

ANÁLISE COMPARATIVA DE SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO: BLOCO 10 – DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA/UFPI

Wênio Fhará Alencar Borges, wenioborges@hotmail.com¹
Igor Guilherme Nascimento Silva, igormam@hotmail.com²
Kléber Lima César, kleber@ufpi.edu.br²
Petteson Linniker Carvalho Serra, plinniker@gmail.com^{2,3}
Igor Antonio de Oliveira Carvalho, igor.carvalho@ifma.edu.br⁴

¹Federal Institute of Maranhão, Pedreiras Campus, Rod. MA 381, km 0, S/N, Diogo, Pedreiras – MA

²Federal University of Piauí, Petrônio Portela Minister Campus, Mechanical Engineering Department, Universitária Ave., Ininga, Teresina – PI

³Federal Institute of Paraíba, Cajazeiras Campus, José Antônio da Silva st., Jardim Oásis, Cajazeiras – PB

⁴Federal Institute of Maranhão, Timon Campus, Luís Firmino de Sousa Ave., Timon – MA

Resumo. A busca por equipamentos elétricos mais eficientes tem sido cada vez mais significativa. No entanto, não basta apenas os aparelhos serem mais eficientes, o cálculo de carga térmica das construções deve ser bem detalhado para que os sistemas selecionados não se tornem sub ou superdimensionados, otimizando-se o seu consumo de eletricidade. Além de um consumo mais eficiente, é necessário que o sistema de climatização forneça um ótimo conforto térmico para que os ocupantes do recinto maximizem suas atividades. Desta forma, o presente trabalho se propôs a selecionar detalhadamente através de cálculo de carga térmica, um sistema de ar condicionado que seja vantajoso frente ao atual sistema utilizado no “Bloco 10 - Departamento de engenharia mecânica”, da Universidade Federal do Piauí (UFPI). Por meio deste estudo, determinou-se que a carga térmica demandada é de 74,03 TR e que o sistema de climatização, dentre os estudados, mais apropriado é o do tipo self-contained. A substituição do atual sistema pelo sugerido neste projeto é mais eficiente e gera uma redução de aproximadamente 10% no consumo de eletricidade para o mês de maior consumo.

Palavras chave: Ar-condicionado. Eficiência elétrica. Conforto térmico. Carga térmica.

Abstract. The quest for more efficient electrical equipment has been increasingly significant. However, the appliances needs not only be more efficient, the thermal load calculation of the buildings must be very detailed so that the selected systems do not become under or oversized, optimizing its electricity consumption. Additionally, a more efficient consumption, it is necessary that the air conditioning system provides an optimum thermal comfort for the occupants of the enclosure, in order to maximize their activities. In this way, the present work proposed to select in details through thermal load calculation, an air conditioning system that is advantageous compared to the current system used in the “Block 10 - Department of mechanical engineering”, of the Federal University of Piauí (UFPI). By this study, it was determined that the demanded thermal load is 74.03 TR and that the most appropriate climate system, among the studied, is the self-contained type. Replacing the current system with the one suggested by this project is more efficient, and it generates a reduction of approximately 10% in electricity consumption for the month of highest consumption.

Keywords: Air conditioning. Electric efficiency. Thermal comfort. Thermal load.

1. INTRODUÇÃO

O principal meio de controle de temperatura do ar se dá pelo ar-condicionado, termo esse que foi primeiramente dito em 1906, com o norte-americano Stuart Cramer, que necessitava explorar uma forma de acrescentar umidade ao ar em sua fábrica têxtil. Apesar de ter sido Cramer o primeiro a definir um nome para o dispositivo, Willis Carrier, também norte-americano, já havia incrementado em 1902 o primeiro dispositivo que utilizava um processo mecânico a fim de condicionar o ar (Neves, 2018).

No Brasil, segundo a ABRAVA (2019) (Associação Brasileira de Refrigeração, Ar condicionado, Ventilação e Aquecimento), os sistemas de condicionamento de ar são responsáveis por abrigar aproximadamente de 30 a 40% do consumo total de energia elétrica. Pesquisas feitas pela ELETROBRÁS (2009) (Centro Brasileiro de Informação de

Eficiência Energética) mostram que o consumo de energia elétrica em prédios públicos, objeto do presente trabalho, representa 48% do consumo total e que os principais tipos de condicionador utilizado são dos tipos janela e *split* (Fig. 1).

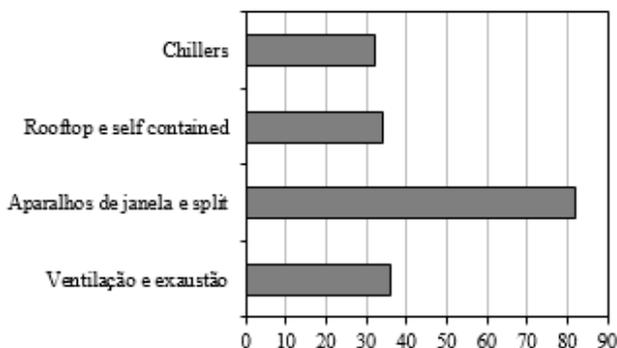


Figura 1. Tipos de condicionadores de ambiente presentes em prédios públicos (ELETROBRÁS, 2009)

Na cidade de Teresina, localizada na região Nordeste do Brasil, a demanda por ar condicionado vem crescendo de forma abrupta. A capital está localizada em uma faixa de transição entre o semiárido nordestino e a região amazônica. É a única capital do Nordeste a situar-se no interior, a uma distância de 350 km do litoral e possui uma temperatura média anual de 26,7°C, segundo o INMET (2019), Instituto Nacional de Meteorologia. Caracteriza-se por um clima bastante quente e seco, necessitando na maioria dos locais de um condicionador de ar para atingir o conforto térmico.

Destarte, o presente trabalho visa realizar a seleção de um sistema de refrigeração para o “Bloco 10 - Departamento de engenharia mecânica”, do Centro de Tecnologia (CT) da Universidade Federal do Piauí (UFPI). É objetivo, ainda, fazer um comparativo econômico, durante o mês de maior necessidade de carga térmica, entre o atual sistema e a possível substituição por um novo sistema aqui proposto, denotando a importância da adaptação a um novo projeto que esteja em sintonia conforto térmico e eficiência energética.

2. CARGA TÉRMICA

A carga térmica é a quantidade de calor sensível e calor latente, geralmente expressa em BTU/h, kcal/h ou W que deve ser retirada ou colocada no recinto a fim de proporcionar as condições de conforto térmico desejadas (Creder, 2004). Para a realização correta e qualificada do projeto, leva-se em consideração alguns parâmetros para o cálculo da carga térmica, que segundo Pirani (2004) são eles:

- Carga térmica devido à transmissão de calor pelas paredes, teto e piso;
- Carga térmica devido à infiltração de ar externo quando da abertura e fechamento das portas de acesso;
- Carga térmica devido a luzes, pessoas, e outras fontes de calor no interior do ambiente.

2.1. Carga térmica devido à condução e insolação em superfícies opacas

A carga térmica devido à condução é quantificada a partir de uma diferença de temperatura entre a superfície do ambiente externo e a superfície do ambiente interno, e é calculada pela equação:

$$Q_{ins} = A \cdot U \cdot [(T_e - T_i + \Delta T)] \cdot 0,8598 \quad (1)$$

Onde: Q_{ins} = Carga térmica devido à insolação, em kcal/h (convertido de W para kcal/h, multiplicando-se pelo fator 0,8598 na Eq. 1); A = Área de troca de calor, em m²; U = Coeficiente global de transmissão de calor, W/m²·°C; T_e = Temperatura externa; T_i = Temperatura interna, em °C; ΔT = Acréscimo de temperatura, quando houver, devido à insolação, em °C.

2.2. Carga térmica devido à insolação

A carga térmica de insolação é a transferência de energia térmica causada pela incidência de radiação solar direta sobre as paredes do ambiente refrigerado e leva em consideração alguns parâmetros, tais como: coordenadas geográficas do local, inclinação dos raios do sol, tipo de construção da fachada, cor e rugosidade da superfície, bem como sua refletância.

2.2.1. Cálculo para superfícies transparentes

Para o cálculo da transmissão de calor do sol através de superfícies transparentes utiliza-se a equação seguir:

$$Q_{ins} = \beta \cdot A \cdot \gamma \cdot 0,8598 \quad (2)$$

Onde: Q_{ins} = Carga térmica devido à insolação, em kcal/h (convertido de W para kcal/h, multiplicando-se por 0,8598 na Eq. 2); β = Coeficiente de transmissão do calor solar através de vidros, kcal /m²·h; A = Área de troca de calor, em m²; γ = Fator de redução, que depende da proteção da superfície externa.

2.3. Carga térmica devido a pessoas

Todo ser humano emite calor sensível e calor latente, que variam conforme esteja o indivíduo em repouso ou em atividade (Creder, 2004). Tal energia dissipada pelo ser humano no ambiente influencia diretamente no cálculo final da carga térmica. Calcula-se a carga térmica referente às pessoas, utilizando-se as expressões a seguir:

$$\begin{aligned} Q_{sen} &= S_1 \cdot N \\ Q_{lat} &= S_2 \cdot N \\ Q_{pessoas} &= Q_{sen} \cdot Q_{lat} \end{aligned} \quad (3)$$

Onde: Q_{sen} = Carga térmica devido ao calor sensível, em kcal/h; S_1 = Calor sensível liberado pelos ocupantes; N = Número de pessoas no ambiente climatizado; Q_{lat} = Carga térmica devido ao calor latente, em kcal/h; S_2 = Calor latente liberado pelos ocupantes; $Q_{pessoas}$ = Carga térmica devido ao número de pessoas, em kcal/h.

2.4. Carga térmica devido aos equipamentos

Todos os equipamentos que se fazem presentes no ambiente a ser climatizado emitem uma determinada energia térmica que deve ser inserida no cálculo total, mesmo ele não estando em atividade durante todo o tempo de trabalho, o cálculo é dado por:

$$Q_{equip} = P \cdot N \cdot 0,8598 \quad (4)$$

Onde: Q_{equip} = Carga térmica devido ao equipamento, em kcal/h (convertido de W para kcal/h, multiplicando-se por 0,8598 na Eq. 4); P = Potência dissipada pelo equipamento, em W; N = Número de equipamentos.

2.5. Carga térmica devido à iluminação

A carga térmica de iluminação é resultado da energia térmica dissipada por lâmpadas instaladas no ambiente climatizado. Ela pode ser calculada de acordo com a equação seguir:

$$Q_{ilum} = P \cdot A \cdot 0,8598 \quad (5)$$

Onde: Q_{ilum} = Carga térmica devido às lâmpadas, em kcal/h (convertido de W para kcal/h, multiplicando-se por 0,8598 na Eq. 5); P = Potência dissipada pela lâmpada, em W; A = Área do ambiente climatizado, em m².

2.6. Carga térmica devido à renovação de ar

O item 5 da NBR 16401-3 (2008) estipula a vazão mínima de ar exterior de qualidade aceitável a ser suprida pelo sistema para promover a renovação de ar interior e manter a concentração dos poluentes no ar em nível aceitável. Sabe-se que em um recinto fechado em que há uma quantidade considerável de pessoas e sem a renovação de ar, os níveis de CO₂ irão aumentar e causar sensação de sonolência e dores de cabeça nos indivíduos presentes. Tal necessidade ocasiona um aumento de carga térmica devido ao insuflamento do ar por meio da ventilação. Seguindo a norma, deve-se calcular primeiramente a vazão eficaz, que depende do número de pessoas e da área, como mostra a equação abaixo:

$$V_{ef} = (P_z \cdot F_p) + (A_z \cdot F_a) \quad (6)$$

Onde: V_{ef} = Vazão eficaz de ar exterior, em l/s; P_z = Número máximo de pessoas na zona de ventilação; F_p = Vazão por pessoa em l/s; A_z = Área útil ocupada pelas pessoas, em m^2 ; F_a = Vazão por área útil ocupada, em $l/s \cdot m^2$.

Com a vazão eficaz calculada, pode-se encontrar a vazão necessária para a renovação de acordo com:

$$V_z = (V_{ef} / E_z) \quad (7)$$

Onde: V_z = Vazão necessária para a renovação, em l/s; V_{ef} = Vazão eficaz de ar exterior, em l/s; E_z = Eficiência da distribuição de ar no ambiente climatizado.

E quanto à carga térmica total devido à ventilação, esta é a soma dos fatores de calores sensíveis e calores latentes, de acordo com as seguintes equações:

$$\begin{aligned} Q_{sen} &= V_z \cdot 3,6 \cdot 0,29 \cdot (T_e - T_i) \\ Q_{lat} &= V_z \cdot 3,6 \cdot 699,2 \cdot (W_e - W_i) \\ Q_{vent} &= Q_{sen} + Q_{lat} \end{aligned} \quad (8)$$

Onde as variáveis já foram apresentadas anteriormente, e os dados que se fizerem necessários estão dispostos em anexos da norma.

2.7. Carga térmica total

A carga térmica total é obtida por meio do somatório de todas as contribuições de cargas térmicas, e como forma de segurança, foi aumentado em 10% do total em relação aos dutos de insuflamento, perdas no motor/ventilador e coeficiente de segurança.

3. COMPOSIÇÃO ATUAL DO BLOCO 10 - DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

Atualmente o “Bloco 10 - Departamento de engenharia mecânica” conta com treze *splits* do tipo “piso teto R-410A” da marca KOMECO, com uma capacidade de refrigeração de 55000 BTU/h, além de quatorze *splits* do modelo convencional tipo “inverter”, também da marca KOMECO, com uma capacidade de 18000 BTU/h, sendo cada *split* interligada a sua própria unidade condensadora.

4. METODOLOGIA

O presente trabalho adotou o método de cálculo de carga térmica máxima, no qual admite-se que a condição mais indesejada se repita com uma alta frequência durante o mês em que ocorre a maior necessidade de carga térmica, que de acordo com a NBR 16401-1 (2008), para a cidade de Teresina-PI é o mês de outubro.

Em consonância com o item 6.1.3.3 da NBR 16401-1 (2008), considerando-se o espaço com um número relativamente pequeno de zonas térmicas, será adotado o método da *ASHRAE CLTD/CLF – Cooling Load Temperature Difference/Cooling Load Factor* (Diferença de temperatura da carga de resfriamento/Fator de carga de resfriamento), que consiste em tabelas de fatores e coeficientes pré-calculados para construções e situações típicas.

A realização dos cálculos foi por meio de inserção das Eqs. 1, 2, 3, 4, 5 e 8, encontradas na literatura em uma planilha no Excel®. É importante ressaltar que o cálculo de carga térmica devido à condução e à insolação foi feito como sendo único, a fim de se sintetizar a planilha, sendo denominado, portanto, de cálculo devido às cargas externas.

Após os cálculos de cargas térmicas, a seleção dos equipamentos a serem utilizados e a posterior análise comparativa, em termos econômicos e em relação ao sistema de climatização vigente, foram realizadas.

4.1. Áreas climatizadas

O “Bloco 10 - Departamento de engenharia mecânica” foi dividido em áreas climatizadas, separadas pelos pisos inferior e superior, onde obteve-se separadamente valores de cargas térmicas, após a inserção dos dados referentes à cada área climatizada, na planilha Excel® de cálculos. É importante ressaltar que pisos, tetos e paredes que estão em contato com outro ambiente climatizado não são levados em consideração no cálculo.

Quanto à divisão das áreas climatizadas, foram coletadas informações acerca de nove lugares, conforme mostra a seguinte Tab. 1.

Tabela 1. Áreas climatizadas (Autor, 2020)

| Identificação da área | Ambiente | Área (m ²) |
|-----------------------|--------------------------------------|------------------------|
| 1 | Coordenação | 62,39 |
| 2 | Laboratório de informática | 94,25 |
| 3 | Laboratório de metalografia | 61,29 |
| 4 | Laboratório de metrologia | 69,60 |
| 5 | Laboratório de térmicas e pneumática | 94,25 |
| 6 | Laboratório de vibrações | 30,52 |
| 7 | Oficina | 151,89 |
| 8 | Salas de aula (1, 2 e 3) | 3 x 62,39 (187,17) |
| 9 | Salas dos professores (1 e 2) | 61,17 |

4.2. Seleção de equipamentos

Creder (2004) afirma que em locais com uma área maior do que 400m², a demanda de carga térmica é melhor suprida por meio de sistemas *self-contained*s ou de água gelada, ambos por condensação a ar ou a água.

A partir de então, faz-se necessário determinar a quantidade total de ar a ser insuflado para determinar o modelo específico que será escolhido. Para tal, utiliza-se a equação abaixo,

$$Q_{ins} = (Q_{sen} / 0,29 \cdot (T_i - T_{ins})) \quad (9)$$

Onde: Q_{ins} = Vazão de insuflamento, em m³/h; Q_{sen} = Calor Sensível total do ambiente, em kcal/h; T_i = Temperatura interna do ambiente climatizado, em °C; T_{ins} = Temperatura de insuflamento, em °C.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. Dados de climatização para os ambientes

Coletando-se os dados médios para a cidade de Teresina-PI, de acordo com a NBR 16401-1 (2008), encontra-se uma temperatura de bulbo seco de 37,9°C e a de bulbo úmido de 27,9°C, uma latitude de 5,05°S e longitude de 42,82°W, com pressão atmosférica de 100,5 kPa a uma altitude de 69 m.

Considerando as condições de conforto térmico, NBR 16401-2 (2008), e para a condição de projeto aqui proposto, a temperatura do ambiente deve ser de 23°C e a umidade relativa de 50%. Utilizando-se uma carta psicrométrica, foi possível determinar os valores de umidade absoluta para o ambiente climatizado (8,8201 g/kg) e para o externo (19,9211 g/kg).

Uma vez definidos estes dados são possíveis determinar a carga térmica total necessária para climatizar todo o departamento.

5.2. Cargas térmicas

Após a inserção dos dados nas Eqs. 1, 2, 3, 4, 5 e 8, em uma planilha no Excel®, obteve-se as cargas térmicas totais, nas quais inclui às cargas externas, mais as cargas associadas com pessoas, equipamentos, iluminação e renovação de ar. Assim, a carga térmica total é calculada através da soma de toda a carga térmica necessária em todos os ambientes climatizados. A Tab. 2 apresenta os valores referentes a cada área climatizada analisada.

Tabela 2. Carga térmica total referente a todos as áreas climatizadas (Autor, 2020)

| Identificação da área | Ambiente | Carga térmica (Q) |
|-----------------------|--------------------------------------|----------------------------|
| 1 | Coordenação | 13120,20 kcal/h (4,34 TR) |
| 2 | Laboratório de informática | 40220,93 kcal/h (13,30 TR) |
| 3 | Laboratório de metalografia | 11468,34 kcal/h (3,79 TR) |
| 4 | Laboratório de metrologia | 11490,20 kcal/h (3,80 TR) |
| 5 | Laboratório de térmicas e pneumática | 18037,54 kcal/h (5,96 TR) |
| 6 | Laboratório de vibrações | 7118,89 kcal/h (2,35 TR) |
| 7 | Oficina | 27520,88 kcal/h (9,10 TR) |
| 8 | Salas de aula (1, 2 e 3) | 89379,48 kcal/h (29,56 TR) |
| 9 | Salas dos professores (1 e 2) | 14440,57 kcal/h (4,78 TR) |

Pela análise da Tab. 2, pode-se concluir que pelo somatório das cargas térmicas de cada local selecionado do “Bloco 10 - Departamento de engenharia mecânica”, chegou-se a um total de carga térmica demandada de 232797,02 kcal/h ($Q_{sen} = 167357,31$ kcal/h = 55,34 TR e $Q_{lat} = 65439,70$ kcal/h = 21,64 TR), totalizando 76,98 TR.

5.3. Seleção do equipamento

Somando-se todas as áreas climatizadas do “Bloco 10 - Departamento de engenharia mecânica” (salas de aula e de professores, laboratórios, oficina e coordenação), encontra-se um valor de 812,53 m². Diante disso, por meio da literatura, chega-se, portanto, na sugestão de se utilizar um equipamento do tipo *self-contained* para a climatização total do prédio.

Determinando-se agora o FCS (fator de calor sensível), percentual de calor sensível para o calor total, é possível encontrar todas as condições de insuflamento.

$$FCS = (Q_{sen}/Q) = (55,34/76,98) = 0,72 \quad (10)$$

Utilizando-se ainda uma carta psicrométrica, e considerando uma umidade relativa de 90% do ar após passar pelas serpentinas, é possível determinar a temperatura de insuflamento. Pela análise da carta, encontra-se o valor de 10°C para a temperatura de bulbo seco de insuflamento, logo, pela Eq. (9), tem-se que,

$$Q_{ins} = (167357,11/0,29 \cdot (23^\circ - 10^\circ)) = 44391,81 \text{ m}^3/\text{h}$$

Considerando que 1 TR pode ser associada com uma vazão de 680 m³/h, optou-se por selecionar quatro máquinas de 20 TR (54400 m³/h), da fabricante TRANE, do modelo SIVE 200, com dois condensadores remotos de gabinete único e uma vazão de ar de 20400 m³/h para cada *self-contained*, procurando-se, portanto, atender a demanda necessária, e considerando-se uma possível adição de uma futura sala de aula, no “Bloco 10 - Departamento de engenharia mecânica”.

5.4. Consumo de eletricidade

De acordo com a seleção das quatro máquinas modelo SIVE 200 e supondo que elas estarão funcionando na sua máxima capacidade (valores elétricos especificados pelo fabricante), e definindo que o expediente do prédio seja de 12 horas, durante 30 dias no mês de outubro (pior mês), o valor de energia total gasta é de 31708,8 kWh/mês.

Utilizando-se a tabela de tarifas (setembro/2020) disponibilizada pela Equatorial Energia-Piauí, é possível identificar o valor gasto de consumo elétrico do equipamento selecionado, que para o tipo de empreendimento estudado é de 0,974685 R\$/kW, totalizando-se assim, um valor de R\$ 30906,10 para o mês de outubro.

De acordo com as especificações técnicas contidas no manual fornecido pelo fabricante, cada *split* do tipo “piso teto” consome 5,674 kW. Assim, mantendo-se as mesmas condições de expediente, obtém-se um consumo mensal de 26554,32 kWh para os 13 modelos. De maneira análoga, para os 14 *splits* convencionais do tipo “inverter”, cada um consumindo um valor de 1,627 kW, obtém-se um consumo mensal de 8200,08 kWh.

Comparando-se em termos econômicos ambos os sistemas: atual e proposto, chega-se à seguinte conclusão: o valor total de energia consumida para o mês de outubro (pior mês), pelo atual sistema de climatização é de 34754,4 kWh, representando um custo mensal de R\$ 33874,89, e quando comparado com o sistema proposto, com consumo mensal de energia de 31708,8 kWh, e com custo de R\$ 30906,10, o sistema atual representa um aumento de consumo de energia de 9,6% a mais do que o sistema proposto no presente trabalho.

Resumindo-se na Tab. 3, tem-se como resultado comparativo entre ambos os sistemas (atual e proposto), os seguintes resultados:

Tabela 3. Resultado comparativo entre os sistemas (Autor, 2020)

| | Consumo de eletricidade (kWh/mês) | Consumo mensal - outubro (R\$) |
|------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| Sistema atual | 34754,40 | 33874,89 |
| Sistema proposto | 31708,80 | 30906,10 |

6. CONCLUSÕES

O presente trabalho se propôs a selecionar um sistema de climatização por meio de uma análise comparativa em termos econômicos, para o mês de maior necessidade de carga térmica, no “Bloco 10 - Departamento de engenharia mecânica”, da Universidade Federal do Piauí (UFPI), entre o atual sistema empregado e um novo aqui proposto neste trabalho.

Diante da problemática apresentada, o projeto apresentou resultados satisfatórios quanto ao sistema de climatização escolhido, e, pela análise comparativa, levando-se em consideração o conforto térmico/eficiência energética, comprovou-se que a alteração do sistema atual de climatização pelo sistema proposto neste trabalho leva-se a uma redução de custo de energia elétrica para o mês mais quente do ano na cidade de Teresina (outubro), de aproximadamente 10%.

A opção de sistema adotada para atender a carga térmica foi o uso de equipamento de expansão direta com um sistema central de distribuição, o *self-contained*, devido ao fato de que a utilização de *chillers* e *fancoils* (expansão indireta) inviabilizaria o projeto quanto à questão econômica, além de que a carga térmica necessária não foi demasiadamente alta e a área total climatizada não foi classificada como de um empreendimento de grande porte.

7. REFERÊNCIAS

- ABNT, 2008. NBR 16401-1: Instalações de ar condicionado – sistemas centrais e unitários. Parte 1: Projeto das instalações. Rio de Janeiro, Brasil.
- _____. Parte 2: Parâmetros de conforto térmico. Rio de Janeiro, Brasil.
- _____. Parte 3: Qualidade do ar interior. Rio de Janeiro, Brasil.
- ABRAVA, 2019. O uso do ar condicionado e o consumo de energia elétrica. Disponível em: <<https://abrava.com.br/uso-do-ar-condicionado-e-o-consumo-de-energia-eletrica-abrava/>>. Acesso em: 10/09/2020.
- CREDER, H., 2004. *Instalações de ar-condicionado*. LTC, Rio de Janeiro, 6ª edição.
- ELETROBRAS, 2009. Pesquisa de posse de equipamentos e hábitos de uso, ano base 2005: classe Residencial Relatório Brasil - Sumário Executivo. Rio de Janeiro: ELETROBRAS; PROCEL, 187 p. (Avaliação do Mercado de Eficiência Energética no Brasil). Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/>>. Acesso em: 22/10/2020.
- INMET, 2019. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=tempo/graficos>>. Acesso em: 26/10/2019
- NEVES, S.A., 2018. *História do ar-condicionado*. Disponível em: <<https://cemeq.ufg.br/n/103153-a-historia-do-ar-condicionado>>. Acesso em: 20/10/2020.
- PIRANI, M. J., 2004. *Apostila refrigeração e ar condicionado*. Universidade Federal da Bahia, Departamento de engenharia mecânica.

8. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.