

## **DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA DE AR-CONDICIONADO PARA UMA ACADEMIA NA CIDADE DE SÃO PEDRO DOS FERROS**

**Caio Avelino dos Santos<sup>1</sup>**

**Túlio de Miranda Fialho<sup>1</sup>**

**Carlos Eduardo Marques Cerqueira<sup>2</sup>**

**Irlane Bastos Costa<sup>2</sup>**

**Douglas Delazari Martins<sup>2</sup>**

**Fabricio de Souza Santos<sup>2</sup>**

**Rieder de Oliveira Neto<sup>2</sup>**

[rieder.neto@gmail.com](mailto:rieder.neto@gmail.com)

**Área de conhecimento:** Engenharias

### **RESUMO**

Para que um ambiente esteja dentro dos parâmetros de conforto térmico, é necessário que se conheça a quantidade de calor sensível e latente que deve ser adicionado ou retirado do local, chamado de carga térmica. Diversos fatores afetam o cálculo da carga térmica como a iluminação e equipamentos elétricos, ocupantes, condução de calor para as paredes e janelas. Com o objetivo de dimensionar a carga térmica de uma academia e selecionar um aparelho com capacidade adequada, foram feitos os cálculos necessários. Identificou-se que a carga térmica, devido aos ocupantes e à condução, apresentou maiores valores se comparado aos demais fatores analisados. Ao final, concluiu-se que, para a área de 201,2 m<sup>2</sup>, serão necessários três aparelhos de 60.000 Btus e um aparelho de 10.000 Btus condicionadores de ar.

**Palavras-chave:** dimensionamento; climatização.

### **1. INTRODUÇÃO**

O processo de climatização consiste em garantir um ambiente termicamente agradável e, de acordo com as normas sanitárias, evitar a transmissão de doenças causadas por fungos e bactérias. A OMS (Organização Mundial da Saúde) salienta que a faixa de temperatura considerada perfeita para ambientes fechados é de 23 a 26 °C. (CLIMASUL, 2008). Já a ANVISA (Agência de Vigilância Sanitária), defende

<sup>1</sup> Acadêmicos do curso de Engenharia Mecânica – Faculdade Vértice – UNIVÉRTIX – Matipó/MG

<sup>2</sup> Professores do curso de Engenharia Mecânica – Faculdade Vértice – UNIVÉRTIX – Matipó/MG

que a temperatura ideal varia por estações e indica de 23 a 26 °C para o verão e 20 a 23 °C para o inverno. (INFOCLIMA, 2021).

O funcionamento dos condicionadores de ar tem como princípio promover a troca de temperatura do ar do ambiente pela passagem do ar pela serpentina do evaporador que, por contato, tem queda ou aumento de temperatura do ar, dependendo do ciclo utilizado, baixando a umidade relativa do ar. (ARAUJO, 2011).

A prática de atividade física também é uma aliada à saúde e à qualidade de vida. O que poucas pessoas sabem é que em todos os ambientes de uso público e/ou coletivo, a renovação do ar no ambiente é fundamental para garantir a saúde e qualidade de vida dos ocupantes do espaço. A Lei em vigor 13.589/2018 determina que todos os edifícios públicos ou privados são obrigados a realizar a manutenção de seus sistemas de ar-condicionado, garantindo a boa qualidade do ar interior, considerando padrões de temperatura, umidade, velocidade, taxa de renovação e grau de pureza do ar. (SICFLUX, 2020).

Em 2017, o Brasil passou a ter o segundo maior mercado de academias em número de estabelecimentos, contando com 34.509 unidades, ficando atrás apenas dos Estados Unidos. O país também tem o quarto maior contingente de praticantes de atividade física de forma orientada (PACTOBLOG, 2018).

Com o mercado de academias aumentando cada vez mais, é importante destacar que, quando o cliente fica em exposição prolongada ao calor em excesso, ele poderá desenvolver um quadro de aumento da fraqueza, irritabilidade, ansiedade, falta de foco e dificuldade de concentração e, em alguns casos, até mesmo depressão.

São Pedro dos Ferros é uma cidade do Estado de Minas Gerais. O município se estende por 402,8 km<sup>2</sup> e conta com 7.781 habitantes no último censo. A densidade demográfica é de 19,3 habitantes por km<sup>2</sup> no território do município e tendo como vizinho os municípios de Rio Casca, Raul Soares e Abre Campo.

Há na cidade uma academia de musculação cujos clientes apresentam constantemente reclamações devido ao desconforto excessivo com altas

temperaturas. Para atendê-los, surgiu a necessidade de implementação de um sistema de climatização eficiente.

Nesse contexto, o presente trabalho visa a calcular a carga térmica do ambiente e dimensionar um sistema de ar-condicionado adequado, usando as normas de climatização de ambientes vigentes e, também, o software ANSYS®CFX para avaliar a circulação do ar condicionado pelo recinto. Serão avaliadas a circulação, a eficiência do sistema e a melhor localização para instalação do aparelho.

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

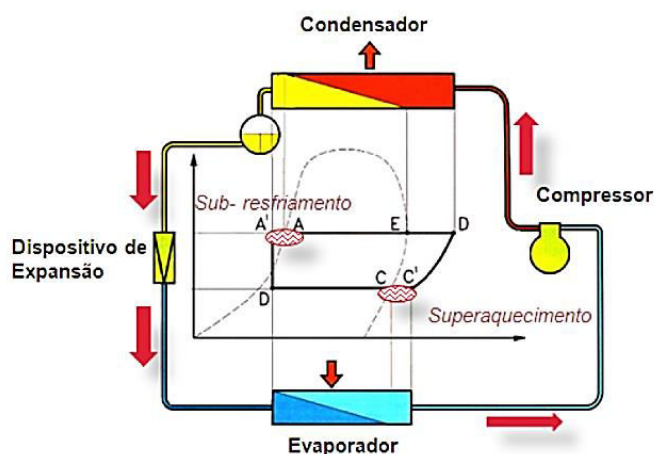
### **2.1. AR-CONDICIONADO**

Em 1920, após Willis Carrier vir a falecer, aparelhos de ar-condicionado começaram a ser produzidos em massa e instalados inicialmente nos grandes prédios públicos como nos escritórios da Casa Branca, Senado Americano e Câmara dos Deputados (SILVA, 2014).

Define-se o termo “condicionamento de ar” como um processo projetado para controlar a temperatura, umidade e distribuição de ar, garantindo conforto térmico aos seus usuários (SOCIEDADE AMERICANA DE ENGENHEIROS DE AQUECIMENTO, REFRIGERAÇÃO E AR CONDICIONADO, 1993).

A Norma NBR 16.401-1 de 2008 estabelece os parâmetros básicos e os requisitos mínimos de projeto para sistemas de ar-condicionados centrais e unitários. Aplica-se a instalações de ar-condicionados especiais que são regidas por normas específicas apenas nos dispositivos que não conflitem com a norma específica. Também, aplica-se a pequenos sistemas unitários isolados, para conforto, em que a soma das capacidades nominais das unidades que compõem o sistema é inferior a 10 kW. A Norma NBR 1.520 estabelece as definições e os correspondentes símbolos e unidades de termos relacionados com o desempenho térmico das edificações.

Observando os principais elementos do ciclo de ar-condicionado, de acordo com a Figura 1, o fluido refrigerante sai do compressor em alta pressão e alta temperatura e segue para o condensador. No condensador, ele perde calor para o ambiente externo e condensa até chegar ao dispositivo de expansão (válvula de estrangulamento) onde o fluido refrigerante diminui a pressão e a temperatura. Logo, entra no evaporador o fluido refrigerante evapora ao retirar calor do ambiente a ser resfriado.



**Figura 1 - Ciclo de refrigeração.**

Fonte: [www.ambientegegado.com.br](http://www.ambientegegado.com.br) (2021).

## 2.2. CARGA TÉRMICA

Carga térmica de resfriamento é definida como a taxa de calor que deve ser retirada do ambiente em um dado instante. Assim, carga térmica para climatização é a potência calorífica de calor sensível e latente que deve ser retirada (resfriamento) ou colocada (aquecimento) no recinto a fim de proporcionar condições de conforto desejadas ou manter as condições ambientes adequadas para a conservação de um produto ou para realização de um processo de fabricação e umidade relativa constante (ROCHA e ALMEIDA, 2010). Para o cálculo de carga térmica, define-se ganho de calor como a taxa segundo a qual a energia é transferida para ou gerada no interior do ambiente, podendo ocorrer das seguintes maneiras:



- Carga Térmica de Condução: Transferência de calor por meio de um elemento estrutural do edifício (parede, piso, teto etc.); causada pela diferença de temperatura entre o interior e o exterior.
- Carga Térmica de Convecção e Radiação (Insolação): Transferência de energia solar por meio de superfícies transparentes do edifício ou absorção dessa energia por um componente opaco.
- Carga térmica de Infiltração: Perda ou ganho de calor pela infiltração e ou ventilação do ar externo no recinto condicionado.
- Geração interna: Liberação de energia no interior do recinto (luzes equipamento, pessoas, etc.).
- Ventilação: Taxa de renovação de ar para manter sua qualidade.

Segundo Martinelli (2016), as quatro propriedades termodinâmicas do ar úmido fundamentais, associadas com diferentes temperaturas são:

- Temperatura de Bulbo Seco (TBS): indicada por um termômetro comum, não exposto à radiação, é verdadeira temperatura do ar úmido.
- Temperatura de Bulbo Úmido (TBU): indicada por um termômetro cujo bulbo foi previamente envolto por algodão úmido, tão logo seja atingido o equilíbrio térmico. Nesse tipo de termômetro, a mistura de ar seco, vapor d'água, sofre um processo de resfriamento adiabático, pela evaporação da água do algodão no ar, mantendo-se a pressão constante. Considerando que o estado de equilíbrio é a situação em que o fluxo de energia do ar para o bulbo do termômetro é igual à energia necessária para a evaporação da umidade.
- Temperatura de Orvalho (TO): no qual o vapor se condensa ou solidifica quando é resfriado sobre pressão constante e conteúdo de umidade constante.
- Umidade Relativa ( $\phi$ ): é definida como sendo a relação entre a pressão parcial do vapor d'água na mistura (PV) e a pressão de saturação correspondente à temperatura de bulbo seco da mistura (PVS) (ESGANZELA, 2014).

### 2.3. FLUXO DE AR

O software ANSYS (CFX) é bastante usado para modelagem do fluxo de ar nos ambientes condicionados, capaz de produzir uma boa aproximação de escoamentos, turbulências, transferências de calor e reações para aplicações do estudo de conforto térmico em um determinado ambiente. O ANSYS realiza os cálculos para solução de um determinado problema por meio de uma solução numérica utilizando o método de volumes finitos baseado na malha definida. Tais resultados podem ser visualizados na forma de gráficos, tanto 2D quanto 3D, como também de outras formas (JUNQUEIRA, 2018).

### 3. METODOLOGIA

O objetivo deste trabalho foi criar um projeto de climatização eficiente, visando custo x benefício, para a Fisiofitness, academia de musculação localizada no município de São Pedro dos Ferros na Zona da Mata Mineira. O espaço ocupado pela academia é uma edificação simples com dois andares, sendo a academia no térreo. O sistema de refrigeração foi dimensionado visando a proporcionar uma temperatura ambiente de 24° C, possibilitando um melhor conforto térmico.

Baseou-se, portanto, no INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), e tendo como referência a cidade de Manhuaçu a mais próxima de São Pedro dos Ferros, cuja latitude é de -20,26°; longitude de -42,18°; e uma altitude de 819,47 metros. O cálculo do sistema de climatização foi realizado para o dia 30 de janeiro identificado como o mais quente dos últimos dez anos, com uma temperatura média de 32,9 °C, no qual foi feito um arredondamento para 33 °C.

O dimensionamento das cargas térmicas totais requeridas foi determinado atendendo às normas NBR 6401, NBR 16401-1 e NBR 15220 que tratam dos parâmetros básicos de projetos para instalações de ar-condicionados para conforto térmico, além de consulta à literatura técnica especializada. Os cálculos do sistema de ar-condicionado encontram-se detalhados ao longo desta seção.

Após os cálculos realizados, determinou-se uma simulação da distribuição do fluxo de ar no interior da academia utilizando o programa de simulação ANSYS

(CFX). O programa executa as etapas da simulação que vão desde a confecção do modelo de layout até as resoluções e tratamento dos resultados. Assim, com base numa simulação no software ANSYS (CFX) com os valores da carga térmica encontrados, pode ser visualizado o comportamento do fluxo de ar, devido ao posicionamento de cada máquina de ar-condicionado dentro do recinto. A avaliação do posicionamento das máquinas promove um satisfatório fluxo de ar na academia.

As simulações ocorreram da seguinte maneira:

- A geometria da academia feita no software de CAD SolidWorks, segundo dimensões apresentadas na seção 3.1 do presente trabalho;
- Foi utilizado o método de elementos finitos do software ANSYS (CFX) e as condições de contorno utilizadas foram as cargas térmicas apresentadas no presente capítulo pelas Tabelas 4, 5 e as cargas térmicas gerada pelas pessoas e equipamentos;
- A velocidade de insuflamento pelos ares-condicionados foi determinada em 0,6 m/s. Conforme a ABNT NBR 16401 (2008), a velocidade do ar não deve estar acima de 0,8 m/s.
- A simulação ocorreu para erros abaixo de 0,01% e os resultados estão apresentados e discutidos no presente capítulo.

### 3.1. DESCRIÇÃO DA ÁREA DA ACADEMIA FISOFTNES

Após medição da temperatura ambiente, foi determinada a geometria do ambiente a ser climatizado pelo sistema de ar condicionado (Tabela 1). As temperaturas de bulbo seco no interior foram determinadas experimentalmente com um termômetro digital, sendo realizada medição em horário de maior insolação do dia. No exterior, foi determinada com base nos relatórios INMET (2010 a 2020), sendo verificada a temperatura do dia mais quente do mês com média de temperatura mais elevada dos últimos dez anos. Assim, tomaram-se os valores críticos para o dimensionamento, as temperaturas de 30 °C e 33 °C foram adotadas para o interior e o exterior, respectivamente. A umidade relativa foi de 38%.



**Tabela 1** - Informações detalhadas da estrutura física da Fisiofitness, academia localizada no município de São Pedro dos Ferros, MG, obtidas no mês de março do ano de 2021.

<b>Ambientes</b>	<b>Geometria</b>
Volume do ambiente	885,28 m <sup>3</sup>
Área das paredes	223,52 m <sup>2</sup>
Área do teto	201,20 m <sup>2</sup>
Altura do pé direito	4,40 m <sup>2</sup>
Área das janelas	10,04 m <sup>2</sup>
Área da porta	8,75 m <sup>2</sup>
Composição das janelas	Vidro comum 3 mm
Composição das paredes	Tijolos de lajota 8 furos e embolso

**Fonte:** Elaborado pelos autores (2020).

## 3.2. CÁLCULO DA CARGA TÉRMICA TOTAL

### 3.2.1. Carga de condução térmica

Para calcular a carga térmica por condução pelas paredes e teto, utilizou-se a equação 1.

$$Q = \frac{A \cdot (t_e - t_i)}{R} \quad (1)$$

Em que, Q é a taxa de calor (W), A é a área (m<sup>2</sup>), 1/R é o coeficiente global de transmissão de calor (W/m<sup>2</sup>.K) e Dt é a diferença de temperatura entre as superfícies em °C.

As paredes e o teto são considerados não homogêneos, por possuírem diferentes materiais em sua construção, como: tijolos, reboco, etc. Para obter cálculos mais precisos, foi utilizado o método das resistências térmicas de transferência de calor de cada material que compõem as paredes e o teto. O somatório das resistências virtuais de um circuito elétrico representa a Resistência Total (R).

Para as paredes externas (área total da parede retirando a área total das janelas e porta), procedeu-se como sendo ar exterior  $t_e = 33$  °C, ar interior parado  $t_i = 24$  °C, embolso no interior e no exterior de 3 cm ( $K = 1,15$  W/m.K), tijolo de lajota de 8 furos comum de uma vez ( $K = 0,7$  W/m.K) e  $Dt = 9$  °C, e para o teto foi



considerado laje de 30 cm de espessura de concreto com areia e brita ( $K = 1,75$  W/m.K), em que 50% dele está correlacionado com ar interior  $T_i = 24$  °C e ar externo  $T_e = 33$  °C, outros 50% correlacionados com uma temperatura interna  $T_i = 24$  °C e uma temperatura externa de  $T_e = 30$  °C. Todos os dados foram obtidos das normas NBR 16.401, NBR 6.401 e NBR 15.220.

### 3.2.2. Carga térmica de insolação

Para as janelas e porta com vidros, utilizou-se o coeficiente global de transmissão  $U = 5,79$  W/m<sup>2</sup>.K (vidro comum de espessura 3 mm). O Fator Solar foi  $F_s = 0,86$  W/m<sup>2</sup>.K e  $Dt = 9$  °C. Foi considerado o fator solar máximo, o qual está submetido às janelas, para cada orientação geográfica, conforme tabela 2. As cargas térmicas obtidas por insolação pelas janelas e portas foram calculadas na Eq. 2 em que  $A$  é a área de troca de calor em m<sup>2</sup>.

$$Q = F_s * I + U(T_e - T_i) * A \quad (2)$$

**Tabela 2** - Fator Solar máximo em função de cada posição geográfica, onde cada parede está voltada ao sol.

Orientação Geográfica	Fator Solar de Insolação (W/m <sup>2</sup> )
Nordeste	266,80
Sudoeste	433,84
Sudeste	433,84
Noroeste	266,80

**Fonte:** Elaborado pelos autores (2020)

A transferência de calor por energia solar através de paredes, lajes e telhados ocorre por condução e convecção, conforme equação 3.

$$Q = \frac{\frac{\alpha * I}{he} + (Te - Ti)}{R} \quad (3)$$

Na equação,  $Q$  é a taxa de calor (W),  $I$  é o fator de insolação,  $te$  é a temperatura do exterior (°C),  $Ti$  é a temperatura interior (°C) e  $R$  a resistência térmica de cada material. Adotou-se a cor escura para as paredes externas  $\alpha = 0,50$

(absorção para radiação solar) e para o (coeficiente de convecção)  $h_e = 20 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$  das áreas da academia como base.

### 3.2.3. Carga devido às pessoas

A carga térmica devido às pessoas foi determinada mediante a atividade a qual estão submetidas. Determinou-se, então, a quantidade de calor emitido por cada pessoa, tomando como base os valores das normas NBR-16401 e NBR-6401. Considerou-se que as pessoas presentes no ambiente estão exercendo atividades de musculação, utilizando-se para fins de cálculos o calor total igual a 585 W por pessoa. Também, segundo o proprietário do estabelecimento, estima-se um total de 30 pessoas para a área da Fisiofitness.

### 3.2.4. Carga devido à iluminação e aparelhos elétricos

A quantidade de aparelhos elétricos e lâmpadas, contidas no ambiente está descrita na Tabela 3, bem como a especificação da potência de cada lâmpada e aparelho elétrico. Assim, fazendo o somatório das dissipações de calor de cada equipamento, obtém-se a carga térmica total.

**Tabela 3** - Equipamentos elétricos contidos na academia fisiofitness.

<b>Equipamento</b>	<b>Dissipação em (watts) para cada</b>
1 computador	155
1 som	70
1 impressora	10
4 esteiras	1890
1 bebedouro refrigerado	350
6 lâmpadas fluorescentes	100
2 televisões	360

**Fonte:** Elaborado pelos autores (2020)

### 3.2.5. Carga devido à infiltração

O cálculo da carga térmica devido à infiltração de ar foi realizado pelo método das frestas, considerando janelas e porta comum de vai e vem e utilizando a vazão



de ar infiltrado pelas frestas na porta de  $V = 6,5 \text{ m}^3/\text{h}$  e da janela  $V = 3 \text{ m}^3/\text{h}$ , transformando para  $\text{m}^3/\text{s}$  o qual é desejado. Na equação, tem-se,  $V = 1,806 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$  da porta e da janela  $V = 8,333 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$  e a massa específica do ar ( $\rho_{\text{ar}} = 1,2 \text{ kg}/\text{m}^3$ ). De acordo com a NBR 6401, a temperatura externa  $T_e = 33 \text{ }^\circ\text{C}$  e interna  $T_i = 24 \text{ }^\circ\text{C}$  passando respectivamente para kelvin (K), obtemos um  $T_e = 306 \text{ K}$  e  $T_i = 297 \text{ K}$ . Sendo as entalpias da tabela termodinâmica A-17 (Çengel, 2007) muito próximas das temperaturas, Kelvin considerou uma entalpia de  $h_e = 306 \text{ kJ}/\text{kg}$  e  $h_i = 297 \text{ kJ}/\text{kg}$ . O ganho de calor total se dá pela multiplicação da densidade do ar, vezes vazão volumétrica do ar, vezes a variação de entalpia. O comprimento linear das frestas das janelas foi de 3 m e da porta foi 2,5 m. A taxa de transferência de calor foi determinada pela equação 4.

$$Q = \rho_{\text{ar}} * V (h_e - h_i) * c \quad (4)$$

### 3.2.6. Carga devido à ventilação

Para a carga térmica de ventilação o ar de ventilação, tomou-se como base a norma NBR 16401 que especifica a vazão eficaz de ar exterior, expressa em L /s por pessoa. No estudo em questão, adotou-se o ar exterior para ventilação para transposição por pessoa as  $h_e = 306 \text{ K}$  e  $h_i = 297 \text{ K}$ , uma vazão de  $F_p = 7,5 \text{ L}/\text{s}$  por pessoa, uma vazão por área útil ocupada  $F_a = 0,9 \text{ L}/\text{s}$  por  $\text{m}^2$ , um número máximo de pessoas na zona de ventilação  $P_z = 30$  pessoas e uma área útil ocupada pelas pessoas  $A_z = 201,2 \text{ m}^2$ . A vazão eficaz é determinada pela equação 5.

$$V_{\text{ef}} = P_z * F_p + A_z * F_a \quad (5)$$

Logo, a carga térmica de calor de ventilação se dá pela equação 6.

$$Q = \rho_{\text{ar}} * V_{\text{ef}} (h_e - h_i) \quad (6)$$

### 3.2.7. Carga térmica total

Sabe-se que a carga térmica é representada pelo calor que é introduzido ao recinto por condução, insolação, dutos, pessoas, equipamentos, infiltração e ventilação. Logo, somando todas essas cargas térmicas, encontra-se o valor total,

que será representado pela quantidade de calor a ser retirada do recinto a fim de obter conforto térmico desejado pelas pessoas. Como coeficiente de segurança utilizado para cobrir um eventual ganho de calor no recinto, acrescenta-se mais 10 % à carga térmica total, conforme Morais *et al.* (2019). Normalmente, deseja-se resultado dos cálculos expressos em toneladas de refrigeração (TR), por atender às unidades técnicas dos fabricantes de ares-condicionados.

Segundo Rosa (2018), o sistema de climatização pode ocupar 50% do consumo de energia de uma edificação comercial, esse gasto muitas vezes torna-se inviável para implementação do sistema.

Especialistas lembram a vantagem da filtragem do ar proporcionada pelo ar condicionado, que reduz significativamente o número de impurezas em suspensão no ar, como também proteção de materiais ou equipamentos. Lembrando, ainda, que um sistema bem dimensionado proporciona uma distribuição de ar uniforme, filtra o ar e poderá permitir a renovação, evitando sua saturação. Além disso, vale destacar que os equipamentos de ares-condicionados modernos utilizam o sistema bomba de calor “a inversão do ciclo para aquecer”, tornando os consumos energéticos moderados. (ARAUJO, 2011). Assim, a climatização artificial acaba por ser indispensável para se conseguir um bom nível de conforto térmico.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com base nos valores das áreas das paredes, janelas e porta obtidos pela medição, do coeficiente global de transferência de calor (U), das diferenças de temperaturas (Dt) e de acordo com a equação 1 a 6 pode-se obter a Tabela 4, que representa os valores do ganho de carga térmica total para a academia.

**Tabela 4** - Resumo dos ganhos de calor na área da academia em  $w/m^2$ .

Descrição	Quantidade de Calor ( $W/m^2$ )	Quantidade de Calor (Btu/h)	Quantidade de Calor (TR)
Condução	18.021,14	61.488,13	5,124
Insolação	8.329,58	28.420,53	2,368
Pessoas	17.550,00	59.880,60	4,990
Equipamentos	9.465,00	32.295,91	2,691

Infiltração	75,75	258,47	0,021
Ventilação	4.385,60	14.964,28	1,247
<b>Calor Total:</b>	<b>5.7827,07</b>	<b>197.307,92</b>	<b>16,441</b>

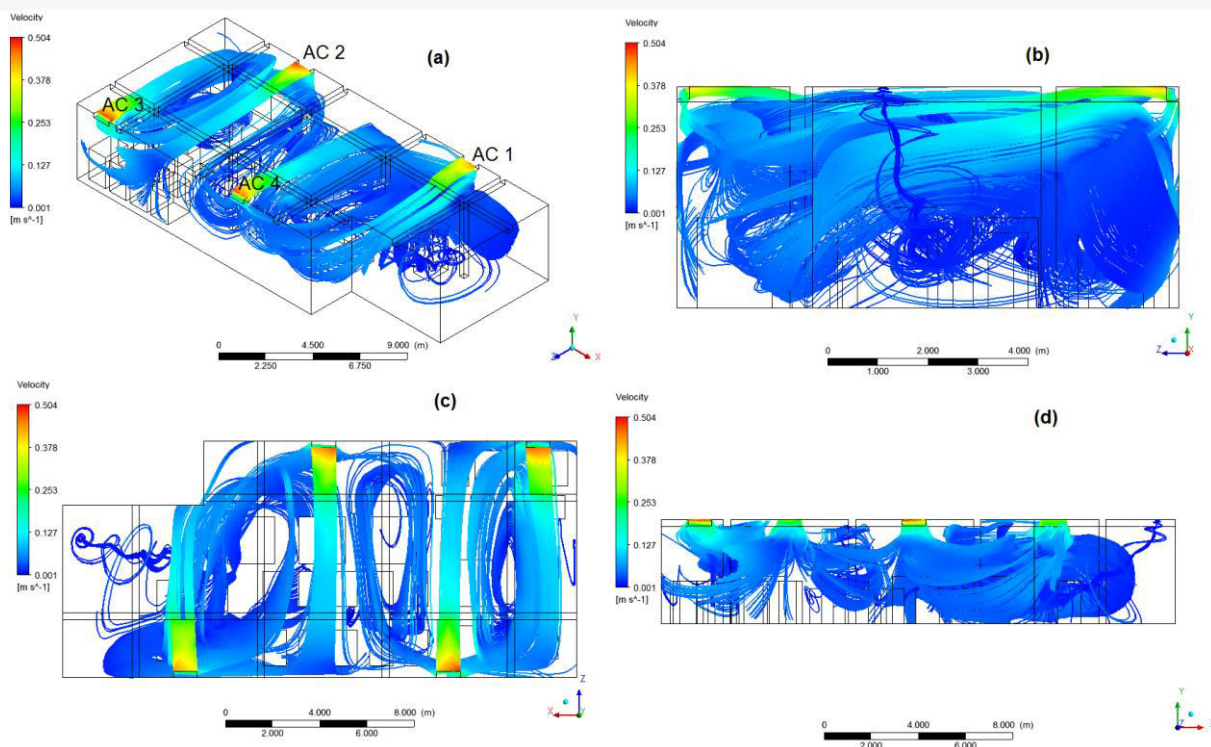
Fonte: Elaborado pelos autores (2020)

Em cálculos de carga térmica, é indicado adotar um coeficiente de segurança para suprir eventualidades, uma vez que os valores considerados nos cálculos são estimados. Neste trabalho utilizou-se um coeficiente de segurança de 10% do valor total da Carga Térmica Total calculada, resultando de projeto então para academia foi de 18,08 TR (Tonelada de Refrigeração).

Venturini (2015), usando o mesmo procedimento para dimensionamento da carga térmica, obteve sucesso no tratamento do ar de modo a controlar simultaneamente a temperatura, a umidade, a movimentação e pureza do ar.

Quando comparado ao trabalho de Matos (2016), também pode-se observar que há o mesmo sequenciamento de cálculos para melhor conforto térmico e obedecendo os mesmos princípios das normas. Também os resultados comparados com o trabalho de Rosa (2018) estabelecem uma concordância de valores.

Na simulação representada na Figura 2, realizada no ANSYS CFX, em que se encontram os posicionamentos das máquinas de ar-condicionado (AC 1, AC 2, AC 3 e AC 4), verifica-se que o fluxo de ar é satisfatoriamente contínuo, fazendo com que haja uma circulação em todo ambiente consideravelmente homogênea.



**Figura 2** - Simulação do fluxo de ar.  
**Fonte:** Elaborado pelos autores (2020)

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por fim, para a academia Fisiotfitness, indica-se a instalação de 4 aparelhos de 60.000 BTU/h por ser um espaço de longo comprimento, assim, fazendo uma circulação de ar por todo o ambiente. Optou-se por aparelhos de mesma potência, com a finalidade de facilitar a manutenção do sistema, proporcionar melhor distribuição de ar e se antever a uma possível necessidade de aumento de carga.

Dos resultados obtidos, pode-se concluir que a maior parcela do ganho térmico introduzida ao recinto se dá por condução, devido ao fato de que quase todas as paredes e teto receberem insolação. Vale ressaltar também que as paredes são de tijolos embolso simples, possuem cor escura e não contam com nenhuma proteção contra condução e insolação.

Com as simulações feitas no ANSYS (CFX), pôde-se definir uma posição adequada para as máquinas de ar-condicionado, promovendo um arrefecimento



mais satisfatório usufruindo melhor das máquinas e garantindo uma maior eficiência. Assim, trazendo conforto e bem estar para as pessoas na academia.



## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT-NBR 16401**: Instalações de ar-condicionado – Sistemas centrais e unitários. São Paulo, SP, 2008. Disponível em:

[http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/EngMec\\_NOTURNO/TM374/NBR\\_16401-1\\_2008.pdf](http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/EngMec_NOTURNO/TM374/NBR_16401-1_2008.pdf). Acesso em: 20 maio 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT-NBR 16401-2**. Instalações de ar condicionado – Sistemas centrais e unitários. Parâmetros de conforto térmico. Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: [ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/EngMec\\_NOTURNO/TM374/NBR\\_16401-2\\_2008.pdf](ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/EngMec_NOTURNO/TM374/NBR_16401-2_2008.pdf). Acesso em: 15 jun. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT-NBR 15220**. Desempenho térmico de edificações. Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: <file:///C:/Users/caio%20santos/Downloads/NBR15220-3.pdf>. Acesso em 20 maio 2021.

AMBIENTE GELADO. **Comportamento de Fluidos Refrigerantes em Sistemas de Refrigeração**. Disponível em: [www.ambientegegado.com.br/artigos-tecnicos/fluidos-refrigerantes/tipos-de-fluidos/371-comportamento-dos-fluidos-refrigerantes-em-um-sistema-de-refrigeracao](http://www.ambientegegado.com.br/artigos-tecnicos/fluidos-refrigerantes/tipos-de-fluidos/371-comportamento-dos-fluidos-refrigerantes-em-um-sistema-de-refrigeracao). Acessado em 12 maio 2021.

CARRIER. **Sobre Willis Carrier, biografia**. Disponível em: <http://www.williscarrier.com/about.php> . Acesso em: 12 maio 2021.

CLIMASUL. **SOLUÇÕES EM CLIMATIZAÇÃO**. Disponível em: <https://climasul.com.br/a-temperatura-ideal-do-ar-condicionado>. Acesso em: 3 jun. 2021.

ESGANZELA. A. J. **Material de Estudo para o Ensino da Umidade Relativa do Ar**. Cuiabá, MT. 2014. Acesso em: 03 maio 2021. Disponível em: [ri.ufmt.br/bitstream/1/392/1/DISS\\_2014\\_Jo%C3%A3o%20Am%C3%A9rico%20Esganzela.pdf](http://ri.ufmt.br/bitstream/1/392/1/DISS_2014_Jo%C3%A3o%20Am%C3%A9rico%20Esganzela.pdf)

INFOCLIMA. **Qual a temperatura ideal do ar condicionado para climatizar seu ambiente**. Disponível em: <https://infoclima.com.br/2020/03/25/temperatura-ideal-arcondicionado>. Acesso em: 26 maio 2021.

JUNQUEIRA. A. R. **Simulação em Conforto Térmico**. Guarapuava 2018. Disponível em: [repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/10233/1/GP\\_COEME\\_2018\\_1\\_06.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/10233/1/GP_COEME_2018_1_06.pdf). Acesso em: 3 jun. 2021.

MARTINELLI C. L. **Refrigeração e Ar-Condicionado**. Parte IV – Psicrometria. Disponível em: <http://www.univasf.edu.br/~castro.silva/disciplinas/FT/Psicrometria2.pdf>. Acesso em: 03 jun 2021.

MATOS. S. R. Universidade Federal do Paraná. **Climatização**. Paraná, 2016. Acesso em: 12 maio 2021. Disponível em: <ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/TMEC153/Apostila/Apostila%20Climatiza%E7%E3o.pdf>  
MORAIS. F. K. *et al*, Dimensionamento de um Sistema de Ar-Condicionado para as Áreas de Estudo da Biblioteca Central da UFCG. Bahia 2019. Disponível em: [www.researchgate.net/publication/336887758\\_Dimensionamento\\_de\\_um\\_Sistema\\_de\\_Ar\\_Condicionado\\_para\\_as\\_Areas\\_de\\_Estudo\\_da\\_Biblioteca\\_Central\\_da\\_UFCG](http://www.researchgate.net/publication/336887758_Dimensionamento_de_um_Sistema_de_Ar_Condicionado_para_as_Areas_de_Estudo_da_Biblioteca_Central_da_UFCG). Acesso: 01 abr. 2021.

PACTOBLOG. **Número de academias cresce no Brasil, mas faturamento cai**. 2018. Disponível Em: <https://blog.sistemapacto.com.br/numero-de-academias-cresce-no-brasil-mas-faturamento-cai/>. Acesso em: 3 maio 2021.

NIOSH. **National Institute of Occupational Safety and Health**. NIOSH Publications and Products, Building Air Quality; Workplace Solutions. 2017. Disponível em: Acesso em: 15 maio 2021.

ROCHA. C. R e ALMEIDA. R. **Desenvolvimento de Ferramenta Computacional em Visual Basic para Estimativa de Carga Térmica Segundo a NBR 16401**. Vitória, 2010. Disponível em: [mecanica.ufes.br/sites/engenhariamecanica.ufes.br/files/field/anexo/2010-1\\_rafael\\_campos\\_e\\_rafael\\_de\\_almeida.pdf](http://mecanica.ufes.br/sites/engenhariamecanica.ufes.br/files/field/anexo/2010-1_rafael_campos_e_rafael_de_almeida.pdf). Acesso em: 03 maio 2021.

ROSA. E. D. Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca – CEFET/RJ. **Projeto Básico do Sistema de Ar Condicionado Central e Ventilação Mecânica do Novo Restaurante Universitário do CEFET/RJ**. Rio de Janeiro, 2018. Acesso em: 12 maio 2021. Disponível em: [www.cefet-rj.br/attachments/article/2943/Projeto%20Final%202018\\_2%20Projeto%20B%C3%A1sico%20Sist%20Ar%20Condicionado%20Central%20e%20Ventila%C3%A7%C3%A3o](http://www.cefet-rj.br/attachments/article/2943/Projeto%20Final%202018_2%20Projeto%20B%C3%A1sico%20Sist%20Ar%20Condicionado%20Central%20e%20Ventila%C3%A7%C3%A3o)

TERMODINÂMICA - 5. ed. **código:** Yunus a. Cengel e Michael a. Boles Editora: McGraw-Hill Brasil. Ano: 2007. Acesso em: 02 maio 2021.

VENTURINI. J. O. Universidade Federal de Itajubá. **Condicionamento de Ar e Conforto Térmico**. Itajubá 2015. Acesso em: 12 maio 2021. Disponível em: [www.academia.edu/40435143/UNIVERSIDADE\\_FEDERAL\\_DE\\_ITAJUBA\\_CONDICIONAMENTO\\_DE\\_AR\\_E\\_CONFORTO\\_TERMICO](http://www.academia.edu/40435143/UNIVERSIDADE_FEDERAL_DE_ITAJUBA_CONDICIONAMENTO_DE_AR_E_CONFORTO_TERMICO)