

XI-013 – CAPTAÇÃO E UTILIZAÇÃO DA ÁGUA PROVENIENTE DE SISTEMAS CONDICIONADORES DE AR – ESTUDO DE CASO

Euler Bueno dos Santos⁽¹⁾

Engenheiro Eletricista, Físico, Doutor em Engenharia Elétrica, Professor Associado na Escola de Engenharia Elétrica, Mecânica e de Computação, Universidade Federal de Goiás (EMC/UFG).

Maira Ferreira da Silva Rodrigues⁽²⁾

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

Samara Silva Soares⁽³⁾

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Escola de Engenharia Civil e Ambiental (EECA/UFG). Doutoranda em Ciências Ambientais UFG.

Paulo Sérgio Scalize⁽⁴⁾

Engenheiro Civil e Biomédico, Doutor em Hidráulica e Saneamento, Professor Associado I na Escola de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Goiás (EECA/UFG).

Endereço⁽¹⁾: Av. Universitária, Quadra 86, nº 1488, Bloco A – 3º piso, Setor Leste Universitário, Goiânia - GO - CEP: 74810-220 - Brasil - Tel: +55 (62) 3209-6070 - e-mail: euler.bueno.santos@gmail.com

RESUMO

A necessidade da manutenção dos recursos naturais existentes e o aproveitamento de fontes alternativas tem-se mostrado cada vez mais necessário para a integração sustentável entre o meio ambiente e o ser humano. A busca por alternativas viáveis torna-se essencial nesse processo, sendo que o aproveitamento da água produzida em aparelhos de ar-condicionado (neste trabalho também denominada de água condensada) pode ser atraente do ponto de vista, técnico, econômico e ambiental. Dessa forma, o obtivo deste trabalho é expor um estudo de caso cujo objeto é o aproveitamento da água condensada em aparelhos de ar-condicionado utilizando o princípio do uso racional da água. Como elemento do objeto do estudo foi utilizado a sede do Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Goiás (CREA-GO). Neste caso houve a implementação das seguintes ações: Campanha educativa, com provimento de meios para otimização das tarefas de limpeza, com elaboração e utilização de cartilha; Estudo de viabilidade técnica-econômica e implantação das redes de coleta e unidades de armazenamento de água condensada; Monitoramento qualitativo e quantitativo da água liberada pelas evaporadoras do ar-condicionado. Como resultado das ações praticadas a água condensada foi produzida em quantidade e qualidade suficiente para promover a limpeza no piso das dependências do CREA-GO, reduzindo o consumo de água potável fornecida pela empresa de abastecimento local. Isto resultou em economia financeira, possibilitando a recuperação do investimento, aplicado na implantação do sistema, cujo retorno aconteceu em um tempo inferior àquele estimado pelo estudo de viabilidade econômica. As ações praticadas resultaram em impacto social, econômico e ambiental, além de estímulo a pesquisas.

PALAVRAS-CHAVE: Água, Ar-condicionado, Campanha Educativa, Rede de Coleta, Uso Racional.

INTRODUÇÃO

Desde a Conferência de Estocolmo, em 1972 na Suécia, as questões ambientais começaram a ser discutidas no âmbito internacional, levando ao surgimento e consolidação de políticas voltadas para a preservação do meio ambiente e dos recursos naturais, sobretudo da água doce utilizada para o abastecimento da população.

A disponibilidade de água doce para abastecer os centros urbanos tem sofrido alguns agravantes nos últimos anos, seja devido à poluição dos mananciais superficiais ou mesmo ao aumento da demanda por conta do crescimento da população das cidades. Na estação seca, em que a demanda normalmente aumenta e os reservatórios apresentam nível baixo, a disponibilidade da água potável fica ainda mais comprometida. Esta situação leva a pensar em estratégias para reduzir a demanda desse recurso, como aplicação de ações relativas ao uso racional e utilização de fontes alternativas.

Dentre as fontes alternativas de água para fins não potáveis, o uso da água condensada de aparelhos de ar-condicionado tem se mostrado uma opção interessante, principalmente em locais onde há utilização destes aparelhos em grande quantidade e durante longos períodos do dia, como instituições públicas, prédios comerciais, hospitais e instituições de ensino. Bolzan (2017) analisou a possibilidade de criação de um sistema de captação e utilização da água proveniente dos aparelhos de ar-condicionado em um prédio comercial no município de Porto Alegre, sendo que o volume de água produzido se mostrou suficiente para suprir a demanda de regas das áreas verdes e limpeza do piso do edifício, proporcionando além da economia da água proveniente do abastecimento público, economia financeira, visto que o sistema proposto apresentou baixo custo e tempo de retorno.

Os estudos realizados por Algarini et al. (2018) e Alipour et al. (2015) mostram que a água proveniente dos aparelhos de ar-condicionado apresenta qualidade semelhante a água potável, possibilitando que a mesma possa ser aplicada em outros usos além de rega de jardim e limpeza de piso após tratamento simples. Algarini et al. (2018) realizou uma revisão de literatura sobre os potenciais usos da água condensada e identificou a aplicação da mesma para irrigação, limpeza, torres de resfriamento e uso em laboratórios.

A quantidade da água liberada pelos sistemas de ar-condicionado depende de características dos edifícios em que estão instalados e principalmente das características climáticas locais. Loveless et al. (2013) aplicou um modelo climático para levantar as áreas com maior potencial de geração de água condensada, sendo que as cidades brasileiras São Paulo, Recife, Rio de Janeiro e Salvador, apareceram entre as trinta cidades do mundo com maior potencial de geração de água condensada. O Brasil apresenta algumas áreas com ótimas condições para aplicação de sistemas de captação e utilização de água condensada de aparelhos de ar-condicionado devido as altas temperaturas e umidade relativa do ar favorável.

Este trabalho tem como objetivo principal apresentar um estudo sobre o aproveitamento de água condensada oriunda de conjuntos de aparelhos de ar-condicionado, através de um estudo de caso.

MATERIAIS E MÉTODOS

Um estudo de caso é utilizado neste trabalho, portanto um dos elementos para o objeto deste estudo é a edificação da sede do Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Goiás (CREA-GO). A arquitetura desta edificação tem como quadro de áreas o exposto na Tabela 1.

Tabela 1 – Quadro de áreas da edificação da sede

Pavimento	Área (m ²)
Térreo	899,80
Primeiro	1.490,34
Segundo	1.129,98
Terceiro	924,66
Total	4.444,78

Observa-se na Tabela 1 que a área total da edificação demanda um volume relativamente grande de água para sua limpeza. Assim sendo e com o propósito de implementar boas práticas no contexto do uso racional da água inicialmente foi deflagrada uma campanha educativa, envolvendo os colaboradores do serviço de limpeza. Nesta campanha algumas ações interessantes podem ser citadas como, por exemplo: realização de palestra e diálogos, evidenciando questões ambientais; e utilização de dispositivo móvel capaz de transportar, de modo confortável, um volume considerável de água que neste caso é 100 litros.

Estudo realizado considerando os equipamentos existentes na edificação mostrou um potencial razoável de água liberada pelas evaporadoras dos aparelhos de ar-condicionado, que neste caso são do tipo *split*. Este fato aliado à demanda necessária motivou aprofundamento ao estudo iniciado no qual foi considerado aspectos financeiros, com base nos princípios da engenharia econômica. Isto resultou na implantação de um sistema de coleta e armazenamento da água proveniente das evaporadoras dos aparelhos de ar-condicionado. Esta água é neste trabalho denominada também de água condensada. Assim sendo as evaporadoras destes aparelhos,

conforme quantidade apresentada na Tabela 2, passaram a pertencer a três redes coletoras que se ligam a duas centrais de armazenamento (reservatórios) designadas por central I e central II.

Tabela 2 – Equipamentos associados à fachada da edificação

Fachada	Central	Capacidade	Quant.
Lateral esquerda	I	12.000 Btu/h	30
Lateral direita	II	12.000 Btu/h	30
Frontal(interior)	I	12.000 Btu/h	07
Frontal(interior)	I	18.000 Btu/h	07

As centrais I e II foram previamente dimensionadas e posicionadas estrategicamente de modo a armazenar a quantidade de água liberada diariamente, considerando: o regime de funcionamento dos aparelhos; condições de utilização da água; e dados meteorológicos. Para melhor compreensão a Figura 1 mostra o esquema vertical da rede coletora de água condensada associada a fachada lateral direita, com o posicionamento das evaporadoras e central de armazenamento.

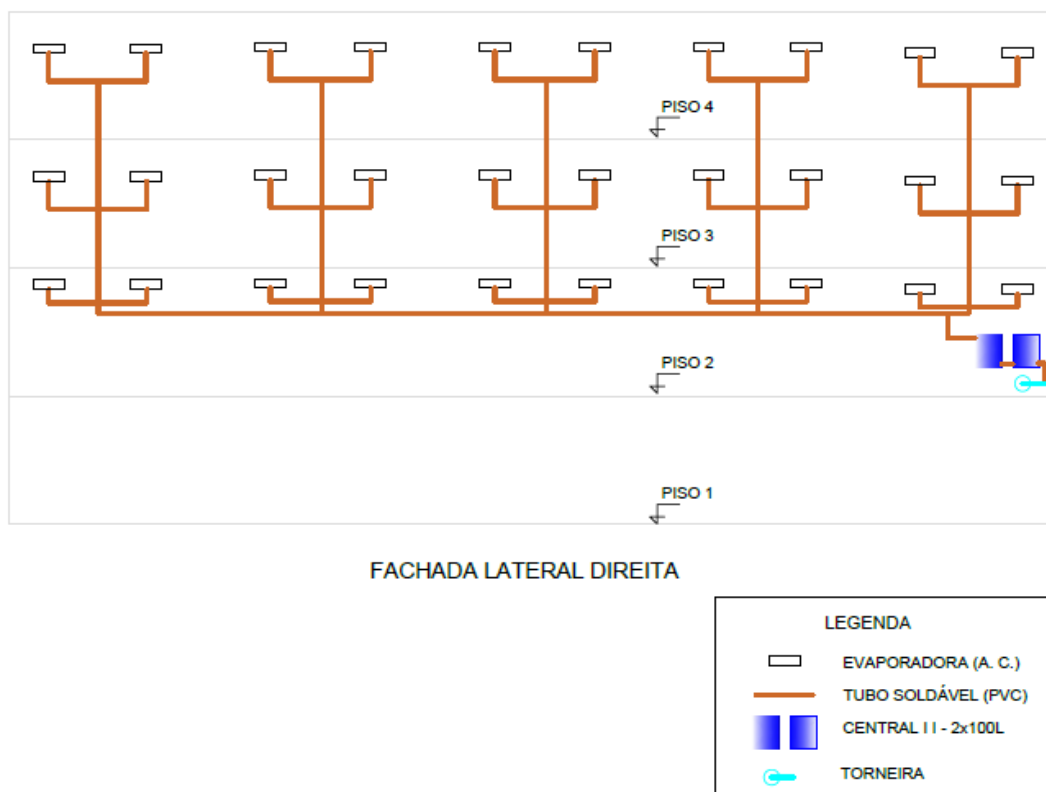


Figura 1 – Esquema vertical da rede coletora associada à fachada lateral esquerda.

Neste caso as centrais possuem capacidade de 200 litros cada, portanto, o sistema possui uma capacidade total de armazenamento de 400 litros. Cada reservatório é constituído por dois tanques, de 100 litros cada com tampa rosqueável e interligados entre si.

A orientação das fachadas é relevante uma vez que implica em maior ou menor absorção de calor do sol no período diurno. Neste trabalho os vetores normais aos planos de cada fachada estão orientados do seguinte modo: fachada lateral direita quase na direção do sul verdadeiro; fachada lateral esquerda quase na direção do norte verdadeiro; fachada central próximo a direção do oeste. É oportuno comentar que a fachada lateral esquerda está praticamente livre de obstáculos que impeçam a incidência de raios solares na maior parte do tempo no período diurno, o que não acontece com as outras duas fachadas.

A umidade relativa do ar e a temperatura ambiente são também de grande importância na produção da água condensada, portanto os equipamentos necessários ao registro dos valores pertinentes devem estar localizados o mais próximo possível da edificação observada. Neste estudo foi utilizado valores extraídos de um sistema de aquisição de dados, de uma estação solarimétrica, pertencente à Escola de Engenharia Elétrica, Mecânica e de Computação da Universidade Federal de Goiás. Esta estação está instalada próximo (aproximadamente 540 m) da edificação observada, o que justifica a utilização dos dados.

O volume de água condensada liberada é medido através de hidrômetros multijato velocimétrico instalados antes da torneira de escape de cada central de armazenamento. As medições são realizadas em dias úteis consecutivos obedecendo um protocolo pré-estabelecido, com horários fixos para leitura no início do período matutino e final do período vespertino.

Para avaliar a qualidade da água liberada do ar-condicionado foram realizadas análises físico-químicas e bacteriológicas, sendo: cor aparente, turbidez, pH, alcalinidade, condutividade elétrica, dureza, cloreto, matéria orgânica, coliformes totais e *Escherichia coli*, seguindo a metodologia do Standard Methods (APHA; AWWA; WEF, 2005). Apesar do foco não tenha sido a utilização da água para consumo humano, os valores obtidos foram comparados aos limites estabelecidos pela Portaria de Consolidação Nº 5 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2017), que estabelece os padrões de potabilidade da água para consumo humano. As coletas de amostra foram executadas conforme o Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (BRANDÃO et al., 2011) e realizadas nos dias 04 de abril de 2015, 01 de setembro de 2017 e novamente no dia 08 de fevereiro de 2018.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O investimento financeiro necessário à implantação do sistema de coleta e armazenamento teve um tempo de retorno de aproximadamente onze meses, inferior àquele estimado com base na engenharia econômica que foi de aproximadamente quatorze meses.

As ações realizadas na campanha educativa aliada ao provimento de meios para melhor execução das tarefas contribuíram para mudança de hábitos no manuseio e aplicação da água, resultando em considerável melhoria nos aspectos de rendimento e segurança do trabalho.

Com relação à questão financeira a utilização da água proveniente do sistema de coleta e armazenamento produziram redução no volume de água potável proveniente da companhia de abastecimento, conforme ilustra o gráfico da Figura 2, que permite confrontar o volume faturado em três anos consecutivos, ou seja, 2014, 2015 e 2016 tomando como base o volume acumulado no triênio. É oportuno salientar que o sistema foi implantado em 2015.

O demonstrativo apresentado mostra claramente redução no volume faturado nos anos de 2015 e 2016 em relação ao ano de 2014 mostrando vantagens, das ações adotadas, do ponto de vista econômico e ambiental, apresentando economia significativa, pois no pior caso (em 2016) a economia foi acima de 16%, sendo que em 2015 a economia foi acima de 32%.

Mesmo seguindo o princípio conservador a economia financeira em 2015 relativa a 2014 foi relevante, ou seja, R\$ 4.382,91 equivalente a 20,84%. Assim sendo este é mais um fator que comprova a viabilidade deste projeto.

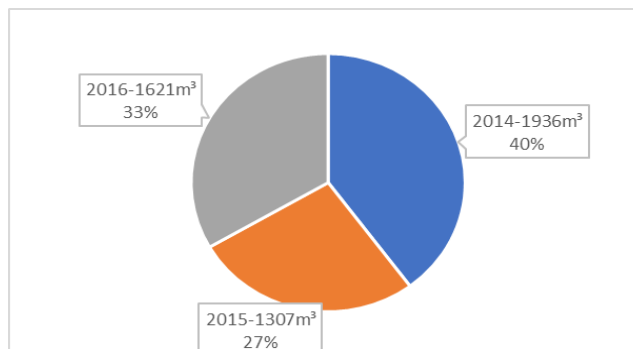


Figura 2 – Demonstrativo do volume faturado em três anos consecutivos

Com relação à orientação do vetor normal ao plano de cada fachada pode-se dizer que a geometria sol-terra mostra claramente que em relação a um ponto fixo na edificação da sede do CREA-GO a incidência diária dos raios solares, devido à trajetória do sol, na fachada lateral esquerda ao longo do período diurno é maior que aquela observada nas outras duas fachadas. Deste ponto de vista o regime de funcionamento dos aparelhos de ar-condicionado associados à fachada lateral direita e central é diferente daquele associado à fachada lateral esquerda devido a diferenças na absorção do calor. Assim sendo os aparelhos de ar-condicionado associados a esta última fachada, em relação às outras, pode contribuir relativamente com uma maior disponibilização de água condensada.

Com o propósito de expor sobre a retirada de água condensada das centrais de armazenamento será exemplificado o mês de março de 2018, observando a ausência dos dias 29 e 30 (feriado) porque não houve expediente. Com relação a este mês é apresentado o histograma da Figura 3 o qual mostra que o volume diário de água retirada varia no decorrer do mês. Em decorrência de ações administrativa os volumes dos dias 02, 06, 07 e 08 são significativamente menores que os demais. Os volumes acumulados entre os dias 12 a 16 (semana III) totaliza 1.616,24 litros, enquanto que entre os dias 19 a 23 (semana IV) é de 1919,40 litros. Tomando como referência a semana IV obtém-se uma diferença percentual de 15,79% que é significativa. Vale comentar que o volume acumulado mensal foi de 6.024,78 litros.

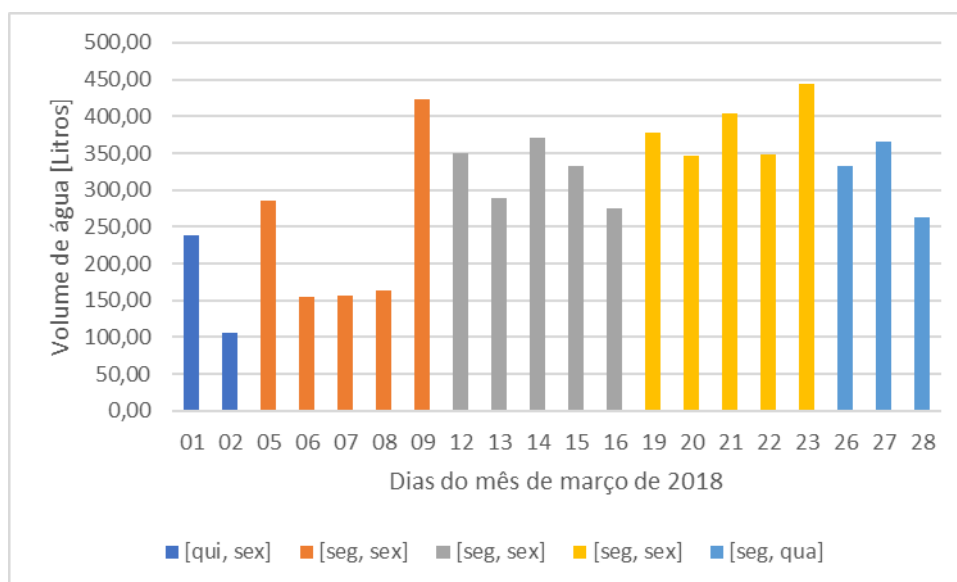


Figura 3 – Histograma do volume de água retirado no mês de março de 2018

Para mostrar o comportamento da umidade relativa do ar e da temperatura ambiente durante as duas semanas mencionadas são expostos os gráficos das Figuras 4 e 5. Considerando os dias pertencentes a cada semana,

dias úteis, e o horário de expediente (entre 8:00 horas e 18:00 horas) tem-se para semana III os seguintes intervalos: Temperatura [21,3; 32,8] em °C; Umidade Relativa do Ar [94; 39] em %. Já para a semana IV os intervalos são os seguintes: Temperatura [22,9; 32,0] em °C; Umidade Relativa do Ar [89; 41] em %. Nestas condições e com base na evolução das curvas nas Figuras 4 e 5, relativas às grandezas pertinentes, nota-se diferenças que não são significativas.

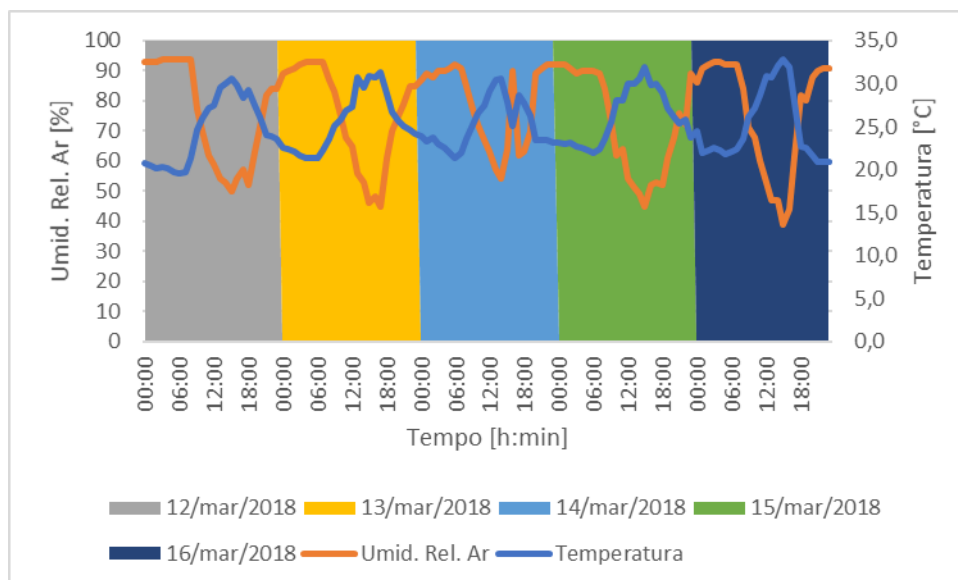


Figura 4 – Comportamento da Umidade Relativa do Ar e da temperatura na III semana de março de 2018

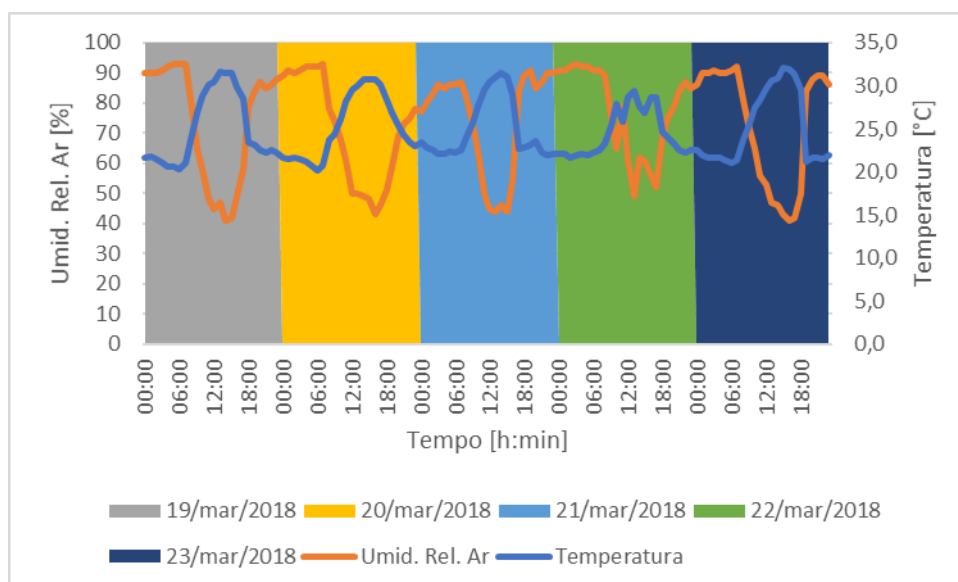


Figura 5 – Comportamento da Umidade Relativa do Ar e da temperatura na IV semana de março de 2018

As análises de qualidade da água proveniente do sistema de ar-condicionado apresentaram valores abaixo de valor máximo permitido pela Portaria de Consolidação N° 5 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2017) para os padrões de potabilidade, com excessão da turbidez. A Tabela 3 apresenta os valores encontrados a partir das análises para as amostras coletadas no dia 8 de fevereiro de 2018 e o valor máximo permitido pela referida Portaria que estabelece os padrões para água potável.

Tabela 3 - Resultados das análises de qualidade da água proveniente do sistema de ar-condicionado e valores máximos permitidos pela Portaria de Consolidação N° 5.

Parâmetros analisados	Sistema de Ar-condicionado	Port. de Consolidação N° 5
Cor (uC)	2,6	15
Turbidez (NTU)	0,66	0,5
pH	6,15	6 a 9
Coliformes totais (NMP/100ml)	Ausente	Ausente
Coliformes termotolerantes (NMP/100 ml)	Ausente	Ausente

Cabe ressaltar que a água captada do ar-condicionado não passa por qualquer tipo de tratamento, contudo apresentou ótimos resultados de qualidade, comprovando a segurança para o contato humano. Para os demais parâmetros analisados encontrou-se: 1,06 mg/L para cloreto, 1,13 mg/L para alcalinidade, 0,00 mg/L para dureza, 2,74 mg/L para matéria orgânica e 21,95 μ S/cm para condutividade elétrica. Soares et al. (2017) em uma análise quali-quantitativa da água proveniente de aparelhos de ar-condicionado em um laboratório de análises da Universidade Federal de Goiás encontrou valores semelhantes para os mesmos parâmetros com exceção da matéria orgânica em que a média encontrada foi de 1,69 mg/L.

CONCLUSÕES

O sistema de coleta e armazenamento com o aproveitamento da água do ar-condicionado se mostra simples e de fácil aplicação, tanto que já foi replicado em outros locais, que certamente resultarão em interessantes benefícios, estimulando ainda pesquisas visando a utilização em atividades laboratoriais após passar por um sistema de filtração.

Os resultados dos exames laboratoriais mostram claramente que a água do sistema de coleta e aproveitamento não oferece nenhum risco quando manuseada por seres humanos.

A campanha educativa sobre uso racional de água potável aliada ao sistema de coleta e aproveitamento de água das evaporadoras teve significativo impacto no consumo da água proveniente da Companhia Estadual de Saneamento, sendo que no ano da implantação destes o volume de água potável consumida foi consideravelmente menor que o consumido no ano anterior.

Estima-se a perspectiva de vida deste sistema, desde que hajam manutenções preventivas, seja de pelo menos quinze anos.

Um estudo de viabilidade econômica realizado antes da implantação do sistema de coleta resultou num *Payback* de um ano e dois meses, no entanto como o volume de água captado ficou acima do valor previsto o retorno do capital financeiro aplicado aconteceu em onze meses. Isto comprovou a viabilidade econômica do projeto.

O fato da não utilização de água potável nos serviços de limpeza por si só já justifica o compromisso com a sustentabilidade, compromisso este que se torna mais forte quando ações visando o uso racional deste bem tão precioso implicam diretamente em combate efetivo ao desperdício.

Apesar da razoável aproximação do comportamento das temperaturas e das umidades relativas do ar, quando em determinadas condições se estabelecem comparações entre valores obtidos na semana III com aqueles da semana IV, a diferença entre os volumes da água condensada produzida nas duas semanas foi significativa mostrando claramente que outros fatores também influenciam a produção.

Pode-se concluir também que o regime de funcionamento dos aparelhos de ar-condicionado associado aos hábitos pessoais também contribuem para a produção de água condensada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALGARNI, Salem; SALEEL, C. A.; MUJEEBU, M. Abdul. Air-conditioning condensate recovery and applications—Current developments and challenges ahead. *Sustainable Cities and Society*, v. 37, p. 263-274, 2018.
2. ALIPOUR, Vali; MAHVI, Amir Hossein; REZAEI, Leila. 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.
3. American Public Health Association – APHA; American Water Works Association – AWWA; Water Environment Federation - WEF. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 21st Ed. Washington, DC, 2005.
4. BOLZAN, César Bonamigo. Sistema de reuso de água cinza originária de aparelhos de ar condicionado em um prédio comercial. 2017.
5. BRASIL. Ministério da Saúde (2017) Portaria de Consolidação Nº 5, de 28 de setembro de 2017. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. Diário Oficial [da] União, Brasília, 2017.
6. BRANDÃO, C. J., Botelho, M. J. C., Sato, M. I. Z., & Lamparelli, M. C. (2011). Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. São Paulo: CETESB.
7. LOVELESS, Kolin J.; FAROOQ, Aamir; GHAFPOUR, Noreddine. Collection of condensate water: Global potential and water quality impacts. *Water resources management*, v. 27, n. 5, p. 1351-1361, 2013.
8. SOARES, S. S; GADE, G.; SANTOS, E. B.; CASTRO. M.; SCALIZE, P. S. Análise quali-quantitativa da água condensada de um sistema de ar-condicionado de um edifício da UFG. Congresso ABES/FENASAN 2017. 2017.