

VI-245 - ESTUDO DE VIABILIDADE PARA APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CONDENSAÇÃO DE MÁQUINAS DE AR CONDICIONADO

Cícero Antonio Antunes Catapreta⁽¹⁾

Eng. Civil (PUCMG), Mestre e Doutor em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos (UFMG), Professor Adjunto do Centro Universitário UNA. Engenheiro Sanitarista da Superintendência de Limpeza Urbana de Belo Horizonte, MG, Brasil.

Andréia Sabrini de Freitas

Eng. Civil (Centro Universitário UNA).

Endereço⁽¹⁾: Centro Universitário UNA. Campus Linha Verde. Avenida Cristiano Machado, 11.157 – Bairro Vila Suzana, Belo Horizonte – Minas Gerais - CEP:37.800-000 Telefone: +55 (31) 3235-7300 – Brasil – Tel:– email: cicero.catapreta@prof.una.br.

RESUMO

A água é um recurso mineral essencial à existência e sobrevivência humana e sua preservação e conservação são de fundamental importância para a garantia da sustentabilidade das gerações futuras. Sendo assim, o uso racional da água pode ser definido por práticas, técnicas e tecnologias que propiciam a melhoria da eficiência do seu uso, sendo que, devido à sua escassez contínua, processos como o de reaproveitamento da água têm aumentado nos últimos anos, além de que a escassez da água faz com que ela se torne mais valiosa e sua economia também gera economia financeira para seus usuários. Nesse sentido, considerando a escassez de água verificada na RMBH - Região Metropolitana de Belo Horizonte, e visando a utilização de águas advindas de diversas fontes, o presente trabalho teve como objetivo analisar a viabilidade de aproveitamento da água proveniente da condensação das máquinas de ar condicionado dos edifícios da Cidade Administrativa de Minas Gerais, sede do Governo Estadual, visando reduzir o consumo de água nos prédios do conjunto. Após a análise das informações trabalhadas ao longo desse trabalho, os resultados obtidos mostram que houve uma redução considerável, principalmente entre os anos de 2014 e 2015, onde se verificou uma queda do consumo de 14,06%, cerca de 1.424.000 litros de água. Essa quantidade é suficiente para abastecer cerca de 9.493 pessoas, considerando que cada pessoa utilize 150 litros de água por dia. Foram adotadas medidas para redução do consumo, como o reuso da água proveniente do sistema de drenagem do ar condicionado, o ajuste de todas as torneiras de acionamento de pressão e campanhas educativas para conscientização do uso da água, acompanhados de monitoramento para verificação do atendimento ou não à meta de redução de consumo proposta. Logo, fica bem evidenciada a importância do uso consciente da água, assim como a importância do uso de águas de fontes alternativas, constatando que é possível, com medidas simples, como o reuso da água de condensação de máquinas de ar condicionado, minimizar o consumo de água doce.

PALAVRA-CHAVES: Ar Condicionado, Sustentabilidade, Reuso, Água, Recursos Hídricos.

1. INTRODUÇÃO

A humanidade está confrontando com uma série de problemas globais – socioambientais e financeiros e, em função disso, a discussão sobre o meio ambiente em geral e, em particular o manejo dos recursos hídricos, adquirem especial importância, pois a demanda de água aumenta proporcionalmente ao crescimento populacional. Contudo, a disponibilidade de água com qualidade e quantidade suficiente para atender às demandas atuais e futuras depende de algumas ações relacionadas à gestão de recursos hídricos.

A água é um recurso limitado e precioso. Embora cerca de 75% da superfície da Terra seja ocupada pela água, deste total apenas 3% são de água doce. Porém, 80% da água doce estão congeladas nas calotas polares ou geleiras, ou em lençóis subterrâneos muito profundos, ou seja, somente 20% desse volume é disponível para o homem. A distribuição desigual da água pelas diferentes regiões do planeta faz ainda com que haja escassez desse recurso em vários países (Silveira, 2008).

Acrescentam-se as questões do crescimento da população mundial e o desenvolvimento industrial, que aliadas ao uso irracional da água, problemas climáticos, à poluição das águas, dos solos e do ar, que contribuem para a escassez de água doce no mundo e comprometimento da qualidade daquela disponível (Silveira, 2008).

Nesse sentido, práticas para o incentivo do desenvolvimento sustentável e a redução do consumo de água e do custo de fornecimento desta vêm surgindo, constantemente, para que a sua escassez seja minimizada. O reuso de água servida tem tomado relevante importância. Desde os anos sessenta, diversos países têm investido pesado em diferentes formas de reaproveitamento das águas servidas e/ou menos exigentes em termos de qualidade (Lourenço *et al.*, 2016).

Uma das alternativas para aproveitamento, ou reuso de água, é a utilização da água condensada em sistemas de ar condicionado, os quais são amplamente utilizados em edifícios comerciais e residenciais.

O ar condicionado é definido como o processo de condicionamento do ar objetivando o controle de sua temperatura, umidade, pureza e distribuição no sentido de proporcionar conforto aos ocupantes do recinto condicionado (Jones & Stoecker, 1985).

Segundo Jones & Stoecker (1985), sistemas para resfriamento de ar durante o verão tornaram-se obrigatórios em edifícios de grande porte no mundo inteiro. Mesmo em regiões onde as temperaturas de verão não sejam elevadas, edifícios grandes devem ser resfriados para compensar o calor liberado por pessoas, luzes e outros aparelhos elétricos. Em edifícios de grande porte são normalmente utilizados sistemas centrais, mais comumente através de água gelada, que podem ser servidos por uma central de resfriamento. Nos sistemas de água gelada, o equipamento de refrigeração é instalado em uma área da edificação, chamada de Central de Água Gelada (CAG).

A CAG incorpora equipamentos denominados de *chillers* centrífugo que produzem o resfriamento da água, através da troca de calor entre o gás refrigerante e água. A água gelada, produzida nos *chillers*, é bombeada e distribuída, por uma rede de tubulações, para todas as áreas que serão condicionadas. As torres de resfriamento, que também incorporam o sistema, são responsáveis pela retirada do calor absorvido pelo processo de troca de calor do gás refrigerante através da água. Elas recebem água quente do processo e retiram, parcialmente, o calor da água que através de bombas, retornando para os *Chiller's* (THERMOPRESSAR, 2016).

Como estas tubulações transportam água gelada, elas são isoladas termicamente. No sistema de água gelada, o resfriamento do ar é realizado por outros equipamentos denominados de *fan-coils*, que são compostos por um ventilador que realiza a movimentação do ar e por uma serpentina na qual circula a água gelada (Figura 1).

Os equipamentos *fan-coils* podem ser de grande porte, instalados em casas de máquinas e com a distribuição do ar por dutos ou, ainda, podem ser aparentes de pequeno porte (fancoletes).

Assim, esse trabalho teve como objetivo avaliar a viabilidade de aproveitamento da água proveniente da condensação das máquinas de ar condicionado dos edifícios da Cidade Administrativa de Minas Gerais, sede do Governo Estadual, visando reduzir o consumo de água nos prédios do conjunto.

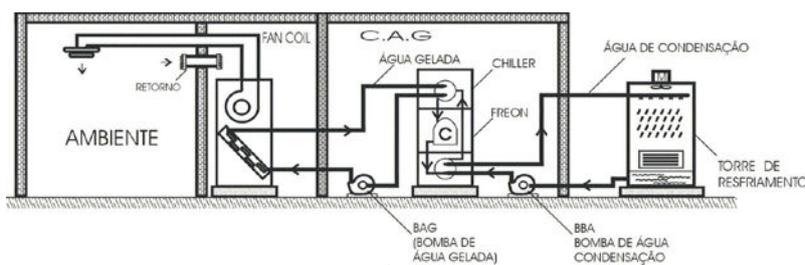


Figura 1 - Sistema típico de Água Gelada (PROCELL, 2011).

2. METODOLOGIA

2.1. Área de estudo

O complexo da Cidade Administrativa de Minas Gerais foi inaugurado no ano de 2010, com o objetivo de agrupar as sedes do Governo de Minas Gerais, e é composto por 6 prédios administrativos denominados Prédio Minas, Prédio Gerais, Prédio Palácio Tiradentes, Prédio Auditório Juscelino Kubistschek, Prédio Centro de Convivência e Prédio CAG (Central de Água Gelada), além de possuir um túnel de acesso sob a MG-010, que dá acesso à Cidade Administrativa (Figura 2).

O complexo da Cidade administrativa ocupa uma área total de 804 mil metros quadrados, sendo que cerca de 270 mil metros quadrados de área são ocupados pelas unidades descritas (Figura 3).



Fonte: MINAS GERAIS, 2016.

Figura 2 - Edificações Cidade Administrativa



Fonte: Google2016.

Figura 3 - Foto aérea da Cidade Administrativa de Minas Gerais

2.2. Coleta de dados

As implantações das medidas de redução do consumo de água começaram no início de 2015. Os dados de consumo deste ano foram comparados aos dados coletados dos anos anteriores (2012, 2013 e 2014), a fim de detectar eficiência das medidas adotadas. O instrumento de coleta de dados deste trabalho deu-se por meio da análise dos dados de consumo, através de faturas emitidas pela concessionária vigente (COPASA – Companhia de Saneamento de Minas Gerais), análise da evolução do consumo e também por meio do acompanhamento dos níveis do reservatório de acumulação da água advinda do dreno do sistema de ar condicionado, a fim de determinar a quantidade de água acumulada para reutilização.

Os dados foram coletados e anotados em planilhas que posteriormente foram digitalizadas para criação de gráficos para facilitar a visualização e comparação dos resultados.

3. RESULTADOS

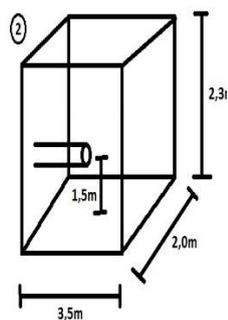
Foram coletados e analisados dados nos edifícios: Gerais, Minas, Centro de Convivência, Palácio, Auditório e CAG, assim como foram adotadas medidas para redução do consumo de água nos prédios citados, como descrito a seguir.

Inicialmente, foram adotados procedimentos para utilização da água de condensação, advinda do dreno do sistema de ar condicionado do Edifício Minas, único que possui instalação que coleta a água de condensação das máquinas de ar condicionado.

Foi coletada a água de condensação de 122 *fan-coils* e 144 fancoletes. Essa água é direcionada para um reservatório com capacidade de 16 m³, localizado entre os prédios Minas e Centro de Convivência (Figura 4).



(a)



(b)

Figura 4 - Reservatório localizado entre os prédios Minas e Centro de Convivência

Esse reservatório encontrava-se inicialmente desativado. Até fevereiro de 2015 a água advinda dos drenos dos *fan-coils* não tinha nenhum destino, sendo descartada pelos ladrões dos reservatórios, tubulação que leva a água descartada até a lagoa. Com a necessidade de redução no consumo de água, a utilização da água de condensação das máquinas de ar condicionado para fins que trouxesse economia foi fundamental. Para isso realizou-se a limpeza com hidrojateamento e sucção de materiais, que se acumularam no reservatório de reuso durante o período que o mesmo permaneceu desativado (Figuras 5a, 5b, e 5c).

Após a limpeza do reservatório, passou-se a coletar a água de condensação. Com o objetivo de saber a quantidade de água coletada no reservatório, fez-se um acompanhamento durante 5 dias úteis da quantidade de água acumulada diariamente. Para isso, ao final de um dia, media-se a altura do nível de água dentro do reservatório, para determinar o volume de água acumulado e, ao final de cada dia, era acionada uma bomba manualmente para que esvaziasse o reservatório e fizesse um novo acompanhamento. A água armazenada nesse reservatório era bombeada para outro reservatório localizado na entrada do prédio da CAG, com capacidade de 60 m³. A água armazenada nesse reservatório passou a ser bombeada automaticamente para as torres de resfriamento (Figuras 6a, 6b e 7).



(a)



(b)



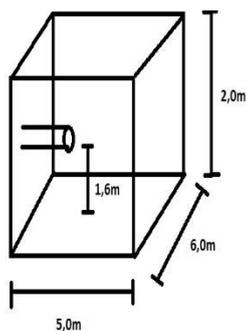
(c)

Figura 5 - Limpeza do reservatório de reuso

Durante o acompanhamento da quantidade de água coletada diariamente no reservatório localizado entre os prédios Minas e Centro de Convivência, foram observados os volumes apresentados na Tabela 1.



(a)



(b)

Figura 6 Reservatório localizado no prédio CAG



Figura 7 - Limpeza do reservatório de reuso

Tabela 1 - Acúmulo de água no reservatório de reuso diariamente

Data	Horário	Descrição	Total captado (m ³)
25/02/2015	11:00h	Início da captação	0
26/02/2015	11:00h	Altura = 1,0m	7,0
27/02/2015	11:30h	Altura = 1,15m	8,05
02/03/2015	12:00h	Altura = 1,27m	8,89
03/03/2015	11:30h	Altura = 1,11m	7,77
04/03/2015	12:00h	Altura = 1,33m	9,31
05/03/2015	10:00h	Altura = 1,0m	7,0

A água coletada passou por uma análise, para verificar se a água oriunda dos equipamentos de ar condicionado poderia ser utilizada nas torres de resfriamento, ou seja, utilizada no próprio sistema de ar condicionado. Foi verificado o pH, condutividade, dureza como CaCO₃, alcalinidade total como CaCO₃, cloretos como Cl⁻, fosfato como PO₄⁻³, sílica como SiO₂, fosfonato, ferro total, molibdato como MoO₄, Zinco²⁺. Os resultados preliminares indicam que a água não apresentou inconformidades para o fim desejado (Tabela 2).

Tabela 2 - Resultado da análise da água armazenada no reservatório

Parâmetros	Unid.	22/08/2013	24/02/2015
pH	-	7,95	7,33
Condutividade	µS/cm	94	45,5
Dureza como CaCO ₃	ppm	26	0
Alcalinidade Total como CaCO ₃	ppm	30	20
Cloretos como Cl ⁻	ppm	7	7
Fosfato como PO ₄ ⁻³	ppm	1	-
Sílica como SiO ₂	ppm	11	0
Fosfonato	ppm	6	-
Ferro Total	ppm	0,43	0,2
Molibdato como MoO ₄	ppm	0	-
Zinco ²⁺	ppm	0	-

Água de reposição padrão COPASA.

Água em boas condições para ser utilizada no sistema CAG Principal

Toda água coletada no reservatório de reuso localizado entre os prédios Minas e Centro de Convivência, é bombeada para o reservatório do prédio CAG que também é bombeada passando pela tubulação projetada para a reutilização da água nas torres de resfriamento.

Outra medida tomada para redução do consumo de água foi o ajuste de todas as torneiras de acionamento de pressão (Figura 8), utilizadas nos lavatórios dos banheiros dos prédios, para que tenham um acionamento médio de 3 segundos, antes esse tempo era de 6 segundos. No total, foram ajustadas 1802 torneiras.

Também foram criadas campanhas educativas, para conscientização do uso da água, onde foi fixado nas copas de todos os andares dos prédios Minas e Gerais banners educativos (Figura 9).



Figura 8: Ajustes nas torneiras dos banheiros de todos os prédios



Figura 9 - Campanha educativa de conscientização do uso de água nas copas dos prédios

Depois de tomadas todas as medidas, passou-se a acompanhar o novo consumo de água desses prédios, comparando-se aos anos de 2012, 2013 e 2014. Na Tabela 3 e na Figura 10 são apresentados os dados coletados dos anos de 2012 à 2015. Todos os valores foram retirados das leituras das faturas do consumo de água correspondentes a cada mês.

Tabela 3 - Consumo mensal de água entre os anos de 2012 a 2015.

Ano	Consumo Global (m ³)												
	Gerais – Minas – Centro Convivência.- Palácio – Auditório - CAG												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
2012	8.913	11.056	10.496	9.271	8.628	9.063	7.138	8.225	10.946	10.933	10.482	11.945	9.758
2013	9.551	11.696	10.565	9.312	8.564	8.154	8.223	9.196	10.330	9.454	11.434	10.287	9.731
2014	11.563	12.201	11.403	9.712	10.544	8.628	12.475	7.760	9.293	9.290	9.328	9.304	10.125
2015	9.551	8.977	9.262	8.277	7.154	7.131	7.291	7.499	9.132	9.938	10.623	9.581	8.701

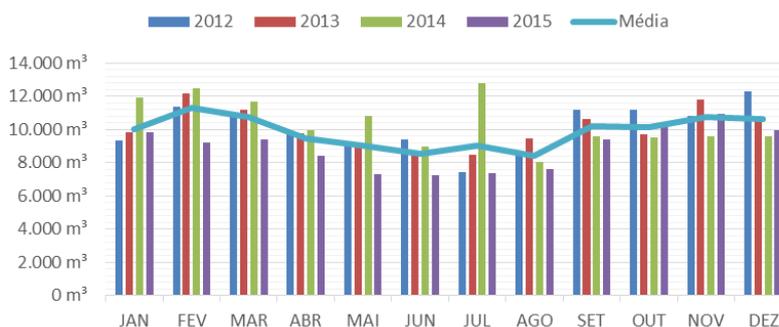


Figura 10 - Comparativo de consumo de água (2012 a 2015).

Como observado na Tabela 3 e na Figura 10, em 2015 o consumo mensal de água foi inferior aos demais anos em análise. Se comparado ao ano de 2014, houve uma redução de 14,06%. Não foi o resultado esperado, que era uma redução de 30%, mais foi uma redução considerável.

4. CONCLUSÃO

Após a análise das informações apresentadas ao longo desse trabalho, fica bem evidenciada a importância do uso consciente da água. Pode-se entender a real importância do reuso, constatando que é possível, com medidas simples, como o reuso da água de condensação de máquinas de ar condicionado, minimizar o consumo de água doce.

Os resultados obtidos mostram que houve uma redução considerável, principalmente entre o ano de 2014 e 2015, onde se observou uma queda do consumo de água em torno de 14,06% (cerca de 1.424.000 l), suficiente para abastecer, aproximadamente, 9.493 pessoas, considerando que cada pessoa utilize 150 l de água por dia.

As medidas adotadas para redução do consumo de água incluíram: o reuso da água proveniente do sistema de drenagem do ar condicionado, o ajuste de todas as torneiras de acionamento de pressão e campanhas educativas para conscientização do uso da água, acompanhado de monitoramento para verificação do atendimento ou não à meta de redução de 30% proposta pelo governo do estado.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. JONES, J. W.; STOECKER, W. F. Refrigeração e ar condicionado. São Paulo: McGraw – Hill do Brasil, 1985.
2. PROCEL - PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. Sistema de ar condicionado. Disponível em: <
<http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/Manual%20Pratico%20PROCEL-Man%20Ar-Cond-ProcEl-Eletr-11.pdf>>. Acesso em 29 de set. de 2016.
3. SILVEIRA, B. Q. Reuso da água pluvial em edificações residências, 2008. Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia. Belo Horizonte, UFMG, 2008.
4. THERMOPRESSAR. Central de água gelada. Disponível em: <
http://thermopressar.com.br/instalacoes_detalhes.asp?cadastroid=16> Acesso em 29 de set. de 2016.
5. LOURENÇO, P. A., CATÃO, S. S, PEREIRA JUNIOR, E. B., DIAS, E. C. Aproveitamento da água dos aparelhos de ar condicionado na produção de mudas nativas da caatinga. In: INTESA – Informativo Técnico do Semiárido (Pombal-PB), v. 10, n.1, p 01-03, 2016.