



# XVII CONBRAVA - CONGRESSO BRASILEIRO DE REFRIGERAÇÃO, AR-CONDICIONADO, VENTILAÇÃO, AQUECIMENTO E TRATAMENTO DO AR

São Paulo Expo – 23 à 25 de novembro de 2021

## O USO DE DADOS PARA GESTÃO INTELIGENTE EM SISTEMAS DE AR CONDICIONADO

### PAPER 12

### RESUMO

A jornada digital possui diversas etapas, entre elas o transporte de dados ao mundo virtual. O grande potencial de uso dos dados está no poder analítico dos mesmos e a construção de algoritmos para que o usuário seja beneficiado na experiência de utilização, no consumo de energia, na segurança de operação, entre outros. O mercado de ar condicionado e ventilação não está alheio a essa evolução e aos poucos variáveis pertinentes como temperaturas do ar, umidade relativa, vazões, entre outras estão disponíveis em nuvem para as mais diversas utilizações. Nesse contexto, esse artigo buscou desenvolver um algoritmo para *setpoint* inteligente de temperatura interna, com base no PMV (*predict mean value*) (ASHRAE, 2017a), para atingir ganhos de eficiência energética em sistemas de compressão a vapor. Com o algoritmo desenvolvido, foi verificado o potencial teórico de economia de energia elétrica em uma instalação exemplo.

**Palavras-chave:** Data Science. IoT. Conforto Térmico. Eficiência Energética.

### ABSTRACT

The digital journey has several stages, i.e., the transport of data to the virtual world. The great potential for using data lies in their analytical power as well as the construction of algorithms so that the user benefits from their experience, energy consumption, operation safety, among others. The air conditioning and ventilation market is not unaware of this evolution and the few pertinent variables such as air temperatures, relative humidity, flow rates, among others are available on the cloud for the most diverse uses. In this context, this article seeks to develop an algorithm for intelligent internal temperature setpoint, based on the PMV (*predict mean value*) (ASHRAE, 2017a), to achieve energy efficiency gains in refrigeration compression systems. With the developed algorithm, the theoretical potential of saving electricity in an installation sample was verified.

**Keywords:** Data Science. IoT. Thermal comfort. Energy Efficiency.

## 1 INTRODUÇÃO

Com o crescimento da digitalização das coisas, na esteira da chamada 4ª Revolução Industrial, várias das linhas de pesquisa atuais buscam entender os impactos, mudanças e potenciais dessa tendência. Um dos termos importantes neste contexto é a *Internet* das Coisas (IoT), que de forma simplificada engloba o compartilhamento e transmissão de informações de objetos reais através da *internet* (IS, 2015). Os últimos relatórios da Oxford Economics (2018) já não tratam a internet das coisas como uma realidade futura e sim já como um passo tecnológico superado, com estudos dos próximos passos.

Nesse contexto, é importante entender os estágios de maturidade da Internet das Coisas que, segundo Günther Schuh (2020), são dispostos em seis etapas: informatização, conectividade, visibilidade, transparência, capacidade de predição e adaptabilidade. As primeiras três etapas fazem parte do sensoriamento de grandezas físicas, a transmissão desses dados em tempo real para servidores em internet (nuvem) e disponibilização desses dados através de alguma interface às partes interessadas. Mas, ainda segundo Günther Schuh (2020), o maior valor da digitalização de informações do mundo real não está somente na sua visibilidade, mas muito mais nas correlações entre a infinidade de dados disponíveis e a aplicação destas para enriquecer a experiência do usuário nos mais diversos aspectos: conforto, entretenimento, vantagem financeira, conhecimento, entre outros.

Grandezas físicas, escolhas de usuários, comportamentos, imagens, entre outros elementos transformam-se através da conectividade em uma grande massa de dados. Segundo Abbot (2014), os algoritmos de *analytics* (algoritmos para análise e "inteligência dos dados") sobre essa massa, podem ser obtidos através de relações puramente estatísticas, leis e equações físicas, ou ambas.

No mercado de ar condicionado e ventilação, diversas instituições de pesquisa, fabricantes, instaladores, projetistas e usuários têm aplicado a IoT nos equipamentos e sistemas com os objetivos supracitados (H. N., A. e A., 2017). De forma geral, predição e adaptabilidade, que são as duas últimas etapas de maturidade da IoT, apresentam ainda diversas oportunidades de pesquisa. Os diversos dados disponíveis são passíveis de conectividade e da aplicação de algoritmos de *analytics*. Por exemplo, a temperatura ambiente interna, umidade relativa do ar e velocidade do ar, que estão fortemente relacionados com o conforto térmico humano (ASHRAE, 2017a).

Como já comentado, a análise de dados pode ser feita por meio de dados históricos e/ou relações físicas. No caso do estudo do conforto térmico humano, diversas constantes, equações e formas de aplicações estão consagradas desde a década de 60 (ASHRAE, 2017a).

Um dos métodos científicos da análise da sensação de conforto térmico foi desenvolvido por Fanger (1970), o chamado PMV (*Predict Mean Value*) que envolve diversas equações para o balanço de energia em um ambiente e uma escala de "sensação térmica", que estatisticamente tem boa aceitação da maioria das pessoas.

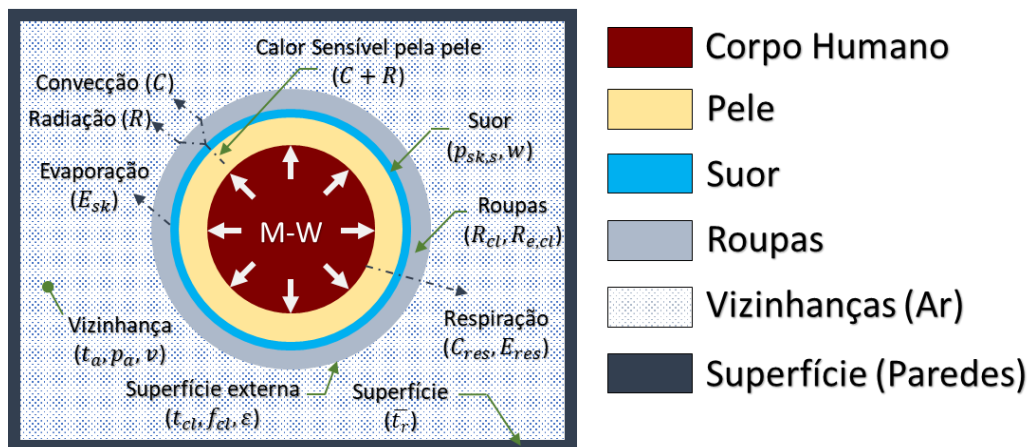
Esse método é utilizado geralmente no projeto de um sistema de ar condicionado com o objetivo de encontrar a condição padrão para selecionamento dos equipamentos (*setpoint* de temperatura e umidade relativa ambiente), que depois se torna uma condição estática de operação. É importante ressaltar que esse *setpoint* tem forte relação com os equipamentos selecionados e sua eficiência energética de operação.

Nesse artigo, buscou-se estudar relações entre equações típicas do conforto térmico humano, com eventuais dados disponíveis em um sistema de ar condicionado conectado. O objetivo geral é criar maior valor ao usuário utilizando dados que podem ser coletados via IoT.

## 2 PMV (Predict Mean Value)

O conceito de conforto térmico envolve corrigir artificialmente as condições do ar em um ambiente fechado, pois o balanço de energia (Figura 1) entre as fontes de calor interna e as vizinhanças pode estar desequilibrado.

Figura 1 - Interação térmica entre corpo humano e ambiente



Fonte: Adaptado ASHRAE, 2017

$M$  = taxa metabólica de produção de calor ( $W/m^2$ )

$W$  = taxa de trabalho mecânico acompanhado ( $W/m^2$ )

$C$  = Calor sensível perdido na pele por convecção ( $W/m^2$ )

$R$  = Calor sensível perdido na pele por radiação ( $W/m^2$ )

$E_{sk}$  = Taxa de perda de calor pela pele por evaporação ( $W/m^2$ )

$t_a$  = Temperatura de bulbo seco do ar ambiente ( $^{\circ}C$ )

$p_a$  = pressão de vapor do ar ambiente (kPa)

$v$  = Velocidade do ar ambiente (m/s)

$t_{cl}$  = temperatura da superfície externa das roupas ( $^{\circ}C$ )

$f_{cl}$  = Fator de área das roupas (adimensional)

$\epsilon$  = emissividade média da superfície externa do corpo ou das roupas (adimensional)

$\bar{t}_r$  = temperatura média da superfície ( $^{\circ}C$ )

$C_{res}$  = Calor sensível pela respiração ( $W/m^2$ )

$E_{res}$  = Calor gerado por evaporação pela respiração ( $W/m^2$ )

$R_{cl}$  = Resistência térmica das roupas (K.m/W)

$R_{e,cl}$  = Resistência térmica a evaporação das roupas (K.m/W)

$p_{sk,s}$  = pressão de vapor da pele (kPa)

$w$  = umidade relativa da pele (adimensional)

Esse balanço de energia foi resumido por Fanger (1982) através das Equações 1 e 2. É importante notar que alguns parâmetros são dados de entrada nesse cálculo e são

obtidos através de constantes tabeladas:  $M, W, f_{cl}$ . Alguns valores são obtidos através de sensoriamento:  $t_a$ . E outros através de outras equações que serão apresentadas posteriormente.

$$M - W = 3,96 \times 10^{-8} f_{cl} [(t_{cl} + 273)^4 - (\bar{t}_r + 273)^4] + f_{cl} h_c (t_{cl} - t_a) + 3,05 \times [5,73 - 0,007 \times (M - W) - p_a] + 0,42 \times [(M - W) - 58,15] + 0,0173M(5,87 - p_a) + 0,0014M(34 - t_a) \quad (1)$$

$$t_{cl} = 35,7 - 0,0275(M - W) - R_{cl} \{ (M - W) - 3,05[5,73 - 0,007(M - W) - p_a] - 0,42[(M - W) - 58,15] - 0,0173M(5,87 - p_a) - 0,0014M(34 - t_a) \} \quad (2)$$

$h_c$  = coeficiente de transferência de calor por convecção (W/m<sup>2</sup>.K)

No presente estudo, foram feitas as seguintes considerações:  $W$  foi considerado como nulo, pois segundo ASHRAE, 2017a em geral esse trabalho pode ser desconsiderado;  $M$  foi considerado no intervalo para atividades de escritório ( $55 < M < 120$ ), conforme Tabela 1;  $f_{cl}$  foi considerado de acordo roupas típicas utilizadas em escritórios no Brasil ( $1,15 < f_{cl} < 1,23$ ), conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Constantes para cálculo do Balanço de Energia

| M - taxa metabólica    |                  | $f_{cl}$ - fator de área roupas |          |          |
|------------------------|------------------|---------------------------------|----------|----------|
| Atividade (Escritório) | W/m <sup>2</sup> | Roupa                           | $f_{cl}$ | $I_{cl}$ |
| Lendo, sentado         | 55               | Calça e camisa manga curta      | 1,15     | 0,57     |
| Escrevendo             | 60               | Calça e camisa longa            | 1,2      | 0,61     |
| Digitando              | 65               | Calça, camisa longa e paletó    | 1,23     | 0,96     |
| Arquivando, sentado    | 70               | Calça, camisa longa e suéter    | 1,28     | 1,01     |
| Arquivando, em pé      | 80               | Idem acima mais paletó          | 1,33     | 1,3      |
| Caminhando             | 100              |                                 |          |          |
| Carregando / Embalando | 120              |                                 |          |          |

Fonte: Adaptado ASHRAE, 2017

Para cálculo do  $h_c$  foi utilizada a Equação 3 corrigida, desenvolvida por Mitchell (1974), escolhida pelo tipo de atividade típica de pessoas em escritórios (sentado com ar em movimento) e as velocidades típicas do ar na região de conforto para diversos sistemas de difusão,  $0,2 < V < 4,0$  m/s (ASHRAE, 2017b).

$$h_c = 8,3 \cdot V^{0,6} \cdot \left( \frac{p_t}{101,33} \right)^{0,55} \quad (3)$$

$p_t$  = pressão atmosférica local (kPa)

Outro parâmetro presente na Equação 2,  $R_{cl}$ , foi considerado através da Equação 4 que está relacionado com o fator de isolamento térmico das roupas -  $I_{cl}$  - descritos na Tabela 1 (ASHRAE, 2017a).

$$R_{cl} = 0,155 \times I_{cl} \quad (4)$$

A pressão de vapor  $p_a$  pode ser obtida através da Equação 5, na qual  $W_a$  é a umidade relativa do ar ambiente.

$$W_a = \frac{0,622 p_a}{p_t - p_a} \quad (5)$$

Existem diversos métodos complexos para cálculo do  $\bar{t}_r$ , como os apresentados em ASHRAE, 2017a. Mas, para fins de simplificação no presente estudo esse parâmetro foi considerado como em equilíbrio com a temperatura do ar  $t_a$ , ou seja,  $\bar{t}_r = t_a$ .

Segundo ASHRAE (2017a), o índice PMV faz uma previsão da resposta média de um grande grupo de pessoas a respeito da escala de sensação térmica da ASHRAE e expresso pela Equação 6.

$$PMV = (0,303 \cdot e^{-0,036M} + 0,028) \cdot L \quad (6)$$

Na qual  $L$  é a diferença entre o lado esquerdo e direito da Equação 1 e representa o "nível de desequilíbrio" térmico no ambiente. O PMV pode variar entre -3 e +3 sendo que esse índice tem significado da sensação térmica da maioria dos ocupantes do ambiente, conforme Tabela 2.

Tabela 2 – Escala PMV

|    |                  |
|----|------------------|
| +3 | Muito Quente     |
| +2 | Quente           |
| +1 | Levemente Quente |
| 0  | Neutro           |
| -1 | Levemente Frio   |
| -2 | Frio             |
| -3 | Muito Frio       |

Fonte: Adaptado ASHRAE, 2017a

Dessa forma, em um sistema que faça coleta de dados da temperatura ambiente ( $t_a$ ) e umidade relativa do ar ambiente ( $W_a$ ); e com parâmetros configuráveis para uma "receita" adequada a realidade da ocupação (atividade das pessoas e roupas dos ocupantes), é possível estabelecer um controle qualitativo da sensação térmica admitida, segundo a escala PMV, com consequente *setpoint* de temperatura dinâmico.

A primeira vantagem óbvia nessa abordagem é o ajuste automático do sistema com o objetivo de manter a mesma sensação térmica no ambiente, qual seja, um conceito mais adequado a definição de conforto térmico.

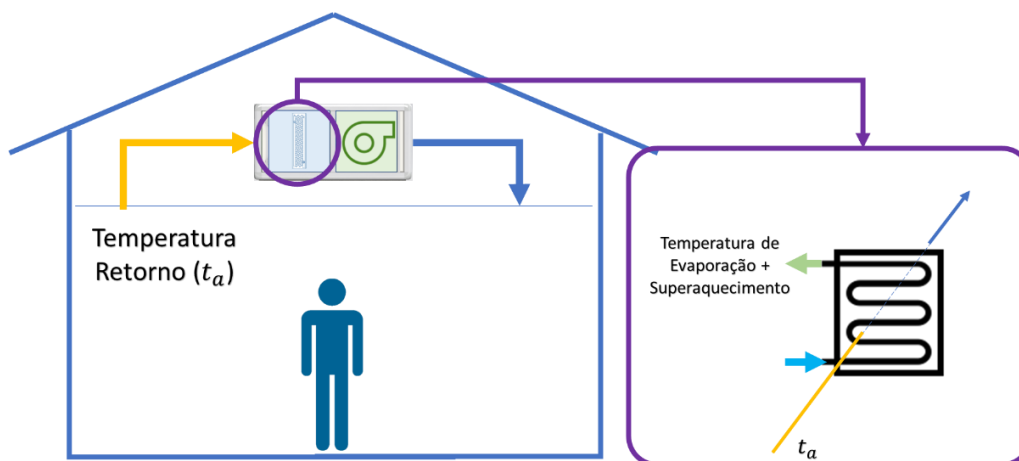
### 3 RELAÇÃO ENTRE SETPOINT DE TEMPERATURA E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Para avaliar quantitativamente a relação entre *setpoint* de temperatura ambiente e eficiência energética em um sistema, é necessário definir um tipo de equipamento em específico. Isso porque, cada linha de equipamento possui uma relação diferente entre as variáveis de processo e consumo de energia.

No presente estudo, foi escolhido uma instalação do tipo expansão direta com unidade condensadora tipo *Package*, com compressor operando com rotação variável (*inverter*) e evaporadora do tipo dutada. O resultado encontrado terá comportamento qualitativo similar para outros tipos de sistema, principalmente os que utilizam o ciclo de refrigeração por compressão de vapor.

O primeiro volume de controle a ser analisado é a serpentina (trocador de calor) da evaporadora, uma vez que, o ar ambiente quando movimentado tem sua primeira interface térmica com esse elemento, conforme Figura 2.

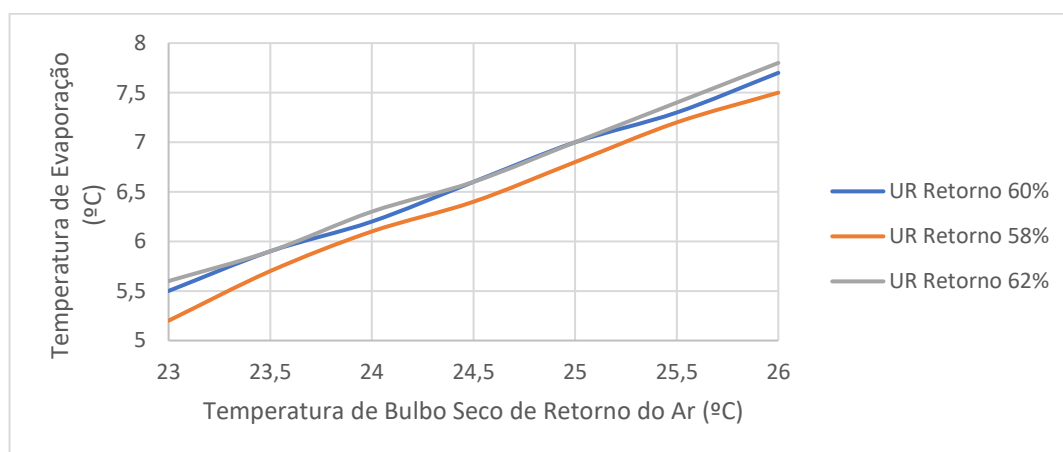
Figura 2 - Serpentina Evaporadora



Fonte: O autor

É possível notar na Figura 2 que estão destacadas apenas as variáveis que são de interesse para avaliação da relação entre *setpoint* de temperatura e eficiência energética. Como o objeto desse estudo não é o equacionamento de trocadores de calor do tipo tubo aleta, foi utilizado para essa avaliação o software de selecionamento EVAP-COND (2021). Vale ressaltar que o estudo mais profundo dessa relação envolve diversas considerações. No presente estudo foi realizada apenas uma análise simplificada.

Gráfico 1 - Relação TBS Retorno, UR Retorno e Temperatura de Evaporação



Fonte: O autor

Na Tabela 3, estão resumidas as condições de contorno para obtenção do Gráfico 1. Foi considerado sistema com capacidade nominal de 7,5 TR, com serpentina da evaporadora do tipo tubo-aleta, com os tubos em cobre e aletas em alumínio.

Tabela 3 - Condições de Contorno Gráfico 1

|                           |      |                         |                 |
|---------------------------|------|-------------------------|-----------------|
| Vazão de Ar Total (m³/h)  | 6500 | Diâmetro do Tubo (")    | 3/8             |
| Largura Serpentina (mm)   | 1000 | Espessura do Tubo (mm)  | 0,28            |
| Altura da Serpentina (mm) | 610  | Material do Tubo        | Cobre Ranhurado |
| Número de Filas           | 3    | Espessura do Aleta (mm) | 0,13            |
| Tubos na Altura           | 24   | Material da Aleta       | Alumínio        |
| Número de Circuitos       | 12   | Altitude Local (m)      | 934 (Curitiba)  |
| Aletas por Polegada       | 8    | Fluido Refrigerante     | R410a           |

Fonte: O autor

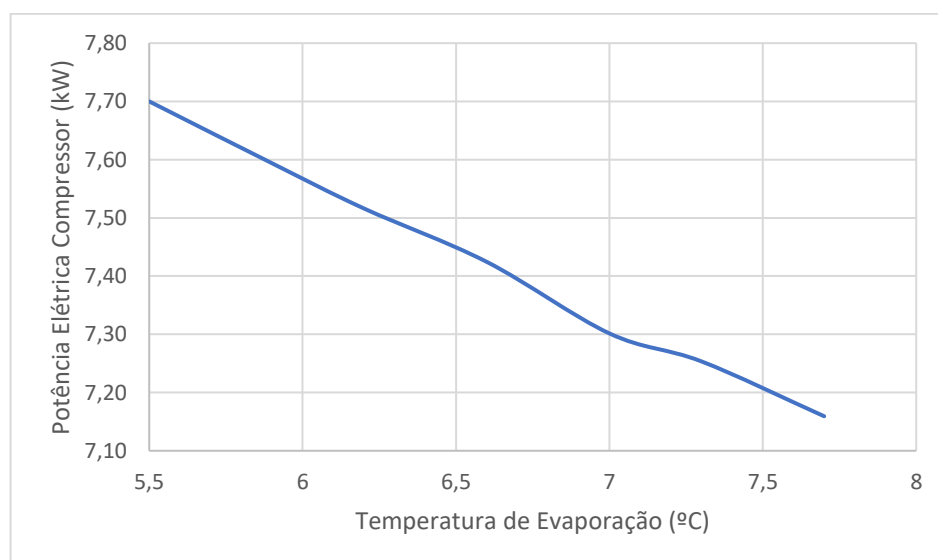
Através de regressão linear do Gráficos 1 é possível estabelecer a Equações 7.

$$T_e@UR\ 60\% = 0,7286 \times t_a - 11,25 \text{ (Equação 7)}$$

A temperatura de evaporação avaliada acima tem forte influência no comportamento do compressor, elemento chave na eficiência energética do sistema. Para o presente estudo foi utilizado o software de selecionamento Select (2017).

No Gráfico 2, é possível identificar a relação entre potência elétrica do compressor e a temperatura de evaporação; lembrando que nesse caso o fluxo de massa do compressor é ajustado de acordo com a evaporadora através da rotação variável (*inverter*). As condições de contorno nesse caso foram consideradas conforme Tabela 4.

Gráfico 2 - Relação entre Potência Elétrica do Compressor e Temperatura Evaporação



Fonte: O autor

Tabela 4 – Condições de contorno Gráfico 2

|                      |       |
|----------------------|-------|
| Superaquecimento (K) | 11,11 |
| Condensação (°C)     | 54,4  |
| Subresfriamento (K)  | 8,33  |

Fonte: O autor

É possível verificar então que o aumento do *setpoint* de temperatura ambiente, com conseqüente aumento da temperatura de retorno da evaporadora, diminui o consumo de energia elétrica do sistema e/ou aumenta a eficiência energética do sistema.

O Gráfico 2 indica uma relação quase linear entre as duas variáveis, mas é importante ressaltar que isso é válido apenas para a temperatura de condensação indicada na Tabela 4. Porém, a temperatura de condensação é fortemente influenciada pela temperatura externa; sendo que o sistema em geral mantém o *approach* (diferença entre condensação e temperatura externa) aproximadamente constante. Dessa forma, para fins da previsão de consumo do sistema é necessário utilizar uma relação mais completa, conforme Equação 8, obtida no software Select (2017).

$$P_{comp} = C0 + C1 \times T_e + C2 \times T_c + C3 \times T_e^2 + C4 \times T_e \times T_c + C5 \times T_c^2 + C6 \times T_e^3 + C7 \times T_c \times T_e^2 + C8 \times T_e \times T_c^2 + C9 \times T_c^3 \quad (8)$$

Tabela 5 - Coeficientes Equação 8

|    |              |
|----|--------------|
| C0 | 1,570348826  |
| C1 | 0,019523733  |
| C2 | 0,101455028  |
| C3 | 0,000752491  |
| C4 | 2,74224E-05  |
| C5 | -0,000965654 |
| C6 | 1,01292E-05  |
| C7 | -9,90399E-06 |
| C8 | -7,00803E-06 |
| C9 | 2,14473E-05  |

Fonte: Select, 2017

#### 4 EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Com as informações disponíveis acima, é possível verificar em um caso prático o impacto da utilização desse equacionamento. Para isso, são necessárias mais considerações.

Primeiramente, nesse estudo a vestimenta mais provável dos ocupantes foi considerada função da temperatura de bulbo seco externa, conforma Tabela 5.



Tabela 6 - Relação entre Roupas e TBS Externa

| Temperatura Bulbo Seco Externa                      | $f_{cl}$ | $I_{cl}$ |
|---|----------|----------|
| $> 25^{\circ}\text{C}$                              | 1,15     | 0,57     |
| $20^{\circ}\text{C} < T_{ext} < 25^{\circ}\text{C}$ | 1,2      | 0,61     |
| $15^{\circ}\text{C} < T_{ext} < 20^{\circ}\text{C}$ | 1,23     | 0,96     |
| $10^{\circ}\text{C} < T_{ext} < 15^{\circ}\text{C}$ | 1,28     | 1,01     |
| $T_{ext} \leq 10^{\circ}\text{C}$                   | 1,33     | 1,3      |

Fonte: O autor

Foi considerado, também, que o sistema escolhido funciona das oito horas da manhã às seis horas da tarde. Além disso, foi considerada a umidade relativa interna como constante nesse exemplo (60%). A atividade metabólica média dos ocupantes foi considerada conforme Tabela 6.

Tabela 7 - Taxa Metabólica em Função do Horário

| Intervalo Horário | $M$ ( $\text{W}/\text{m}^2$ ) |
|-------------------|-------------------------------|
| 8h-9h             | 65                            |
| 9h-12h            | 60                            |
| 12h-13h           | 55                            |
| 13h-14h           | 65                            |
| 14h-17h           | 60                            |
| 17h-18h           | 65                            |

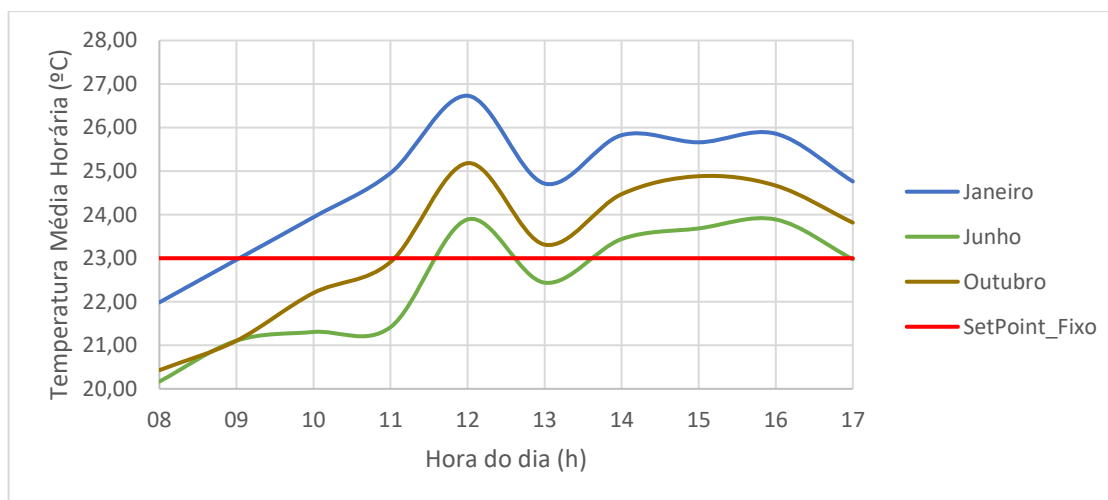
Fonte: O autor

Com as considerações das tabelas 5 e 6, e utilizando os dados do INMET (2020) para a cidade de Curitiba, estado do Paraná, é possível estabelecer um comparativo entre a utilização do sistema com *setpoint* de temperatura interna fixo ( $22^{\circ}\text{C}$ ) e dinâmico através do PMV, funcionando ao longo do ano de 2020.

As equações acima (todas) foram processadas em planilha eletrônica a fim de obter uma estimativa do funcionamento real. Como o objetivo é eficiência energética, foi considerado o nível da sensação térmica, segundo a escala ASHRAE, um pouco acima do neutro em 0,5. Em situações de muito frio, o *setpoint* de temperatura ficou limitado a  $20^{\circ}\text{C}$  na escala inferior.

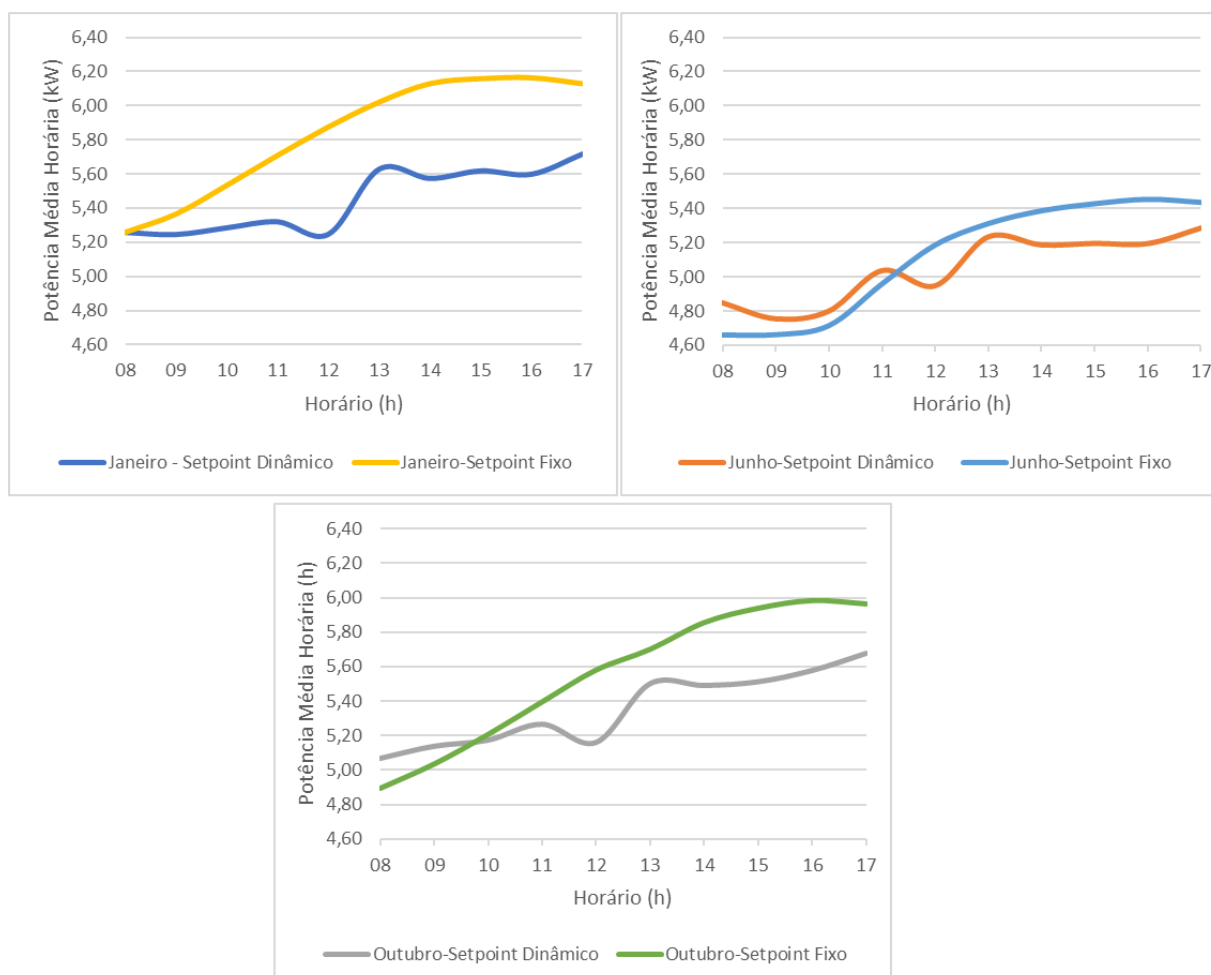
No Gráfico 3, é possível entender o comportamento do *setpoint* dinâmico de temperatura em comparação com o *setpoint* fixo. Nesse caso, foram realizadas as médias de *setpoint* dinâmico horárias nos meses de Janeiro, Junho e Outubro. No Gráfico 4, foram realizadas as médias horárias da potência elétrica do compressor para os mesmos meses.

Gráfico 3 - Comportamento SetPoint Dinâmico (Fonte: o Autor)



Fonte: O autor

Gráfico 4 - Potência Elétrica Compressor (kW)



Fonte: O autor

Nesse exemplo, a receita, ou seja, os dados de entrada escolhidos para aplicação das equações, proporcionou ao longo do ano escolhido para avaliação uma economia de cerca de 5% do consumo de energia elétrica. Possivelmente em uma

aplicação real essa economia seja ainda maior, levando em conta por exemplo, a dinâmica da carga térmica na construção e não só do ponto de vista da eficiência do equipamento.

## 5 CONCLUSÃO

A evolução natural da tecnologia tem proporcionado, através da conectividade, uma grande massa de dados em tempo real. O grande potencial, porém, do uso desses dados está na análise e construção de algoritmos para criar valor ao usuário final.

No contexto de sistemas de ar condicionado e ventilação, verificou-se uma oportunidade para, utilizando equações clássicas de projeto, estabelecer uma operação de um sistema de refrigeração mais eficaz – do ponto de vista de conforto térmico – e mais eficiente – do ponto de vista energético.

Como resultado, a implantação dessas equações pode proporcionar, em primeiro lugar, um controle qualitativo do conforto térmico ao usuário, através da escala ASHRAE, e em segundo lugar um sistema com auto ajuste de temperatura mais adequado as variantes normais da ocupação.

Em um exemplo de aplicação, o sistema se mostrou mais eficiente energeticamente em 5%, sendo que diversas particularidades podem ser ajustadas nas equações para esse fim.

Diversos outros trabalhos podem dar continuidade a essa linha de pesquisa, como por exemplo, um estudo de caso real aplicando o modelo desenvolvido, bem como o uso de visão computacional para verificar as temperaturas da superfície dos ocupantes.

## REFERÊNCIAS

Abbott, D. (2014). **Applied predictive analytics: Principles and techniques for the professional data analyst**. Hoboken, NJ: John Wiley.

American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. ASHRAE Handbook, ,2017. **Space Air Diffusion**. Parte: *Fundamentals*, 9th ed.

American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. ASHRAE Handbook, ,2017. **Thermal Comfort**. Parte: *Fundamentals*, 9th ed.

Domanski, P. , Yashar, D. and Wojtusiak, J. (2016). **EVAP-COND, Version 4.0; Simulation Models for Finned-Tube Heat Exchangers with Circuitry Optimization**.

NIST/EL, [online],

[http://www.nist.gov/el/building\\_environment/evapcond\\_software.cfm](http://www.nist.gov/el/building_environment/evapcond_software.cfm) (Accessed April 24, 2021)

ECONOMICS, Oxford. NTT Data. **The Future of Data: Adjusting to an opt-in economy**. Edição: 2018. Disponível em:

<https://www.oxfordeconomics.com/publication/open/305326>. Acesso em: 16 de Abril de 2021.

Fanger, P.O. 1970. **Thermal comfort analysis and applications in environmental engineering**. McGraw-Hill, New York.

Fanger, P.O. 1982. **Thermal comfort: Analysis and applications in environmental engineering**. Robert E. Krieger, Malabar, FL.

GÜNTHER SCHUH, Et al. **Industrie 4.0 Maturity Index - Managing the Digital Transformation of Companies**. Edição: 2020. Disponível em:

<https://en.acatech.de/publication/industrie-4-0-maturity-index-update-2020/download-pdf?lang=en>. Acesso em: 16 de Abril de 2021.

H. N. Saha, A. Mandal e A. Sinha, "**Recent trends in the Internet of Things**," 2017 IEEE 7th Annual Computing and Communication Workshop and Conference (CCWC), Las Vegas, NV, USA, 2017, pp. 1-4, doi: 10.1109/CCWC.2017.7868439.

Internet Society. IS. **The Internet of Things: Overview**, 2015. Disponível em:

<https://www.internetsociety.org/wp-content/uploads/2017/08/ISOC-IoT-Overview-20151221-en.pdf>. Acesso em: 18 de Abril de 2021.

Mitchell, D. 1974. **Convective heat transfer in man and other animals**. In Heat loss from animals and man, J.L. Monteith and L.E. Mount, eds. Butterworth Publishing, London.

Select. **Copeland Selection Software**. Versão 7.16. Copyright: Emerson Climate Technologies.

TROX Configuration System. **Ferramenta de Selecionamento para AHU's**. Versão 1.0. TROX do Brasil LTDA. Disponível em: <https://troxselect.troxbrasil.com.br/pt-BR/>. Acesso em: 24 de Abril de 2021.

TROX Select. **Ferramenta de Selecionamento para AHU's**. Versão 1.0. TROX do Brasil LTDA. Disponível em: <https://troxselect.troxbrasil.com.br/pt-BR/>. Acesso em: 24 de Abril de 2021.