III CONGRESSO INTERNACIONAL DE **GESTÃO E TECNOLOGIAS** COINTER - PDVGT 2019

SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSORES DO IFPE – CAMPUS CARUARU A PARTIR DO CONDENSADO DOS CONDICIONADORES DE AR

SISTEMA DE IRRIGACIÓN POR SPRINKLER DE IFPE – CAMPUS CARUARU DESDE EL CONDENSADO DE LOS CONDICIONADORES DE AIRE

IFPE – CAMPUS CARUARU SPRINKLER IRRIGATION SYSTEM FROM THE CONDENSED AIR CONDITIONERS

Apresentação: Comunicação Oral

Eduardo Ataíde de Oliveira¹; Lucas Gomes Buarque de Barros²; Antônio Rodrigues F. de Carvalho³; Jardielson José da Costa Almeida⁴; Igor Cavalcanti da Silveira⁵

DOI: <https://doi.org/10.31692/2358-9728.VICOINTERPDVG.2019.0005>

Resumo

Desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento capaz de suprir as necessidades da geração atual, este é um desafio social permanente o qual visa atender as necessidades das gerações futuras. Nesse contexto a água é um bem extremamente primordial para o desenvolvimento da vida, e a demanda crescente e desenfreada de seu uso, acaba, gerando o aumento de pesquisas em técnicas e tecnologias ecologicamente viáveis que proporcionem o uso eficiente da mesma, assim como, processos de reaproveitamento da água. Esse projeto visa analisar a viabilidade da instalação do sistema de drenagem, armazenagem e bombeamento da água proveniente do condensado gerado pelos condicionadores de ar que são equipamentos amplamente utilizados em prédios comerciais e residências, situados no IFPE – Campus Caruaru, esse desenvolvimento sustentável aplicada, visa a diminuição do uso de água potável na irrigação das áreas verdes da instituição, gerando uma economia e dando um destino ao condensado produzido pelos aparelhos de ar condicionado. Foi realizado o dimensionamento do reservatório para armazenamento de água, assim como, o sistema de dutos e bombeamento responsáveis por levar o volume armazenado. A quantidade de água captada em um dia normal de uso foi de 259,12 litros/hora, fazendo deste um valor suficiente para a irrigação durante 1 hora por dia, suprimindo a necessidade nos 6 dias de funcionamento do Campus. Conclui-se que para esse projeto, seria necessário um reservatório de 2000 litros para o armazenamento desse condensado, além de uma bomba hidráulica com potência de ¼ cv. Os custos de implantação deste projeto foram estimados em R\$ 3.312,16.

Palavras-Chave: Coleta e reuso da água, Desenvolvimento sustentável, Irrigação, Ar condicionados, Hidráulica.

¹ Engenharia Mecânica, Instituto Federal de Pernambuco – Campus Caruaru, Eduardo_ataide@hotmail.com

² Engenharia Mecânica, Instituto Federal de Pernambuco – Campus Caruaru, lucasgbuarque@gmail.com

³ Engenharia Mecânica, Instituto Federal de Pernambuco – Campus Caruaru, rfc.antonio15@gmail.com

⁴ Engenharia Mecânica, Instituto Federal de Pernambuco – Campus Caruaru, jardielsonalmeida@gmail.com

⁵ Doutor, Instituto Federal de Pernambuco – Campus Caruaru, igor.silveira@caruaru.ifpe.edu.br

Resumen

El desarrollo sostenible es un desarrollo capaz de satisfacer las necesidades de la generación actual, este es un desafío social permanente cuyo objetivo es satisfacer las necesidades de las generaciones futuras. En este contexto, el agua es un bien extremadamente primordial para el desarrollo de la vida, y la demanda creciente y desenfrenada de su uso termina generando más investigación en técnicas y tecnologías ecológicamente viables que proporcionan un uso eficiente de la misma, así como procesos. reutilización de agua. Este proyecto tiene como objetivo analizar la viabilidad de instalar el sistema de drenaje, almacenamiento y bombeo de agua de condensados generados por aires acondicionados que son equipos ampliamente utilizados en edificios comerciales y hogares, ubicados en IFPE - Campus Caruaru, este desarrollo sostenible aplicado, tiene como objetivo La disminución en el uso de agua potable para el riego de las áreas verdes de la institución, generando ahorros y dando un destino al condensado producido por los aires acondicionados. Se realizó el dimensionamiento del depósito para el almacenamiento de agua, así como el conducto y el sistema de bombeo responsables de transportar el volumen almacenado. La cantidad de agua recolectada en un día normal de uso fue de 259.12 litros / hora, lo que lo convierte en un valor suficiente para el riego durante 1 hora por día, y satisface la necesidad de los 6 días de operación del campus. Se puede concluir que este proyecto requeriría un depósito de 2000 litros para el almacenamiento de este condensado, así como una bomba hidráulica de ¼ caballos de fuerza. Los costos de implementación de este proyecto se estimaron en R \$ 3.312,16.

Palabras Clave: Recolección y reutilización de agua, desenvolvimiento sustentable, Riego, Aire acondicionado, Hidráulica.

Abstract

Sustainable development is development capable of meeting the needs of the present generation, this is a permanent social challenge which aims to meet the needs of future generations. In this context, water is an extremely primordial good for the development of life, and the increasing and unbridled demand for its use ends up generating more research in ecologically viable techniques and technologies that provide the efficient use of it, as well as processes. reuse of water. This project aims to analyze the feasibility of installing the drainage system, storage and pumping of water from condensate generated by air conditioners that are widely used equipment in commercial buildings and homes, located in IFPE - Campus Caruaru, this sustainable development applied, aims the decrease in the use of drinking water to irrigate the institution's green areas, generating savings and giving a destination to the condensate produced by air conditioners. The sizing of the reservoir for water storage was performed, as well as the duct and pumping system responsible for carrying the stored volume. The amount of water collected on a normal day of use was 259.12 liters / hour, making it a sufficient value for irrigation for 1 hour per day, meeting the need for the 6 days of Campus operation. It can be concluded that this project would require a 2000-liter reservoir for the storage of this condensate, as well as a ¼ horsepower hydraulic pump. The implementation costs of this project were estimated at R \$ 3,312.16.

Keywords: Water collection and reuse, Sustainable development, Irrigation, Air conditioning, Hydraulics.

1. INTRODUÇÃO

A água é um fator fundamental para a manutenção das relações de ordem natural e socioeconômicas, indispensável, portanto, à vida (SOUSA,2017). Sabe-se que, no mundo, 780 milhões de pessoas não têm acesso a uma quantidade mínima aceitável de água potável e 2,5 bilhões de serviços de saneamento (ONU, 2014). Avalia-se, ainda, que a demanda global por água pode ultrapassar em 44% os recursos disponíveis anuais em 2050. De acordo com a Organização das Nações Unidas, se essa tendência de escassez continuar, as estatísticas podem ser piores: até 2025, três bilhões de pessoas não terão acesso à água, fruto do mau uso e gestão inadequada.

No Brasil, a situação é crítica principalmente no Sudeste e Nordeste. Em 2014 a região Sudeste passou pela pior seca desde que existem medições confiáveis (CARVALHO JUNIOR, 2015). Em algumas áreas do sertão e do agreste nordestino se faz presente a situação de estresse hídrico. Nesta, as reservas de água diminuíram com uma taxa de reposição inferior ao consumo, sendo necessária a utilização do volume morto dos sistemas de abastecimento (PENA, 2016). Esse volume é o que fica abaixo dos canos de captação por gravidade, sendo a reserva de água mais profunda da represa, existindo a necessidade de bombeamento para sua retirada (SOUSA, 2017).

Dentro desta perspectiva, o uso racional da água pode ser definido como as práticas, técnicas e tecnologias que propiciam a melhoria da eficiência do seu uso, sendo que a procura por tecnologia de reaproveitamento da água tem crescido nos últimos anos. Empresas e pessoas físicas estão cada vez mais preocupadas com questões ambientais, procurando formas de aproveitar a água utilizada em seus prédios (FORTES,2015).

A questão sobre o reuso da água, vem sendo discutida de forma crescente no Brasil, impulsionado seja pela carência de chuva e ou a baixa umidade do ar. Segundo Rodrigues (2005), o reuso da água, é importante observar que esta prática está relacionada a dois aspectos: Como instrumento para redução do consumo de água, como um controle de demanda e como recurso hídrico complementar. Com está situação opções alternativas sustentáveis são necessárias para gerações atuais e futuras, uma vez, a escassez desses recursos exige ações e soluções inteligentes que visem à conservação e o gerenciamento adequado dos mesmos.

Diante disso, algumas alternativas de racionalização e aproveitamento da água vêm surgindo e sendo aplicadas aos projetos das edificações, como o aproveitamento de água da

chuva, reuso do esgoto, utilização de água gerada pelo funcionamento dos condicionadores de ar, dentre outros. Na utilização dos aparelhos de ar condicionado, a água gerada pelo funcionamento do aparelho normalmente goteja na área externa das edificações ou é direcionada para a rede de coleta de águas pluviais ou esgoto (PIMENTA, 2016).

Conhecendo toda escassez de água presente na cidade de Caruaru, este trabalho tem o intuito de armazenar o volume de condensado gerado pelo funcionamento dos condicionadores de ar presentes no Instituto Federal de Pernambuco – Campus Caruaru.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O G1.com, divulgou no dia 23/01/2019, um levantamento realizado pelo site e aplicativo comparador de preços de produto Zoom, que na primeira quinzena de janeiro as buscas por aparelhos de ar-condicionado cresceram 391% em comparação com o mesmo período do ano passado. Os condicionadores de ar têm como principal função o condicionamento do ar, objetivando o controle de sua temperatura, umidade, pureza e distribuição, proporcionando conforto a quem ocupa recinto condicionado (STOECKER & JONES, 1985).

O condicionador de ar é um aparelho que tem como objetivo tratar do ar de um ambiente, proporcionando condições de temperatura e umidade ideais para o ser humano. Projetado para proporcionar conforto térmico a um ambiente fechado e para ser instalado em janelas, paredes, casas de máquinas, etc., compõe-se de um sistema de refrigeração e desumidificação com circulação e filtragem do ar, podendo, ainda, incluir renovação do ar e aquecimento (GONÇALVES, 2005).

Segundo Antonovicz & Weber (2013), os condicionadores de ar são classificados de diversas formas. Quanto à utilização, podem ser residenciais, automotivos, comerciais, hospitalares ou industriais. Enquanto à capacidade, os aparelhos comercializados são de pequeno, médio ou grande porte, apresentando variações quanto às potências de refrigeração dadas em BTU (British Thermal Unit = Unidade Térmica Britânica). As tecnologias das máquinas podem ser convencional ou inverter, esta última tendo sido desenvolvida com o intuito de se ter economia quanto à energia. Os tipos residenciais e comerciais mais usuais são: janela, split hi-wall, split cassete, split piso-teto e o dutado. Eles variam principalmente quanto à forma de instalação, os formatos dos aparelhos e as potências de refrigeração.

Mesmo com a grande variedade de aparelhos, o princípio de funcionamento refrigeração, segue um mesmo padrão, em que a evaporação de um fluido refrigerante é utilizada para fornecer refrigeração. De acordo com Antonovicz & Weber (2013), o compressor comprime o

fluido refrigerante, que está no estado de gás frio, fazendo com que ele se torne gás quente de alta pressão. Esse gás quente corre através de uma serpentina na condensadora (ambiente externo), onde dissipa o calor devido à troca térmica que ocorre com o ar do ambiente externo que está a uma menor temperatura, e se condensa para o estado líquido ainda sob alta pressão. O líquido escoar através de um tubo capilar, perde pressão rapidamente e se resfria. Em seguida, o fluido refrigerante corre através de uma serpentina na evaporadora (ambiente interno), absorvendo calor do ar de dentro do ambiente promovendo seu resfriamento. Após isso, o fluido vira gás e é encaminhado para o compressor, recomeçando o ciclo. O fluido refrigerante mais utilizado é o R-410A, o mesmo causa menos agressão à natureza, uma vez que não afeta a camada de ozônio, por não possuir CFCs e também não é tóxico e nem inflamável.

Com o funcionamento do aparelho, a umidade do ambiente presente no ar que circula é diminuída devido à condensação que ocorre quando este entra em contato com a serpentina da evaporadora, mantida a uma temperatura inferior à do ponto de orvalho (ANTONOVICZ & WEBER, 2013). Com isso, geram-se gotas de água que são expelidas por drenos presentes nas evaporadoras, diminuindo a umidade relativa do ar. Entende-se por umidade relativa do ar como sendo o percentual do somatório de vapor de água presente em certo momento e local, em relação à soma máxima de vapor de água que pode conter nesse ar, a uma determinada temperatura (MOTTA, 2004).

No Sapiens Colégio, localizado em Umuarama-PR, foi feito um sistema para coleta de água de oito aparelhos de ar condicionado, com capacidade de 30.000 BTU cada. O armazenamento médio diário dos aparelhos ligados no período de aula somente no período da manhã das 7h às 12h corresponde a aproximadamente um recipiente plástico de 50 litros. Como não foram feitas medições efetivas de produção, essa quantidade de água muitas vezes é excedida e armazenada em uma segunda unidade coletora com tampa (MOTA, OLIVEIRA & INADA, 2012).

Mota, Oliveira & Inada (2012) informaram que o uso desta água foi direcionado tanto para limpeza da escola como para regar o jardim existente na entrada do colégio. O sistema teve um custo baixo, em torno de R\$ 200,00 somando-se materiais e mão de obra de um encanador. Além da economia diária de água para esses fins, soma-se ainda o benefício da economia de água para uso diverso na manutenção da escola.

Leite (2015) relata que na cidade de São Paulo/SP, em uma unidade da rede de restaurantes mexicano Si Señor, foi implantado um sistema que coleta a água gerada por cinco condicionadores de ar, sendo captada por tubos e bombeada para um reservatório independente.

Esses equipamentos são capazes de produzir 400 litros de água por dia, permitindo uma economia de 12.000 litros de água potável. Ela é utilizada para lavar pisos, calçadas e regar as plantas do jardim. Os custos não foram informados, mas foram considerados baixos, principalmente pelo fato de ter sido implantado enquanto a obra estava começando, e os encanamentos já foram feitos com esse objetivo. A intenção da rede é expandir essa ideia a todas as lojas da rede.

Um estágio realizado no Tribunal Regional Eleitoral do Rio Grande do Norte (TRE/RN), a sede é dividida em dois prédios interligados, e seu funcionamento se dá em apenas um turno, 08 h às 14 h, com alguns poucos setores funcionando os dois expedientes. O sistema foi feito de forma a coletar a água apenas dos aparelhos de um desses prédios (o mais antigo), com cerca de 80 condicionadores de ar. O volume médio diário de água coletado é cerca de 1200 litros, sendo armazenado em dois recipientes plásticos e destinados à irrigação e limpeza do TRE/RN. O volume captado da água está sendo mais do que o suficiente para atender as necessidades, gerando excedente que tem sido distribuído para vizinhança. Não foi informado o custo do sistema, mas como o mesmo é simples, não houve muitos gastos (PIMENTA, 2016).

3. METODOLOGIA

O presente trabalho foi um estudo desenvolvido no Instituto federal de Pernambuco – Campus Caruaru, localizado na Estrada do Alto do Moura, KM 3.8, s/n - Distrito Industrial III. Conhecida como a capital do agreste pernambucano, a cidade caruaru apresenta um clima bem atípico comparada com outras cidades da região, com temperaturas que variam de em média de 30 a 20 °C, durante período diurno e noturno respectivamente.

O IFPE-Campus Caruaru possui um total de 107 condicionadores de ar, dividido entre laboratórios, centro administrativos e salas de aulas. Devido ao autoconsumo de energia elétrica, referente aos condicionadores de ar, o campus possui uma política de conscientização referente a utilização dos condicionadores. Para quantificar a demanda de água necessária para irrigação das áreas verdes do Campus foi realizado um levantamento da área gramadas com auxílio de uma trena, que totalizou 302 m². Como Caruaru tem clima predominantemente temperado e seco consideramos uma demanda de irrigação igual a 5.8 mm/dia o que equivale a uma vazão diária de 1,8 m³/h.

Tabela 01 – Quantidade de aparelhos agrupados pelas respectivas potências de refrigeração (BTU).

BTU	9000	12000	18000	24000	30000	36000
Quantidade	1	4	11	69	12	10

Fonte: Própria (2019)

A vazão proveniente de um condicionador varia de acordo com a potência do mesmo, horas em uso, umidade do ar, quantidade da carga térmica do local onde ele está sendo instalado, com isso uma estimativa de tal vazão se torna complexa e envolve muitos fatores. PIMENTA, PEDRO LIMA (2016) estima que a vazão para cada unidade condicionadora de ar com base na sua potência de refrigeração (Tabela 02).

Tabela 02 – Vazão média de condensado baseado na potência de refrigeração (BTU).

BTU	9000	12000	18000	24000	30000	36000
Vazão (L/h)	1,04	1,06	1,655	2,25	3,215	4,18

Fonte: Própria (2019)

Com base nessas informações e o número de condicionadores de ar situados no Campus, temos um acúmulo de 259,12 Litros de água (a cada hora) que pode ser remanejada para irrigar as áreas verdes do IFPE – Campus Caruaru.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para coletar o condensado proveniente dos condicionadores de ar instalados no Campus um sistema de encanamento foi proposto, no qual, o mesmo tem a finalidade de levar todo o condensado do campus utilizando o favorecimento topográfico da localidade e a gravidade. O volume total de condensado deve ser armazenado em um reservatório situado na parte de trás do Campus, como ilustrado na figura 1. Já a estação de bombeamento do condensado até os irrigadores será instalada ao lado do reservatório, diminuindo assim as perdas distribuídas na tubulação (figura 2).

Figura 1: Sistema de canalização do condensado dos condicionadores

Fonte: Própria (2019)

Figura 2: Esquemático do sistema de bombeamento do condensado

Fonte: Própria (2019)

VOIGT E BRANHAM (1998) estimam a demanda de irrigação em 5,8 mm/dia para regiões com clima seco e temperado, irrigando as áreas verdes uma vez por dia durante 1 hora, determinando a vazão segundo a equação:

$$Q = 10 \cdot \frac{A \cdot L_i}{h} \quad (1)$$

Onde:

A = área a ser irrigada, em ha

L_i = demanda de irrigação, em mm/dia

h = tempo de irrigação, em horas/dia

Portanto:

$$Q = 10 \cdot \frac{(0,0302 \text{ ha}) \cdot (5,8 \text{ mm/dia})}{1 \text{ hora/dia}} \Rightarrow Q \cong 1,80 \text{ m}^3/\text{h}$$

O diâmetro da tubulação é dado pela Equação (2):

$$D = K \cdot \sqrt{Q} \quad (2)$$

Onde:

D = diâmetro econômico da tubulação, em mm

Q = vazão, em m³/s

K = coeficiente variável, função dos custos de investimento e de operação

Para um coeficiente variável de 1,1 visando uma economia com os custos relacionados a tubulação, logo:

$$D = (1,1) \cdot \sqrt{\frac{0,0005 m^3}{s}} \Rightarrow D = 25,59 mm$$

Consultando valores para diâmetros de tubos comerciais (TIGRE, 2016) e utilizando um valor superior ao encontrado segundo a equação (2) para a tubulação de aspiração e um ligeiramente menor para a tubulação de recalque, os seguintes valores para a bitola dos tubos que iram compor o sistema de bombeamento, como pode ser observado na figura 3. Resultando em um diâmetro de recalque de 32mm e um diâmetro da tubulação de aspiração de 25mm.

Figura 3 – Catálogo Tigre – Tubulação água fria

Tubo Soldável 6 m

	Dimensões (mm)								
Cotas	20	25	32	40	50	60	75	85	110
B	32	32	32	40	50	60	70	77	91
D	20	25	32	40	50	60	75	85	110
e	1,5	1,7	2,1	2,4	3,0	3,3	4,2	4,7	6,1
L	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000
Código	10120209	10120250	10120322	10120403	10120500	10120608	10120756	10120853	10121035

Fonte: Catálogo TIGRE (2016)

A velocidade na aspiração e no recalque é dada pela equação da continuidade (3):

$$Q = V \cdot A$$

Rearranjando: (3)

$$V = \frac{4Q}{\pi \cdot D^2} \quad (3.1)$$

Assim:

$$V_{aspiração} = \frac{4(0,0005 \text{ m}^3/s)}{\pi \cdot (0,032 \text{ m})^2} \rightarrow V_{aspiração} \cong 0,6216 \text{ m/s}$$

$$V_{recalque} = \frac{4(0,0005 \text{ m}^3/s)}{\pi \cdot (0,025 \text{ m})^2} \rightarrow V_{recalque} \cong 1,0186 \text{ m/s}$$

Visando determinar o regime do escoamento entre laminar ou turbulento, utilizando o número Reynolds, dado pela Equação (4):

$$Rey = \frac{V \times D_{hidráulico}}{\nu} \quad (4)$$

Onde:

V = velocidade, em m/s;

ν = viscosidade cinemática, em m²/s.

Para essa aplicação utilizando uma viscosidade cinemática da água para uma temperatura média de 30°C, com base na Tabela A.8 (FOX, Robert W.,1934).

$$Rey (Aspiração) = \frac{0,6126m/s \times (0,03m)}{0,801 * 10^{-6}} \cong 2,29 \times 10^4$$

$$Rey (Recalque) = \frac{\frac{1,0186m}{s} \times (0,025m)}{0,801 * 10^{-6}} \cong 3,18 \times 10^4$$

Os valores do número de Reynolds (tanto do recalque, como da aspiração) sendo superior a 4000, caracteriza um escoamento turbulento. Dado o diagrama de Moody determina-se o fator de atrito e seus valores respectivos:

$$f_{aspiração} = 0,0247$$

$$f_{recalque} = 0,023$$

Sendo o material da tubulação PVC, dado uma rugosidade de 0,0006 mm. A próxima etapa consiste na listagem dos acessórios utilizados em todo o sistema de bombeamento. Adotando os valores do Catálogo Tigre (2016), determina-se valores de perda de cada acessório utilizado na instalação, vide figura 4.

Figura 4 – Catálogo Tigre – Perda de carga localizada

DE (mm)	D.ref. (pol.)	Joelho 90°	Joelho 45°	Curva 90°	Curva 45°	Tê 90° Passagem Direita	Tê 90° Saída de lado	Tê 90° Saída Bilateral	Entrada Normal	Entrada de Borda	Saída de Canalização	Válvula de Pé e Crivo	Válvula de Retenção Tipo Leve	Válvula de Retenção Tipo Pesado	Registro de Globo Aberto	Registro de Gaveta Aberto	Registro de Ângulo Aberto
20	½"	1,1	0,4	0,4	0,2	0,7	2,3	2,3	0,3	0,9	0,8	8,1	2,5	3,6	11,1	0,1	5,9
25	¾"	1,2	0,5	0,5	0,3	0,8	2,4	2,4	0,4	1,0	0,9	9,5	2,7	4,1	11,4	0,2	6,1
32	1"	1,5	0,7	0,6	0,4	0,9	3,1	3,1	0,5	1,2	1,3	13,3	3,8	5,8	15,0	0,3	8,4
40	1¼"	2,0	1,0	0,7	0,5	1,5	4,6	4,6	0,6	1,8	1,4	15,5	4,9	7,4	22,0	0,4	10,5
50	1½"	3,2	1,3	1,2	0,6	2,2	7,3	7,3	1,0	2,3	3,2	18,3	6,8	9,1	35,8	0,7	17,0
60	2"	3,4	1,5	1,3	0,7	2,3	7,6	7,6	1,5	2,8	3,3	23,7	7,1	10,8	37,9	0,8	18,5
75	2½"	3,7	1,7	1,4	0,8	2,4	7,8	7,8	1,6	3,3	3,5	25,0	8,2	12,5	38,0	0,9	19,0
85	3"	3,9	1,8	1,5	0,9	2,5	8,0	8,0	2,0	3,7	3,7	26,8	9,3	14,2	40,0	0,9	20,0
110	4"	4,3	1,9	1,6	1,0	2,6	8,3	8,3	2,2	4,0	3,9	28,6	10,4	16,0	42,3	1,0	22,1

Fonte: Catálogo TIGRE (2016)

Tabela 3 – Perdas de carga localizadas (valor K) região de sucção

Quantidade	Unidade	Descrição	K	K _{total}
1	Peça	Curva de 90° (30 mm)	0,4	0,4
1	Peça	Válvula de pé com crivo	2,5	2,50
1	Peça	Registro de gaveta	0,2	0,2
Total				3,1

Fonte: Própria (2019)

Tabela 4 - Perdas de carga localizadas (valor K) região de recalque

Quantidade	Unidade	Descrição	K	K _{total}
3	Peça	Cotovelo 90° (25 mm)	0,4	1,2
21	Peça	Saída de canalização	1,0	21,0
1	Peça	Registro de gaveta	0,2	0,2
22	Peça	Tê bilateral	1,80	39,5
Total				61,9

Fonte: Própria (2019)

Determinando as perdas distribuídas na aspiração e recalque, a partir da Equação (5):

$$H_l = f \cdot \frac{L \cdot (V)^2}{D \cdot 2 \cdot g} \quad (5)$$

$$H_{D,aspiração} = (0,0247) \cdot \frac{(0,5 \text{ m}) \cdot (0,6216)^2}{2 \cdot (9,81) \cdot (0,032 \text{ m})} = 0,00765 \text{ m}$$

$$H_{D,recalque} = (0,023) \cdot \frac{(121m) \cdot (1,0186)^2}{2 \cdot (9,81) \cdot (0,025m)} \cong 5,8870 \text{ m}$$

Com os dados da Tabela 3 e 4, determina-se as perdas localizadas, utilizando a equação (6):

$$H_{l(localizadas)} = K \cdot \frac{(V)^2}{2 \cdot g} \quad (6)$$

Recalque:

$$H_{l(localizadas)} = 41 \cdot \frac{(1,0186)^2}{2 \cdot (9,81)} = 3,2734 \text{ m}$$

Aspiração:

$$H_{l(localizadas)} = 3,1 \cdot \frac{(0,6216)^2}{2 \cdot (9,81)} = 0,06105 \text{ m}$$

Devido as diferenças topográficas, a bomba selecionada deverá vencer uma altura de elevação (H_e) e altura de aspiração (H_a) respectivamente de 2,5 m e 2,0 m, com a pressão na saída do aspersor de 2 bar.

$$H_{total} = [(2,5) + (2) + (0,00765) + (5,887) + (3,2734) + (0,06105)] + \frac{V^2}{2g} + \frac{\Delta P}{\delta}$$

$$H_{total} = [13,73] + (0,0274) + (0,00987258) \text{ m}$$

A altura manométrica total a ser vencida pela bomba é aproximadamente 13,9 m.c.a. Com isso determina-se a bomba a utilizada a partir do catálogo de motobombas da Schneider® (Figura 6), que corresponde ao modelo BC-91 S (Figura5) com potência de 1/4 CV.

Figura 5: Motobomba Schneider® modelo BC-91 S

Fonte: Schneider® Motobombas (2017)

Figura 6: Seleção de motobomba da Schneider® com base na vazão e altura manométrica

Modelo	Potência (cv)	Motorização	Trifásico	Ø Sucção (pol)	Ø Ejeção (pol)	Pressão máxima sem vazão (m c.a.)	Altura máxima de sucção (m c.a.)	Ø Flange (mm)	CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS																	
									Altura Manométrica Total (m c.a.)																	
									Vazão em m³/h válida para sucção de 0 m c.a.																	
									2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	16	18	20	22	24	26
BC-91 S	1/10	x		1 1/4	1	13	8	83	7,5	7,0	6,6	6,1	5,8	5,0	4,5	3,8	3,1	2,3								
	1/4	x		1 1/4	1	16	8	82	8,2	7,8	7,3	7,1	6,7	6,3	6,0	5,4	4,8	3,8	1,8							
	1/3	x	x	1 1/4	1	18	8	97	*	*	*	8,0	7,7	7,3	6,9	6,5	6,1	5,6	5,2	4,1	2,7					
	1/2	x	x	1 1/4	1	23	8	111	*	*	*	*	*	*	7,7	7,4	7,2	6,9	6,6	6,0	5,3	4,5	3,4			
	3/4	x	x	1 1/4	1	26	8	120	*	*	*	*	*	*	*	*	7,6	7,3	7,1	6,6	6,0	5,4	4,7	3,9	2,8	
	1	x	x	1 1/4	1	28	8	123	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	7,6	7,1	6,5	6,0	5,3	4,6	3,8	2,7

Fonte: Schneider® Motobombas (2017)

As curvas características desse modelo fornecido pelo fabricante [SCHNEIDER®, 2017], que segue abaixo nas figuras 7, 8, 9 e 10:

Figura 7: Relação altura manométrica x vazão para motobomba modelo BC-91 S

Fonte: Schneider® Motobombas (2017)

Figura 8: Relação NPSH x vazão para motobomba modelo BC-91 S

Fonte: Schneider® Motobombas (2017)

Figura 9: Relação Potência do eixo x vazão para motobomba modelo BC-91 S

Fonte: Schneider® Motobombas (2017)

Figura 10: Relação rendimento x vazão para motobomba modelo BC-91 S

Fonte: Schneider® Motobombas (2017)

O resultado do cruzamento entre a curva da bomba com a curva da tubulação, determinado pela variação dos valores de vazão utilizando os valores determinados para diâmetro de tubulação resultando em valores diferente de altura manométrica total, vide figura 11.

Figura 11: Curva tubulação x curva da bomba modelo BC-91 S Schneider®

Fonte: Própria (2019)

Derivado ao estudo de seleção de uma bomba centrífuga a determinação se a mesma se encontra em cavitação nas condições propostas no projeto é essencial, dado que o NPSH disponível tem que ser superior ao requerido para satisfazer a condição para não cavitatar:

$$\text{NPSH}_{\text{Disp}} > \text{NPSH}_{\text{Req}}$$

Dado a rotação específica (n_q), que é definida pela Equação (7):

$$n_q = \frac{n\sqrt{Q}}{\sqrt[4]{(H_u)^3}} \quad (7)$$

Onde:

n – A rotação do motor, informada pelo fabricante (n=1800 rpm)

Portanto:

$$n_q = \frac{(1800 \text{ rpm}) \cdot \sqrt{0,0005 \text{ m}^3/\text{s}}}{\sqrt[4]{(14 \text{ m})^3}} \Rightarrow n_q = 5,5611 \text{ rpm}$$

Dado n_s , que é definida pela Equação (8):

$$n_s = 3,65 * n_q \quad (8)$$

Resultando em um $n_s \cong 20,3 \text{ rpm}$, caracterizando a como uma turbo bomba centrífuga lenta. Onde seu $\varphi=0,0011$ [MACYNTIRE]. Determinando um NPSH requerido, definido pela Equação (9):

$$NPSH_{req} = \sigma * H \quad (9)$$

Onde σ é o fator de cavitação de Thoma, definido pela equação (10):

$$\sigma = \varphi * \sqrt[3]{(n_q)^4} \quad (10)$$

Portanto:

$$\sigma = (0,0011) * \sqrt[3]{(5,5611)^4} \Rightarrow \sigma = 0,010838$$

Assim o NPSH requerido é igual a:

$$NPSH_{req} = 0,010838 * (14) \Rightarrow NPSH_{req} = 0,151729 \text{ m}$$

Determinado o $NPSH_{disp}$, temos segundo o Macintyre (2010) a Equação (11):

$$NPSH_{dis} = \frac{Pa}{\gamma} - ha - Ja - hv \quad (11)$$

Onde:

Pa= pressão atmosférica; $\gamma= \rho * g$;

ha= altura estática de sucção;

Ja= perda de carga na aspiração;

hv = Perdas inerentes a vaporização do líquido (considerando T = 30°C, temos: 0,433m).

Portanto:

$$NPSH_{disp} = (9,59 \text{ m}) - (2 \text{ m}) - (0,06105) - (0,00765) - (0,433)$$

$$NPSH_{disp} = 7,0883m$$

Devido o NPSH disponível ser superior ao NPSH requerido temos que a bomba não irá sofrer problemas devido a cavitação.

5. CONCLUSÕES

Os dados coletados demonstram que a quantidade de água gerada pelo funcionamento dos aparelhos de ar condicionado é um número significativo, viabilizando o reaproveitamento da água, não acarretando um desperdício de uma quantidade significativa de água a partir do processo de coleta no ar condicionado atendendo a demanda destinada a irrigação aos jardins da biblioteca do Campus Caruaru. Mediante a crise hídrica juntamente com a necessidade de novas alternativas para o aproveitamento do uso da água, o mesmo não deve ser desprezado.

O valor estimado desse projeto gira em torno de R\$ 3.312,16, custo esse que é um investimento a longo prazo além de gerar um impacto ambiental no que tange a reutilização da água para irrigação.

Fica a sugestão da implementação de projetos práticos e de fácil execução, que de fato viabilizem a utilização desta água que não é aproveitada e uma análise mais qualitativa sobre o volume de condensado que pode ser aproveitado no campus, tendo em vista que esse valor varia com diversos fatores (tais como: umidade do ar, carga térmica, potência dos condicionadores, etc).

6. REFERÊNCIAS

ANTONOVICZ, D.; WEBER, R. G. B. Inventário e PMOC – Plano de manutenção operação e controle – nos condicionadores de ar do Campos Medianeira da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2013. 59 f. **Monografia** (Grau de Tecnólogo em Manutenção Industrial) - Diretoria de Graduação e Educação Profissional, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2013.

FORTES, P. D.; JARDIM, P. W. C. F. P. M. G.; FERNANDES, J. G. Aproveitamento de água proveniente de aparelhos de ar condicionado. In: Simpósio de Excelência em Gestão Tecnológica, 12., Resende, 2015. **Anais** do Simpósio de Excelência em Gestão Tecnológica, 2015.

FOX, R.W., McDonald, A.T. e Pritchard, P.J. **Introdução à Mecânica dos Fluidos**. 6º Ed. Rio de Janeiro: Editora LTC - Livros Técnicos e Científicos, 2004.

G1.com. **Calor faz procura por ar-condicionado crescer quase 400%, diz site comparador de preços.** Disponível em :< <https://g1.globo.com/economia/noticia/2019/01/23/calor-faz-procura-por-ar-condicionado-crescer-quase-400-diz-site-comparador-de-precos.ghtml> >. Acesso em: 23 de maio de 2019.

GONÇALVES, Luciene Pavanello. **Condicionamento de ar e sua evolução tecnológica.** São Paulo: Universidade Anhembi Morumbi, 2005.

LEITE, I. **Rede de restaurantes reaproveita água do ar condicionado e poupa 12 mil litros/mês.** Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <<http://g1.globo.com/sao-paulo/blog/como-economizar-agua/post/rede-de-restaurantes-reaproveita-agua-do-ar-condicionado-e-poupa-12-mil-litros-mes.html>>. Acesso em: 23 de Maio de 2019.

MACINTYRE, A. J. **Instalações Hidráulicas Prediais e Industriais.** 4º Ed. Rio de Janeiro: Editora LTC - Livros Técnicos e Científicos, 2010.

MOTTA, A. G. **O clima de Natal.** São José dos Campos: INPE, 2004.

MOTA, T. R.; OLIVEIRA, D.M.; INADA, P. Utilização da água de sistemas de ar condicionado visando o desenvolvimento sustentável. In: Fórum de Extensão e Cultura da UEM, 10., Maringá, 2012. **Anais do Fórum de Extensão e Cultura da UEM, 2012.**

ONU. Organização das Nações Unidas. **Água: Escassez afetará metade do planeta.** Disponível em: <<http://www.vermelho.org.br/noticia/49089-10>> Acesso em 23 de maio de 2019.

PENA, R. F. A. **Estresse hídrico.** Disponível em: <<http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/geografia/estresse-hidrico.html>> Acesso em: 22 de maio de 2019.

PIMENTA, PEDRO LIMA. **Análise quantitativa do aproveitamento da água dos aparelhos de ar condicionado do Centro de Tecnologia da UFRN /** Pedro Lima Pimenta. - 2016. Artigo científico (Graduação) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil. Natal, RN, 2016.

RIGOTTI, P. Projeto de aproveitamento de água condensada de sistema de condicionadores de ar. 2014. 41 f. **Monografia** (Graduação em Engenharia Mecânica) - Departamento de Ciências Exatas e Engenharias, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Panambi, 2014.

SCHNEIDER Motobombas. **Catálogo para Seleção de bombas e motobombas, 2017.** Joinville, 82p.

STOECKER, W. F.; JONES, J. W. **Refrigeração e ar condicionado.** 2º Ed. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1985.

SOUSA, LYANNE CIBELY OLIVEIRA DE. Gestão da demanda de água no Agreste Pernambucano. **Dissertação** (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, 2017.

TIGRE S/A. Catálogo de Orientações para Instalação de Água fria predial, 2016. Joinville, 76 p.