

II-544 - ANÁLISE QUALI-QUANTITATIVA DA ÁGUA CONDENSADA DO SISTEMA DE AR CONDICIONADO DE UM EDIFÍCIO DA UFG

Samara Silva Soares⁽¹⁾

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Escola de Engenharia Civil e Ambiental (EECA/UFG). Mestranda em Engenharia Ambiental e Sanitária na EECA/UFG.

Gabriel Gade⁽²⁾

Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Escola de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Goiás (EECA/UFG)

Euler Bueno dos Santos⁽³⁾

Engenheiro Eletricista, Físico, Doutor em Engenharia Elétrica, Professor Associado na Escola de Engenharia Elétrica, Mecânica e de Computação, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Brasil.

Marcelo Castro⁽⁴⁾

Engenheiro Eletricista pela Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). Mestre pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Doutor pela Universidade de Brasília (UnB). Professor Adjunto na Escola de Engenharia Elétrica, Mecânica e de Computação, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Brasil.

Paulo Sérgio Scalize⁽⁵⁾

Engenheiro Civil e Biomédico, Doutor em Hidráulica e Saneamento, Professor Associado I na Escola de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Brasil.

Endereço⁽¹⁾: Rua 265 B, 35 – Setor Leste Universitário - Goiânia - GO - CEP: 74610-310 - Brasil - Tel: (62) 98530-9986 - e-mail: samara.y8@gmail.com

RESUMO

Lançando-se um olhar sobre o cenário atual da disponibilidade hídrica, percebe-se o fomento a tecnologias e projetos que visem o melhor aproveitamento da água. Nesse contexto se desenvolveu numa linha histórica de conferências e acordos entre vários países com intuito de promover o chamado “desenvolvimento sustentável”. Tal conjuntura de fatos possibilitou a consideração do aproveitamento da água gerada como subproduto do processo de funcionamento de aparelhos de ar condicionado. Desde então, diversas pesquisas que visam avaliar a viabilidade econômica e suas possíveis aplicações estão sendo desenvolvidas. Logo, o objetivo desse estudo foi analisar, de forma quantitativa e qualitativa, a água condensada produzida em um sistema de captação instalado em um edifício da Universidade Federal de Goiás, com a finalidade de sugerir possíveis aplicações para essa água visando o aproveitamento da mesma. Com base nos resultados, o aproveitamento de água condensada coletada no sistema instalado se mostrou promissor, pois, além de uma boa qualidade, o volume médio diário gerado de 56,93 L no período de pleno funcionamento da instituição, viabiliza usos menos nobres da água como aplicações em limpeza e jardinagem.

PALAVRAS-CHAVE: Aproveitamento, Qualidade da Água, Água Condensada.

INTRODUÇÃO

O cenário atual de redução da disponibilidade hídrica devido a fatores quantitativos e qualitativos, e a busca pela aplicação do conceito de sustentabilidade definido na Rio-92, mas que já vem sendo discutido desde 1972 na Conferência de Estocolmo pela ONU na concepção de eco desenvolvimento, motivou a ideologia do aproveitamento da água gerada como subproduto do processo de funcionamento do aparelho de ar condicionado e recentemente diversas pesquisas têm sido desenvolvidas em escolas (MOTA; OLIVEIRA; INADA, 2012), universidades (SANTOS et al., 2015) (CUNHA et al., 2015) (BARBOSA; COELHO, 2016) e edifícios comerciais (BASTOS; CALMON, 2013) com intuito de se avaliar a viabilidade econômica para tecnologias de captação desse subproduto. Essa viabilidade se baseia no custo de implantação do sistema de captação, e na quantidade e qualidade da água captada que definem as possíveis formas de aproveitamento da mesma.

Segundo Rigotti (2014), o princípio de funcionamento do aparelho condicionador de ar é baseado na retirada do ar quente presente no ambiente e introdução do ar frio. A unidade evaporadora, componente do sistema do

aparelho de ar-condicionado, localiza-se na parte interna do ambiente sendo responsável pela captação do ar quente direcionando-o à unidade condensadora, localizada na parte externa do ambiente, que efetua a exaustão desse ar e concomitantemente realiza o processo inverso, capturando o ar do ambiente externo, fazendo-o circular por serpentinas com temperatura em torno de 7°C e direcionando até a unidade evaporadora que libera o ar resfriado no ambiente interno (CUNHA et al., 2015). O processo de resfriamento do ar nas serpentinas promove a condensação da água gasosa presente na massa de ar quente ocasionando a formação de água líquida como subproduto (BARBOSA; COELHO, 2016).

Um estudo realizado por Loveless, Farooq e Ghaffour (2013) utilizando um modelo climático para identificar áreas em todo o mundo com alto potencial de coleta de condensado, concluiu que a América do Sul, a coleta de condensado pode ser benéfica, pois possui alta umidade específica. No entanto, os benefícios de grande escala só podem ser realizados uma vez que um grande número de sistemas de coleta é instalado.

Reconhecendo-se o potencial para o aproveitamento da água proveniente de aparelhos condicionadores de ar, o presente trabalho se propõe estudar a qualidade e quantidade da água produzida em um edifício público em Goiânia – GO, visando encontrar possíveis aplicações.

MATERIAIS E MÉTODOS

O sistema de captação de água condensada instalado no Bloco A da Escola de Engenharia Civil e Ambiental (EECA) e da Escola de Engenharia Elétrica, Mecânica e Computação (EMC) da Universidade Federal de Goiás (UFG), destinado a uso dos professores e técnicos administrativos, o qual recebe contribuição de 25 aparelhos condicionadores de ar tipo Split, sendo, respectivamente, 12 e 13 aparelhos com potência de 12.000 BTU/h e 18.000 BTU/h. A Figura 1 mostra a distribuição e posicionamento das evaporadoras que estão conectadas à rede de coleta.

A amostragem, bem como a leitura do volume de água condensada foi realizada durante 7 dias no período de 24 à 30/01/17 e 20 à 26/05/17, sendo coletadas três vezes ao dia, às 7 h, 13 h e 19 h, totalizando 42 coletas, sendo 21 coletas por período. O volume foi aferido em uma proveta graduada com capacidade de 1,0 L. As coletas das amostras do 1º período foram realizadas em frascos de polietileno com capacidade de 500 mL e preservadas conforme o Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (CETESB, 2011) e, para realização das análises físico-químicas e 100 mL em frascos esterilizados para análise microbiológica.

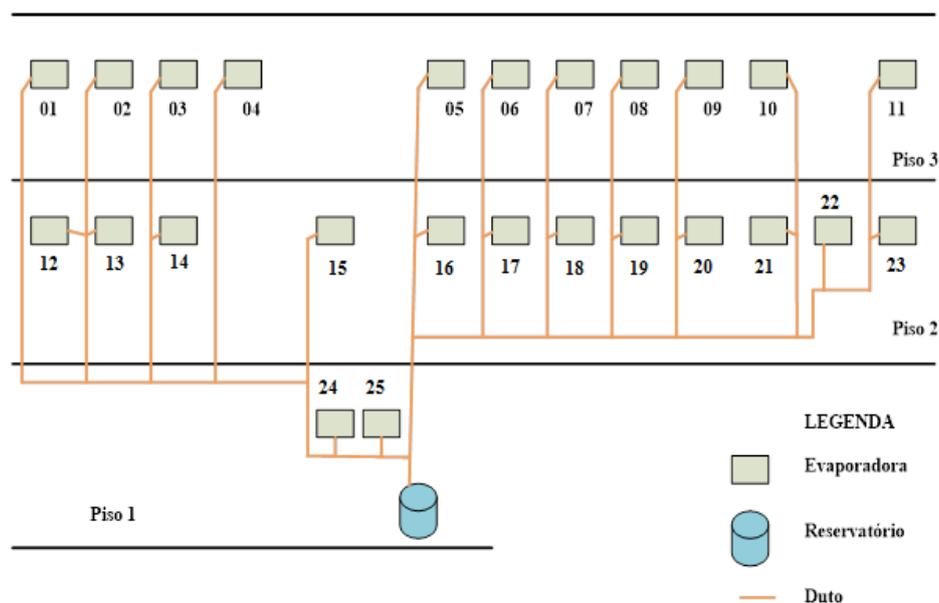


Figura 1: Esquema vertical da rede coletora de água condensada dos condicionadores de ar do edifício da UFG.

As análises dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos para avaliar a qualidade da água foram realizadas segundo os procedimentos do Standard Methods (APHA; AWWA; WEF, 2012), os quais encontram-se descritos na Tabela 1.

Tabela 1: Parâmetros físico-químicos e microbiológicos analisados na pesquisa, bem com as técnicas analíticas utilizadas conforme APHA; AWWA e WEF (2012).

Parâmetro	Unidade	Técnica analítica	Método
pH	-----	Eletrodométrico	4500-H ⁺ B
Turbidez	NTU	Nefelométrico	2130 B
Cor aparente	uC	Espectrofotométrico	2120 B
Condutividade Elétrica	µS/cm	Potenciométrico	2510 B
Matéria Orgânica	mg/L	Permanganometria em meio ácido	-----
Coliformes totais	(NMP/100 mL)	Substrato Cromogênico	9223 B
<i>E. coli</i>	(NMP/100 mL)	Substrato Cromogênico	9223 B

Foram coletados dados climáticos (temperatura e umidade) do período de estudo a partir da estação meteorológica presente na EECA – UFG.

RESULTADOS OBTIDOS

Constatou-se uma variação do pH entre 6,36 e 7,23 e ausência de Coliformes Totais e *E. coli* nas amostras coletadas. Os outros valores obtidos das análises de qualidade da água estão dispostos nas Figuras 2 e 3 apresentados de forma a identificar a distribuição dos dados. Os valores de Matéria Orgânica (Figura 2a) se concentraram entre 1,56 e 1,84 mg/L e média de 1,69 mg/L, apresentado um valor atípico para baixo e outro para cima, evidenciando pequenas variação. Na maioria dos casos a Condutividade Elétrica manteve-se baixa, com exceção de 3 valores considerados atípicos 84,0; 75,7 e 36,7 µS/cm (Figura 2b). A Cor Aparente variou entre 3,1 e 5,6 uC com valor médio de 4,4 uC (Figura 3a) e a Turbidez esteve entre 0,23 e 0,67 NTU e média de 0,43 NTU, apresentando 2 valores atípicos abaixo de 1,0 NTU (Figura 3b).

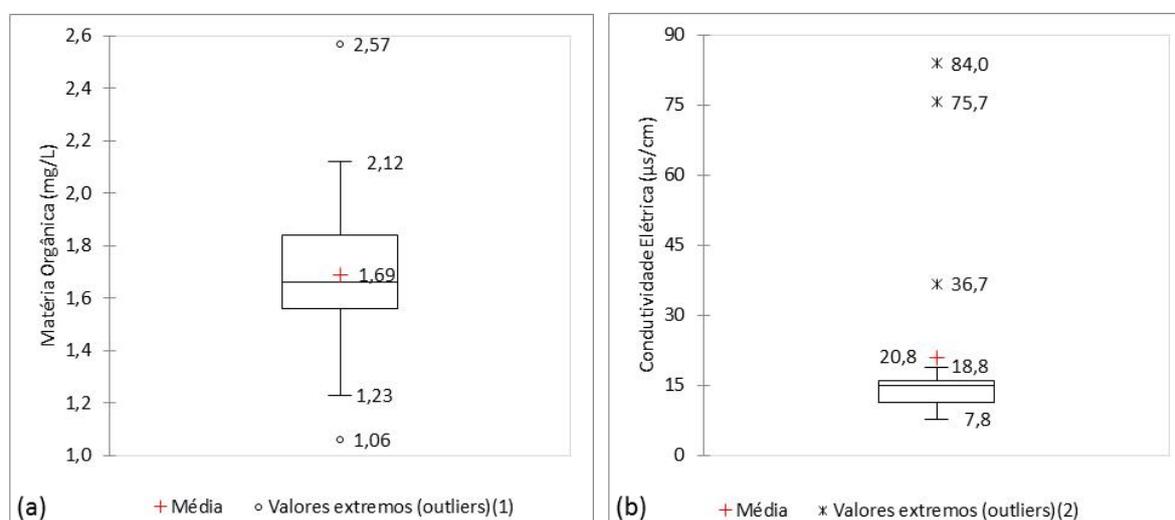


Figura 2: Variação dos valores obtidos para matéria orgânica (a) e condutividade elétrica (b), evidenciando os valores médios e os atípicos (outliers).

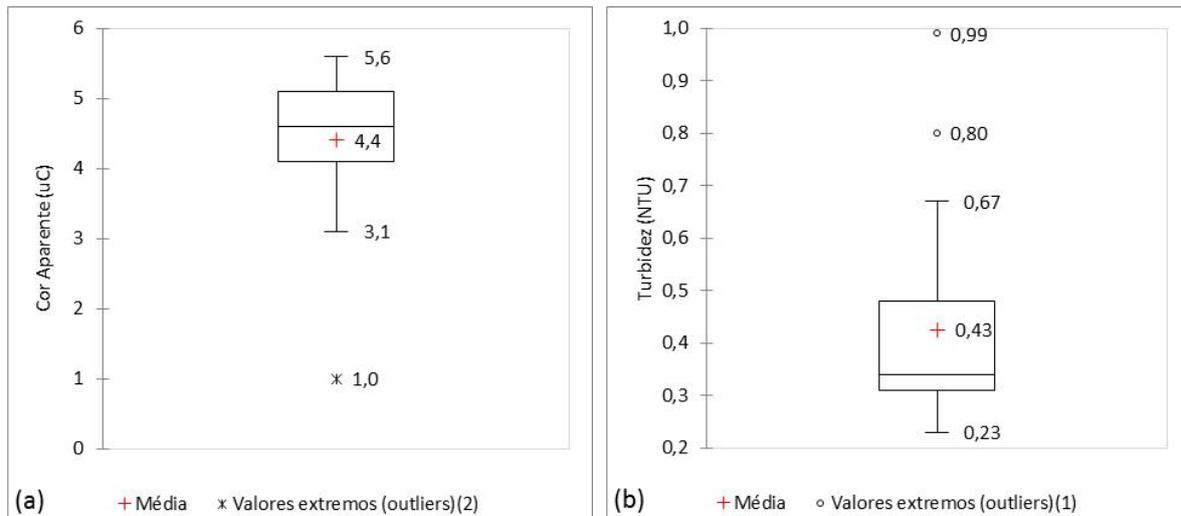


Figura 3: Variação dos valores obtidos para cor aparente (a) e turbidez (b), evidenciando os valores médios e os atípicos (outliers).

O volume gerado de água condensada no primeiro período (janeiro/17) atingiu um acumulado de 329,3 L (Figura 4) em um período de 7 dias, ou seja, 168 horas de coleta, o que representa uma média de 47,04 L/dia. Já no 2º período (maio/17), o volume acumulado atingiu 398,5 L (Figura 4) em um mesmo intervalo de tempo, o que representa uma média de 56,9 L/dia. No entanto, observa-se que, em ambos os períodos no sábado e domingo, o volume gerado também fica bem reduzido.

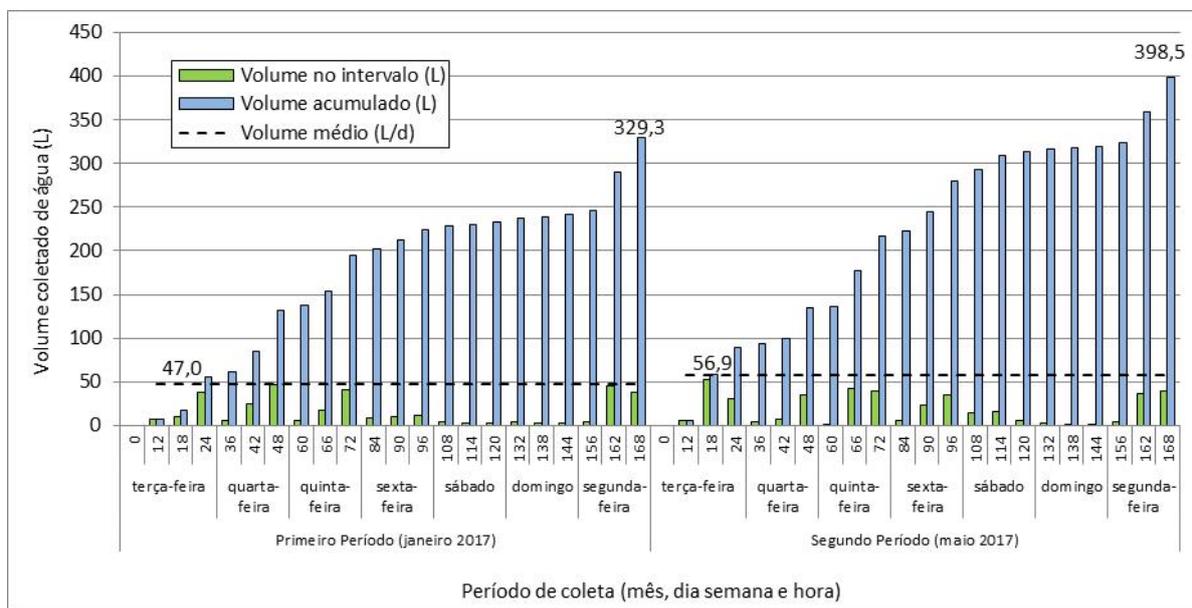


Figura 4: Volume coletado em cada amostragem e o volume acumulado durante 7 dias consecutivos perfazendo um total de 168 horas para o 1º e 2º período de monitoramento.

A umidade relativa do ar no 1º período de amostragem (janeiro/17) possui variação entre 41,72 a 99,99 % e média de 79,08 % (Figura 5a), bem como a temperatura que variou de 19,19 a 33,68 °C e apresentou média de 24,30 °C (Figura 6a). No 2º período a umidade relativa do ar variou entre 15,21 a 99,99 % e média de 66,33 % (Figura 5b), bem como a temperatura que variou de 15,65 a 33,04 °C e apresentou média de 23,69 °C (Figura 6b). Nota-se um menor valor médio de umidade no 2º período em relação ao 1º período, com valores médios de temperatura praticamente iguais nos dois períodos, porém com menores valores de temperaturas no 2º período.

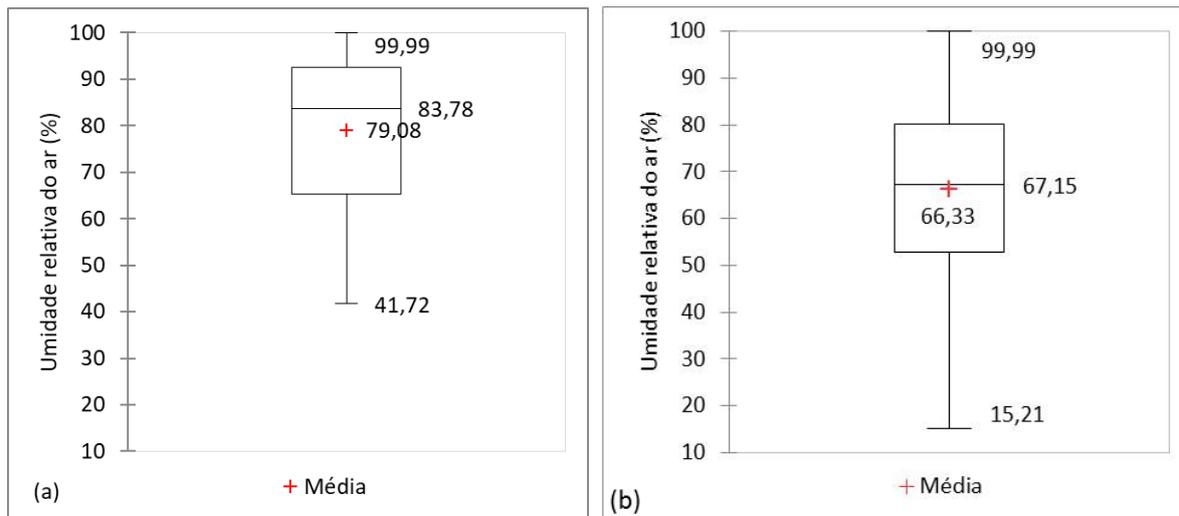


Figura 5: Valores de umidade relativa obtidos da estação meteorológica durante o 1º período (janeiro/17) (a) e 2º período (maio/17) de estudo (b).

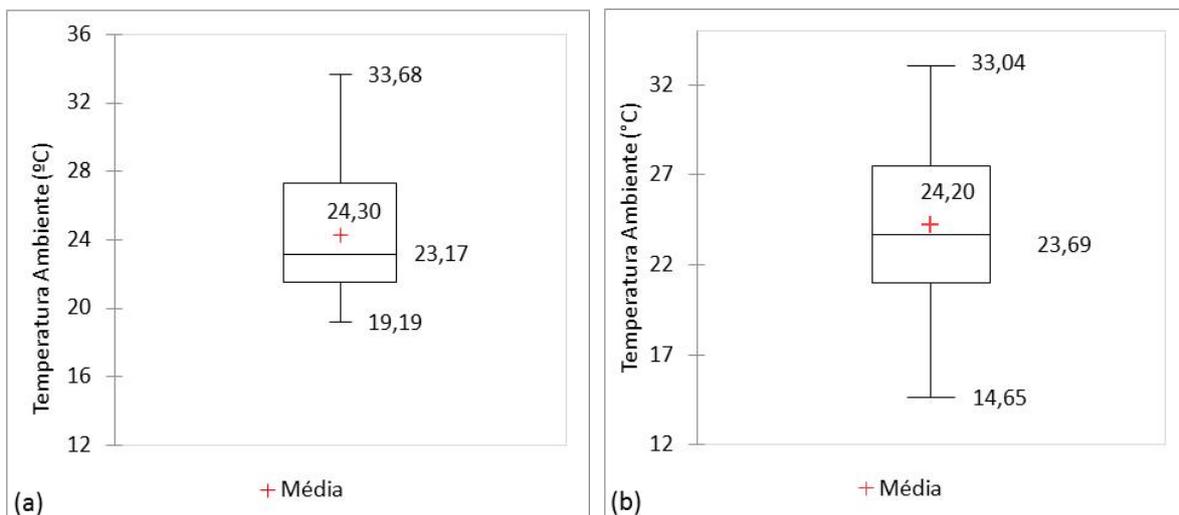


Figura 6: Valores de temperatura ambiente obtidos da estação meteorológica durante o 1º período (janeiro/17) (a) e 2º período (maio/17) de estudo (b).

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Comparando-se os resultados obtidos dos parâmetros de qualidade da água coletada e os padrões estabelecidos pela Portaria MS n. 2914 (BRASIL, 2011), que dispõe sobre a potabilidade da água para consumo humano, observa-se que todos os valores encontrados e que são delimitados pela referida norma (Tabela 2), situam-se abaixo do valor máximo permitido (VMP), exceto nas amostras de turbidez do primeiro dia de amostragem.

Justificam-se esses resultados de turbidez acima do limite devido ao início da operação do sistema, possibilitando o carreamento de sólidos presentes nas tubulações para o reservatório onde eram realizadas as coletas.

Tabela 2: Valor Máximo Permitido para parâmetros estabelecidos na Portaria MS n. 2914/11.

pH	Turbidez (NTU)	Cor aparente (uC)	Coliformes totais (NMP/100 mL)	<i>E. coli</i> (NMP/100 mL)
6,0 a 9,5	0,5	15,0	Ausente	Ausente

Outros parâmetros que devem ser destacados são os Coliformes totais e a *E. coli*, os quais estavam ausentes na água coletada. Desta forma, a água do condensador de ar apresenta uma boa qualidade microbiológica, a mesma requerida pelo padrão de consumo humano estabelecido na Portaria 2914 (BRASIL, 2011).

Os valores obtidos de turbidez são relativamente mais baixos que os apresentados em outros estudos, tais como o de Alipour, Mahvi e Rezaei (2015), cujo valor de turbidez variou entre 2,33 e 2,55 NTU. Segundo o autor, a turbidez está relacionada à existência de partículas em suspensão no ar do ambiente refrigerado. Já os valores de pH determinados nesta pesquisa se assemelham aos valores encontrados por esse autor, que a caracterizam como ligeiramente ácida e associa esse resultado à presença de gases, em especial o dióxido de carbono.

Os resultados obtidos neste projeto possibilitaram a formação de uma nova perspectiva do aproveitamento de água condensada por aparelhos de ar condicionado devido à qualidade apresentada pela mesma. Uma das possíveis formas de aplicação dessa água, como já sugerido por Cunha, Filho e Schröder (2016), são atividades limpeza. Alipour, Mahvi e Rezaei (2015) recomendam o uso da água condensada para combate a incêndio, lavagem de automóveis e irrigação. Já Nobrega (2015) instrui a utilização dessa água como água destilada para atividades laboratoriais. Al-farayedhi, Ibrahim e Gandhidasan (2014) vão além, pois sugerem o uso da água condensada, após tratamento microbiano, para o consumo humano.

Com relação ao volume de água gerado no período do estudo, indicou que no 2º período (maio/17) foi produzido 21% mais água condensada que no 1º período. Isso pode ser justificado devido a reduzida utilização dos aparelhos em função das férias de alguns docentes e técnicos no 1º período. Não é possível associar de maneira incisiva a relação entre umidade e o volume de água reservado, devida à variação do uso das unidades evaporadoras ligadas ao sistema. Porém, é possível afirmar que o volume gerado pelo sistema é significativo, indicando um possível potencial econômico.

CONCLUSÕES

O presente trabalho permitiu concluir que água obtida dos aparelhos de ar condicionado apresentam uma boa qualidade e um volume significativo, possibilitando seu uso em diversas atividades como limpeza e jardinagem. No entanto, é necessário um estudo mais detalhado dos critérios de qualidade necessários para aplicação dessa água, por exemplo, em atividades laboratoriais. Outro fator de grande importância para viabilidade do sistema é a verificação do potencial econômico promovido pelo mesmo e que deve ser observado considerando-se diferentes condições climáticas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AL-FARAYEDHI, A. A.; IBRAHIM, N. I.; GANDHIDASAN, P. Condensate as a water source from vapor compression systems in hot and humid regions. **Desalination**, v. 349, p. 60–67, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.desal.2014.05.002>>.
2. ALIPOUR, V.; MAHVI, A. H.; REZAEI, L. Quantitative and qualitative characteristics of condensate water of home air-conditioning system in Iran. **Desalination and Water Treatment**, v. 53, n. 7, p. 1834–1839, 2015. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/19443994.2013.870724>>.
3. APHA-AWWA-WEF. Standard Methods for examination of water and wastewater. 22th Edition. Washington, DC: American Public Health Association, 2012, 1360 p. ISBN 978-087553-013-0
4. BARBOSA, T.; COELHO, L. Sustentabilidade por meio do reúso da água dos aparelhos de ar condicionado da faculdade de tecnologia deputado Waldyr Alceu Trigo – FATEC sertãozinho. **Revista Academus**, v. 4, n. 1, 2016.
5. BASTOS, C. S.; CALMON, J. L. Uso de água residual do ar condicionado e de água pluvial como gestão

- da oferta em uma edificação comercial : Estudo de caso. **Revista HÁbitat Sustentable**, v. 3, n. 2, p. 66–74, 2013. Disponível em: <<http://revistas.ubiobio.cl/index.php/RHS/article/view/436/398>>.
6. BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 2914, 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, 14 dez. 2011
 7. CETESB. Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Organizadores: Carlos Jesus Brandão [et al.]. São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 326p., 2011.
 8. CUNHA, J. A. O.; OZÓRIO, C. V. de L.; PIRES, R. B.; ALMEIDA, J. V. de; MELO, I. E.; WILLIAN, P. Aparelhos de ar condicionados para uma proposta de reúso direto no IFCE-Campus Quixadá. p. 1–10, 2015.
 9. CUNHA, K. T. da; FILHO, L. C. K.; SCHRÖDER, T. N. Reaproveitamento da água de condensação de equipamentos de ar condicionado. **Revista de Iniciação Científica da ULBRA**, v. 14, p. 166–176, 2016.
 10. LOVELESS, K. J.; FAROOQ, A.; GHAFFOR, N. Collection of Condensate Water: Global Potential and Water Quality Impacts. **Water Resources Management**, v. 27, n. 5, p. 1351–1361, 2013.
 11. MOTA, T. R.; OLIVEIRA, D. M. D.; INADA, P. Utilização da água de sistemas de ar condicionado visando o desenvolvimento sustentável. In: 10º Fórum de extensão e cultura da UEM, **Anais...**2012.
 12. NÓBREGA, J. M. D. S. **Água residual de condensadores de ar: perspectiva de substituição à água destilada para uso em laboratórios**. 2015. Universidade Federal de Campina Grande, 2015.
 13. RIGOTTI, P. A. C. **Projeto de aproveitamento de água condensada de sistema de condicionadores de ar**. 2014. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, 2014.
 14. SANTOS, P. A. D.; SILVA, A. V. D.; BRITO, E. M. D.; PAZ, L. A. D.; LEITE, R. M. D. Estudo de caso de reaproveitamento da água de condensado de condicionadores de ar. In: 15º Congresso Nacional de Iniciação Científica, **Anais...**2015.