). *Progress on Drinking Water, Sanitation and Hygiene*. Suíça, 2017. Disponível em: <http://www.who.int/mediacentre/News/releases/2017/launch-version-report-jmp-water-sanitation-hygiene.pdf>. Acesso em: 5 mai 2018.

PEREIRA, A. J. *Automação de Sistemas de Produção de Água Purificada para Laboratórios de Pesquisa e Ensino*. Rio de Janeiro: CEFET-RJ, 2010.

RIO DE JANEIRO (Município). Lei N.º 2.749 de 23 de maio de 1999. Coíbe o gotejamento irregular proveniente de aparelhos de ar-condicionado. *Diário oficial do município do Rio de Janeiro*, Rio de Janeiro, 23 mar. 1999. Disponível em: <http://mail.camara.rj.gov.br/APL/Legislativos/contlei.nsf/2ed241833abd7a5b8325787100687ecc/894f6289e4b09a60032576ac007338c1?OpenDocument>. Acesso em: 4 abr 2018.

ROGERS, P. P. et al. (Ed.) *Water crisis: myth or reality?* London: Fundación Marcelino Botín, Taylor & Francis, 2006.

CARVALHO, Conrado O. C. GOUVEIA, Davi M. ACCARDO, Elio. Reaproveitamento da água condensada de aparelhos de ar-condicionado para uso em laboratórios de química. **Dignidade Re-Vista**, v.3, n.5, julho 2018.

SELLA, M. B. *Reúso de águas cinzas: avaliação da viabilidade da implantação do sistema em residências*. Porto Alegre: UFRGS, 2011.

SOLURI, D. S.; NETO, J. *SMS - Fundamentos em Segurança, Meio Ambiente e Saúde*. Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2015.:

TUNDISI, J. G. Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. *Estudos Avançados* v.22 n.63, p.1-10. 2008.

UNESCO. *Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos: Água e Emprego – Fatos e números*. Itália, 2016.

VICTORINO, C. *Planeta água morrendo de sede: uma visão analítica na metodologia do uso e abuso dos recursos hídricos*. Porto Alegre: PUC-RS, 2007.

WORLDMETERS. Disponível em: <<http://www.worldometers.info/br/>>. Acesso em: 1 abr 2018.