



**INSTITUTO DE ENGENHARIAS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**  
**ENGENHARIA DE ENERGIAS**

**IVANDRO DE JESUS MORENO DE OLIVEIRA**

**CÁLCULOS DA CARGA TÉRMICA E DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE**  
**REFRIGERAÇÃO EM ACADEMIAS DE GINÁSTICA**

ACARAPE

2022

**IVANDRO DE JESUS MORENO DE OLIVEIRA**

**CÁLCULOS DA CARGA TÉRMICA E DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE  
REFRIGERAÇÃO EM ACADEMIAS DE GINÁSTICA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia de Energias do Instituto de Engenharias e Desenvolvimento Sustentável da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, como requisito para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Energias.

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Servilha de Oliveira.

ACARAPE

2022

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Sistema de Bibliotecas da UNILAB  
Catalogação de Publicação na Fonte.

---

Oliveira, Ivandro de Jesus Moreno de.

O48c

Cálculos da carga térmica e dimensionamento do sistema de refrigeração em academias de ginástica / Ivandro de Jesus Moreno de Oliveira. - Redenção, 2022.

70f: il.

Monografia - Curso de Engenharia de Energias, Instituto de Engenharias e Desenvolvimento Sustentável, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Redenção, 2022.

Orientador: Prof.º Dr.º Sérgio Servilha de Oliveira.

1. Sistema de Refrigeração. 2. Smart Fit. 3. Mapeamento. I.  
Título

CE/UF/BSCA

CDD 621.56

---

**IVANDRO DE JESUS MORENO DE OLIVEIRA**

**CÁLCULOS DA CARGA TÉRMICA E DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO EM ACADEMIAS DE GINÁSTICA**

Monografia apresentado ao curso de Engenharia de Energias do Instituto de Engenharias e Desenvolvimento Sustentável da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, como requisito para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Energias.

Aprovado em 15 / 02 / 2022 .

**BANCA EXAMINADORA**



Documento assinado digitalmente  
SERGIO SERVILHA DE OLIVEIRA  
Data: 02/03/2022 19:53:07-0300  
Verifique em <https://verificador.iti.br>

---

**Prof. Dr. Sérgio Servilha de Oliveira (Orientador)**

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB)



Documento assinado digitalmente  
REJANE FELIX PEREIRA  
Data: 25/02/2022 06:43:02-0300  
Verifique em <https://verificador.iti.br>

---

**Profa. Dra. Rejane Felix Pereira**

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB)



Documento assinado digitalmente  
SILVIA HELENA DANTAS DE LIMA  
Data: 24/02/2022 10:29:43-0300  
Verifique em <https://verificador.iti.br>

---

**Profa. Dra. Sílvia Helena Dantas de Lima**

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB)

Aos meus avôs, filhos e companheira.

## AGRADECIMENTO

*In memoriam*, a minha mãe/avó Maria Vieira da Lomba, a mulher que me criou e me fez enxergar que sempre há como ir além. Uma das poucas que sabia o que eu realmente queria fazer, e mesmo com medos e incertezas me apoiou, sua mão me segurou mesmo estando a quilômetros de distância. No momento que pensei que você tinha me deixado, me soltado, tudo desabou, cheguei a pensar que tudo já findara, larguei tudo e voltei para te ver, mas você partira, mas tudo bem, a verdade é que a senhora não se foi, você vive em mim e em tudo que me ensinou e em todos que teve o privilégio de ser tocados por sua bondade, afeto, palavras de ensinamentos, a senhora vive mama, então aqui estou eu, eu consegui, eu cheguei lá, lá onde novos caminhos eu trilharei e eu sei que a senhora me acompanhará então estou mais uma vez pronto para ir. Te amo eternamente.

As minhas tias, Filipa da Lomba, Rosalina Barreto, após a minha chegada ao Brasil conheci uma frase “por trás de um grande homem existe uma grande mulher” então dedico a essas grandes mulheres a minha conquista, elas que nunca perderam a fé em mim mesmo quando eu mesmo duvidava, acreditaram e me apoiaram em tudo. Sou muito grato aos seus ensinamentos.

Ao meu pai Lúcido da Lomba, que mesmo com todas as adversidades me fortaleceu, e em sua maneira singular e dura me ensinou o sentido e o valor das coisas que tem preço e daquelas que jamais poderão ser precificadas. a minha inspiração.

Ao meu irmão Nelson Oliveira, que nos momentos difíceis me fortaleceu sempre, fazendo entender que o futuro é feito a partir da constante dedicação no presente!

A Alice Martins dos Reis pelo incentivo e parceria contínua.

Aos meus amigos que sempre tive a sorte de ter comigo, me apoiando, em especial ao Carlos Manuel, Nilton Lopes e Júnior Ricardo.

Ao meu professor orientador Dr. Sergio Servilha de Oliveira, por ter aceitado me acompanhar neste projeto e pelo apoio incondicional em todos os outros projetos.

A todos os professores por me proporcionar o conhecimento não apenas racional, mas a manifestação do caráter e afetividade da educação no processo de formação profissional, por tanto que se dedicaram a mim, não somente por terem me ensinado, mas por terem me feito aprender, em especial aos professores: Dra. Ada Amélia, Dr. Alisson Guimarães, Dr. Francisco Olímpio Moura Carneiro, Dr. George Leite Mamede, Dr. Gustavo Alves de Lima

Henn, Dr. José Cleiton Sousa dos Santos, Dra. Maria Cristiane Martins de Souza, Dra. Rejane Félix Pereira, Dra. Rita Karolinny Chaves de Lima, Dra. Sílvia Helena Lima dos Santos, Humberto Icaro Pinto Fontinele, Cleiton da Silva Silveira e Carlos Alberto Caceres Coaquira.

A UNILAB, essencial no meu processo de formação profissional, pela dedicação, e por tudo o que aprendi ao longo dos anos do curso. A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a minha formação, o meu muito obrigado.

“Há vitórias que são importantes apenas para aqueles que as conseguem”. (Nelson Rolihlahla Mandela)



## RESUMO

Esse trabalho teve como objetivo analisar o sistema de refrigeração das academias Smart Fit, com ênfase na caracterização, identificação e análise da carga térmica por ambiente e consumo energético. A partir disso, a pergunta central que orienta o avanço deste estudo é: o sistema de refrigeração da rede de academias Smart Fit é um sistema eficiente? No entanto, para alcançar a finalidade deste estudo, foi realizada coleta de dados com base nos procedimentos metodológico qualitativo e quantitativo, no qual dez academia fizeram parte desta análise, por outro lado, o trabalho contou com aporte teórico relacionado à temática. A partir das análises feitas, concluiu-se que o sistema VRV é mais eficiente que o sistema EcoSplit, no que desrespeita a eficiência energética e o desempenho do ciclo de refrigeração com mínima perda possível uma vez que este sistema está diretamente ligado ao ambiente que se pretende refrigerar.

**Palavra-chave:** Sistema de Refrigeração. Smart Fit. Mapeamento. VRV.

## ABSTRACT

This work aimed to analyze the cooling system of Smart Fit gyms, with emphasis on the characterization, identification and analysis of the thermal load by environment and energy consumption. From this, the central question that guides the progress of this study is: is the cooling system of the Smart Fit gym network an efficient system? However, to achieve the purpose of this study, data collection was carried out based on qualitative and quantitative methodological procedures, in which ten academies were part of this analysis, on the other hand, the work had a theoretical contribution related to the theme. From the analyzes carried out, it was concluded that the VRV system is more efficient than the EcoSplit system, in that it disrespects the energy efficiency and the performance of the refrigeration cycle with minimum possible loss since this system is directly linked to the environment that is intend to refrigerate.

**Keyword:** Cooling System. Smart Fit. Mapping. VRV.

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 - Sistema de ar condicionado de expansão direta (condensação a ar).....                 | 18 |
| Figura 2 - Componentes básicos de um sistema de refrigeração.....                                | 19 |
| Figura 3 - Ábaco de conforto para verão e inverno. ....  | 24 |
| Figura 4 - Orientação geográfica Smart Fit Duque de Caxias - RJ.....                             | 30 |
| Figura 5 - CORTES AA / BB / CC / DD / EE.....  | 31 |
| Figura 6 - Fluxograma esquemático da metodologia.....  | 33 |
| Figura 7 - Interligação frigorífica da unidade evaporadora/condensadora.....                     | 36 |
| Figura 8 - Corte D-D da refrigeração Smart Fit Duque Caxias.....                                 | 37 |
| Figura 9 - Vista 3D da refrigeração Smart Fit Duque Caxias.....                                  | 38 |
| Figura 10 - Mapa da carga térmica por ambiente refrigerado da unidade de<br>Duque de Caxias..... | 41 |
| Figura 11 - Carga térmica das unidades em estudos. ....  | 42 |
| Figura 12 - Carga térmica projetado versus carga térmica instalado.....                          | 44 |
| Figura 13 - Consumo dos equipamentos.....  | 45 |
| Figura 14 - Consumo dos equipamentos.....  | 47 |

## ÍNDICE DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1 - Calor liberado por pessoas (kcal/h).....  | 22 |
| Tabela 2 - Fontes Internas de Calor / Vazão de Renovação do Ar Interno.....                      | 32 |
| Tabela 3 - As variáveis consideradas no cálculo da carga térmica das 10 unidades.....            | 39 |
| Tabela 4 - As variáveis considerado no cálculo da carga térmica das 10 unidades .....            | 39 |
| Tabela 5 - Condições ambientais considerado no cálculo da carga<br>térmica das 10 unidades ..... | 39 |
| Tabela 6 - Condições ambientais considerado no cálculo da carga<br>térmica das 10 unidades ..... | 40 |
| Tabela 7 - Carga térmica.....  | 41 |
| Tabela 8 - Carga térmica projetada e carga térmica instalado.....                                | 42 |
| Tabela 9 - Centrais EcoSplit - ref. Carreir .....  | 46 |
| Tabela 10 - Linha modular VRV - ref. Hitachi.....  | 46 |

## **SIMBOLOGIA E SIGLAS**

|       |  |
|-------|--|
| CPD   | Centro de Processamento de Dados           |
| COP   | Coeficiente de Performance                 |
| EER   | Índice de Eficiência de Energia            |
| Th    | Temperatura quente                         |
| Tc    | Temperatura fria                           |
| BTU   | Unidades Térmicas Britânicas               |
| DCS   | Sistemas de Controlo Distribuídos          |
| SCADA | Sistema de Supervisão e Aquisição de Dados |
| RTUs  | Unidades Terminais Remotas                 |
| PLCs  | Controladores Lógicos Programáveis         |
| SPA   | Spar                                       |
| PIDs  | Derivações Integrais Proporcionais         |
| VRV   | Volume de Refrigerante Variável            |

## SUMÁRIO

|   |    |
|---|----|
| <b>1 INTRODUÇÃO</b> .....   | 15 |
| <b>1.1 Justificativa</b> .....  | 15 |
| <b>1.2 Objetivo</b> .....   | 16 |
| 1.2.1 Objetivo Geral.....   | 16 |
| 1.2.2 Objetivos Específicos.....  | 16 |
| <b>1.3 Estrutura do trabalho</b> .....  | 16 |
| <b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....  | 17 |
| <b>2.1 Sistema de refrigeração</b> .....  | 17 |
| <b>2.2 Componentes básicos de refrigeração</b> .....  | 19 |
| 2.2.1 Compressor.....   | 19 |
| 2.2.2 Evaporador.....   | 20 |
| 2.2.3 Dispositivo de expansão.....  | 21 |
| 2.2.4 Condensador.....  | 21 |
| <b>2.3 Carga térmica</b> .....  | 21 |
| <b>2.4 Conforto Térmico</b> .....   | 23 |
| <b>2.5 Medidas de Eficiência Energética</b> .....   | 25 |
| 2.5.1 Análise de Sistemas e Medidas de Eficiência.....  | 25 |
| <b>2.6 Desempenho do Sistema</b> .....  | 27 |
| <b>3 METODOLOGIA</b> .....  | 29 |
| <b>3.1 Enquadramento metodológico</b> .....   | 29 |
| <b>3.2 Áreas estudadas</b> .....  | 29 |
| <b>3.3 Tratamento e Análise de Dados</b> .....  | 33 |
| <b>4 RESULTADO E DISCUSSÃO</b> .....  | 35 |
| <b>4.1 Características da Rede Smart Fit</b> .....  | 35 |
| <b>4.2 Carga Térmica</b> .....  | 38 |
| <b>4.3 Carga térmica instalado versus carga projetada</b> .....                                 | 42 |
| <b>4.4 Sugestão e Alternativa</b> .....   | 44 |
| 4.4.1 Características e Benefícios.....   | 44 |
| 4.4.2 Sistema ECO SPLIT/VRV.....  | 45 |
| <b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....   | 48 |
| <b>REFERÊNCIAS</b> .....  | 49 |
| <b>APÊNDICE A - MAPA DA CARGA TÉRMICA POR AMBIENTE:</b><br><b>UNIDADE DIONÍSIO TORRES</b> ..... | 51 |
| <b>APÊNDICE B - MAPA DA CARGA TÉRMICA POR AMBIENTE:</b>   |    |

|  |           |
|--|-----------|
| UNIDADE ATAKAREJO BA.....  | 52        |
| <b>APÊNDICE C - MAPA DA CARGA TÉRMICA POR AMBIENTE:</b>  |           |
| UNIDADE DUQUE DE CAXIAS RJ.....  | 53        |
| <b>APÊNDICE D - MAPA DA CARGA TÉRMICA POR AMBIENTE:</b>  |           |
| UNIDADE DE PAVUNA.....   | 54        |
| <b>APÊNDICE E - MAPA DA CARGA TÉRMICA POR AMBIENTE:</b>  |           |
| UNIDADE CAMPO GRANDE.....  | 55        |
| <b>APÊNDICE F - MAPA DA CARGA TÉRMICA POR AMBIENTE:</b>  |           |
| UNIDADE CIDADE DE DEUS.....  | 56        |
| <b>APÊNDICE G - MAPA DA CARGA TÉRMICA POR AMBIENTE:</b>  |           |
| UNIDADE OLIVEIRA PAIVA.....  | 57        |
| <b>APÊNDICE H - MAPA DA CARGA TÉRMICA POR AMBIENTE:</b>  |           |
| UNIDADE PONTA VERDE.....   | 58        |
| <b>APÊNDICE I - MAPA DA CARGA TÉRMICA POR AMBIENTE:</b>  |           |
| UNIDADE PARNAÍBA.....  | 59        |
| <b>APÊNDICE J - MAPA DA CARGA TÉRMICA POR AMBIENTE:</b>  |           |
| UNIDADE SETE LAGOAS.....   | 60        |
| <b>ANEXO I: DADOS DO FABRICANTE REFERENTE ÀS MÁQUINAS<br/>EM ANÁLISE NO PRESENTE TRABALHO.....</b> | <b>61</b> |
| <b>ANEXO II: PROJETO EXECUTIVO DA UNIDADE DUQUE DE CAXIAS.....</b>                                 | <b>66</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

O sistema condicionamento de ar é tão antigo quanto o ser humano, pessoas primitivas usavam peles de animais com a finalidade de evitar a perda do calor corporal para o meio externo, e além disso habitavam em cavernas com a finalidade de se abrigar do calor ou do frio. O uso do fogo para se aquecer e preparar alimentos são grandes avanços da época. Têm-se relatos históricos da civilização romana que usava gelo vindo das montanhas ao norte do império para resfriar vinho e água para o banho, (AIR CONDITIONING AND REFRIGERATION INSTITUTE, 1979).

O sistema de refrigeração constitui-se de diversos componentes que necessitam da energia elétrica para o seu funcionamento diário. A nível mundial a refrigeração de grandes capacidades têm gerado elevado consumo no que desrespeito a energia elétrica, com isso considerando o que a engenharia visa a eficiência, surge a necessidade da diminuição ou racionalização do seu uso energético. Devido a isso, vem surgindo diversas novas tecnologias que promovem a eficiência e o desempenho dos sistemas de refrigeração, ou até mesmo substituição do mesmo, assim reduzindo a degradação ambiental e preservando os recursos naturais. A partir dos conceitos básicos, serão descritos os ciclos de refrigeração e suas variações, fontes de carga térmica, de modo que, conhecendo os parâmetros que afetam a eficiência energética do sistema de refrigeração assim podendo ter uma análise melhor dos meios para otimização do mesmo.

O ar condicionado é definido como o processo de condicionamento de ar com o objetivo de controlar sua temperatura, umidade, pureza e distribuição. Stoecker Jones, (1985). Esses parâmetros variam, têm níveis de importância distintos e alguns devem ser estritamente seguidos de acordo com o local no qual o ar condicionado irá ser instalado. O aumento progressivo na sociedade moderna, assume hoje um carácter essencial para assegurar a vida humana e o bem estar. É um processo tecnológico vital para manter e fomentar a qualidade de vida de uma sociedade moderna altamente industrializada. Nesse contexto, pergunta-se: O sistema de refrigeração da rede de academias Smart Fit é um sistema eficiente?

### 1.1 Justificativa

Tendo em vista o grande consumo da energia elétrica nas unidades Smart Fit, fez-se a necessidade de um estudos detalhado do seu consumo, avaliando os pontos com maior índice de consumo energético, propor soluções para melhoria do sistema e assim tendo um



funcionamento mais eficiente das academias da rede Smart Fit e contribuindo para amenizar a crise energética, ambiental, econômica do país e do mundo.

## **1.2 Objetivo**

Segue abaixo o objetivo geral e os objetivos específicos deste trabalho.

### **1.2.1 Objetivo Geral**

O presente trabalho tem como objetivo geral a análise de sistemas de refrigeração das academias Smart Fit, com ênfase na caracterização e identificação dos pontos com maior índice de consumo energético e sugestões para melhorar o seu dimensionamento/ desempenho.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

Para alcançar o objetivo, foram descritos os seguintes objetivos específicos: identificação dos pontos com maior consumo energético dentro da instalação smart fit, usando dados de várias academias em situações diferentes, analisando o cálculo da carga térmica e propor soluções para melhorá-lo tendo em vista os componentes e tecnologias existentes, assim melhorando o desempenho energético nos sistemas de refrigeração das academias Smart Fit.

## **1.3 Estrutura do trabalho**

O presente trabalho encontra-se dividido em seguintes tópicos: apresentação das considerações iniciais do trabalho e o seu enquadramento para o tema em estudo; fundamentação teórica, aprofundamento do conhecimento sobre o tema sistemas de ar condicionado, cálculo da carga térmica e equipamento utilizados relacionando-os com o ambiente refrigerado; e metodologia usada na pesquisa, para amenizar o consumo energético na sistemas de refrigeração das unidades Smart Fit de forma detalhada; os resultados do trabalho realizado, bem como a análise e mapeamento dos pontos de maior consumo e parâmetros da eficiência para um bom funcionamento dos sistemas levando assim diminuição no consumo energético do sistema; descreve as considerações referente ao presente trabalho.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Na fundamentação teórica, foram descritos de forma detalhada os temas que servirão como base para o desenvolvimento deste trabalho, que são: sistema de refrigeração, componente básico, os ciclos de refrigeração, conforto térmico, carga térmica levando em conta o tipo de sistema de ar condicionado e tipos de equipamentos usado no sistema de refrigeração das unidades Smart Fit.

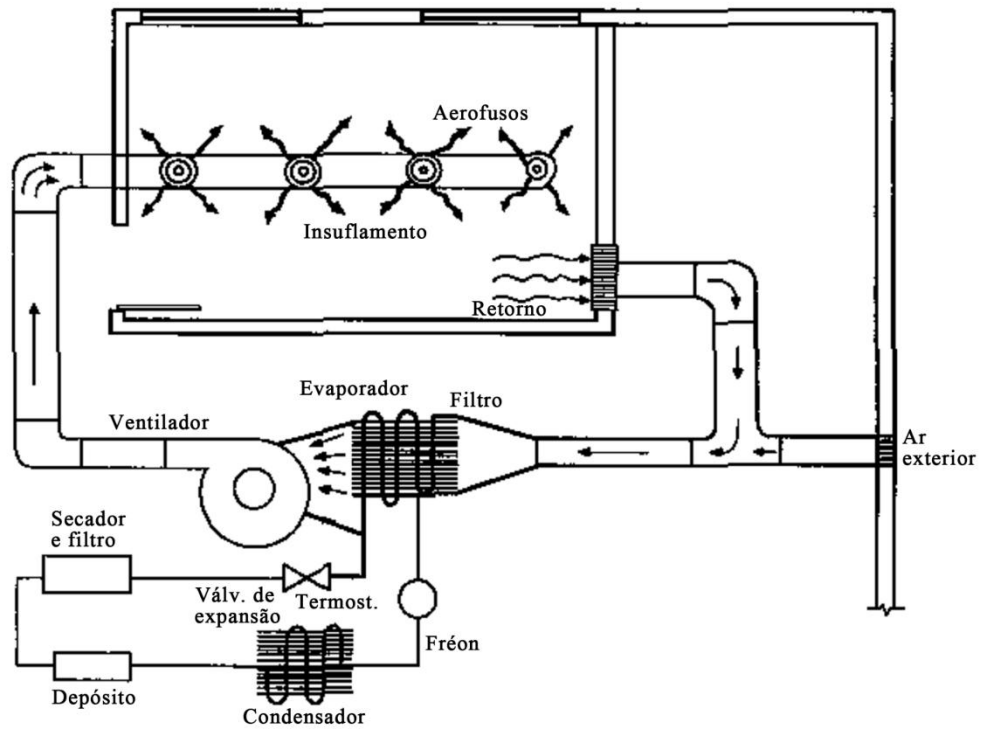
### 2.1 Sistema de refrigeração

A refrigeração é o termo usado quando o ambiente é mantido a uma temperatura mais baixa que a vizinhança. Para que a refrigeração ocorra o equipamento de refrigeração deverá retirar o calor total do ambiente (recinto), (CREDER, 2004).

A tendência do calor é penetrar no recinto por conta da diferença de temperatura, conseqüentemente uma quantidade correspondente de calor deve ser retirada do sistema para manter a sua temperatura interna desejada, (CREDER, 2004). Retirada essa que é feita através do sistema de refrigeração/ciclo de refrigeração. Conforme ilustra a figura 1 abaixo, o autor ainda realça que

Refrigeração e climatização são conceitos que se relacionam com a ideia de conforto térmico. Refrigeração pode ser entendido como um processo de retirada de calor de um ambiente através de um fluido que realiza a troca da energia térmica com outro fluido, sem que haja contato direto entre os dois. Climatização, por outro lado, consiste no tratamento e ajuste da temperatura do ar no determinado ambiente, na qual também pode ser controlado a sua pressão interna, umidade e a nível de purificação do ambiente (STOECKER, 1985, p.15).

**Figura 1** - Sistema de ar condicionado de expansão direta (condensação a ar).



Fonte: Creder, 2004.

Na Figura 1, observa-se o fluxo do funcionamento dos equipamentos que faz com que haja a troca de calor entre os dois ambientes, e segundo Creder (2004), basicamente existem dois tipos de sistemas de ar condicionado: Sistemas de expansão direta por compressão de vapor; Sistemas de expansão indireta.

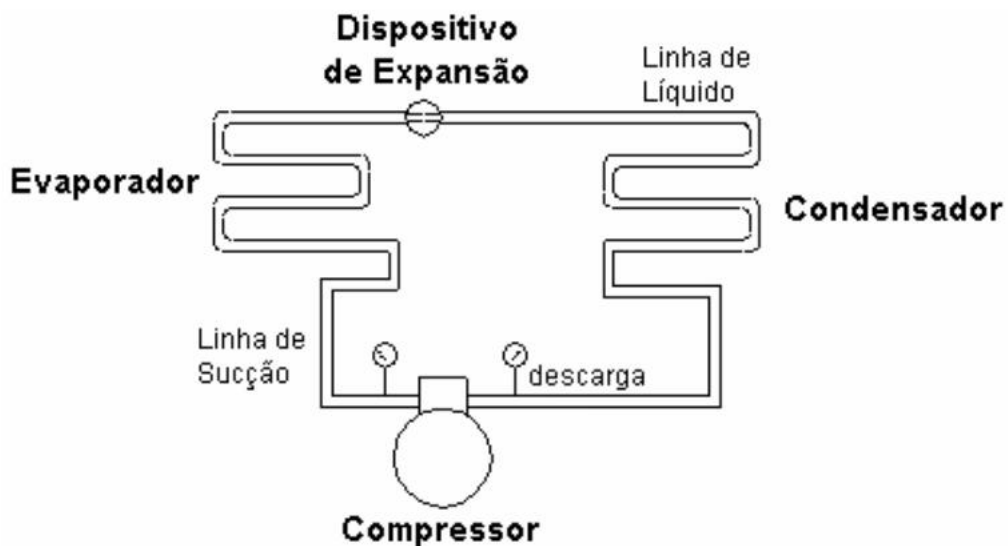
O sistema de compressão de vapor são os mais utilizados no mercado atual para refrigerar determinado ambiente, o projeto executado no resultado segue esse sistema, ela é formada basicamente por quatro componentes: evaporador, compressor, condensador e válvula de expansão.

Esses sistemas reduzem a pressão no trocador de calor, no evaporador, consequentemente diminui a temperatura de mudança de fase do fluido refrigerante. O fluido, por sua vez, muda a fase e absorve o calor do meio que se deseja refrigerar, enquanto os outros componentes presentes no sistema operam de forma a transferir mecanicamente o calor absorvido para o ambiente externo (STOECKER, 1985).

## 2.2 Componentes básicos de refrigeração

Um sistema de refrigeração tem em sua constituição básica, conforme a figura 2, os seguintes componentes: compressor, evaporador, dispositivo de expansão e condensador (SANTOS, 2017).

**Figura 2** - Componentes básicos de um sistema de refrigeração



Fonte: Santos, 2007

### 2.2.1 Compressor

Compressor é um dispositivo do sistema de refrigeração que tem como função aumentar a pressão do fluido refrigerante e promover a circulação desse fluido no sistema. Os principais compressores utilizados são do tipo: alternativo, centrífugo, parafuso, palhetas e scroll (ALVES, 2007).

Para Stoecker (1985), o compressor é o coração do sistema de compressão a vapor. O compressor alternativo consiste de um êmbolo movendo-se alternadamente no interior de cilindro, com as válvulas de aspiração e descarga dispostas convenientemente para permitir a compressão. Os tipos restantes usam elementos rotativos, sendo que o de parafuso e o de palhetas são máquinas de deslocamento positivo e o tipo centrífugo opera sob a ação de forças centrífugas. O compressor, através da conversão de pressão dinâmica em pressão estática,

aumenta a pressão do vapor de fluido refrigerante, sendo o único tipo dessa classificação o centrífugo.

Quanto à concepção de construção, os compressores podem ser classificados como: herméticos, semi-herméticos e abertos. Os herméticos, o compressor e o motor ficam no interior da carcaça, tendo apenas para acesso de entrada e saída as conexões elétricas do motor. Os semi-herméticos, além da característica dos herméticos, também é possível ter acesso às válvulas e aos pistões, através da remoção do cabeçote. E os abertos, o acionamento é dado por um motor externo, através do eixo (ALVES, 2007).

### 2.2.2 Evaporador

O evaporador é um dos componentes principais de um sistema de refrigeração, e tem a finalidade de extrair calor do meio a ser resfriado, isto é, extrair calor do ar, água ou outras substâncias. É a parte do sistema de refrigeração onde o fluido refrigerante sofre uma mudança de estado, saindo da fase líquida para a fase gasosa (FERRAZ, 2008).

Embora o evaporador seja às vezes um dispositivo muito simples, ele é realmente a parte mais importante do sistema. Qualquer sistema de refrigeração é projetado, instalado e operado com o único fim de retirar calor de alguma substância. Como esse calor tem que ser absorvido pelo evaporador, a eficiência do sistema depende do projeto e da sua operação. A eficiência do evaporador em um sistema de refrigeração depende de três principais requisitos, que devem ser considerados no projeto e na sua seleção: Ter uma superfície suficiente para absorver a carga de calor necessária, sem uma diferença excessiva de temperatura entre o refrigerante e a substância a resfriar; Deve apresentar espaço suficiente para o refrigerante líquido e também espaço adequado para que o vapor do refrigerante se separe do líquido; Ter espaço suficiente para a circulação do refrigerante sem queda de pressão excessiva entre a entrada e a saída. Nesse sentido, Ferraz (2008) afirma,

Quanto ao seu sistema de alimentação, os evaporadores podem ser classificados em evaporadores secos e inundados. Evaporadores secos (ou de expansão direta), nestes evaporadores o refrigerante entra no evaporador, de forma intermitente, através de uma válvula de expansão, geralmente do tipo termostática, sendo completamente vaporizado e superaquecido ao ganhar calor em seu escoamento pelo interior dos tubos, já nos evaporadores inundados, o líquido, após ser admitido por uma válvula de expansão do tipo bóia, escoar através dos tubos da serpentina, removendo calor do meio a ser resfriado (FERRAZ, 2008, p. 37).

### 2.2.3 Dispositivo de expansão

Em um sistema de refrigeração, o dispositivo de expansão tem a função de reduzir a pressão do refrigerante desde a pressão de condensação até a pressão de vaporização. Ao mesmo tempo, este dispositivo deve regular a vazão de refrigerante que chega ao evaporador, de modo a satisfazer a carga térmica aplicada ao mesmo (FERRAZ, 2008).

Os principais tipos de dispositivos de expansão são: válvula de expansão termostática, válvulas de expansão eletrônicas, válvulas de bóia, válvula de expansão de pressão constante e tubos capilares. Estas válvulas são mais utilizadas em centrais frigoríficas, trabalhando simultaneamente para câmaras frigoríficas positivas e climatizações, de forma a controlar e equilibrar as diferentes pressões resultantes dos dois casos (LOUREIRO, 2015).

### 2.2.4 Condensador

Os condensadores são equipamentos destinados ao desaquecimento, condensação e sub-resfriamento de gases refrigerantes em sistemas de refrigeração. Provenientes das descargas dos compressores dos sistemas de alta (ALVES, 2007).

A representação precisa do comportamento de um condensador pode ser complexa, porque o vapor de fluido frigorífico entra no condensador superaquecido e, quando atinge o início da condensação, após o início de resfriamento, a fração de líquido e de vapor no escoamento varia ao longo do condensador até sair completamente no estado líquido, envolvendo os condensadores dos tipos, resfriados a ar, resfriados a água, duplo tubo, carcaça e serpentina (*Shell and Coil*), carcaça e tubo (*Shell and tube*), de placa e evaporativos (ALVES, 2007).

Para Loureiro (2015), os tipos de condensadores mais usados atualmente, em sistemas de refrigeração comerciais e industriais, são os condensadores arrefecidos a ar, a água, e condensadores evaporativos.

## 2.3 Carga térmica

Consoante Creder (2004), a carga térmica é a quantidade de calor sensível e latente, geralmente expressa em Btu/h, kcal/h ou W, que deve ser retirada ou colocada no recinto a fim de proporcionar as condições desejadas. Geralmente esse calor é introduzido no

interior do recinto pela insolação, transmissão de calor, equipamentos, ocupantes, iluminação, ar de renovação e infiltração de ar externo.

Se submetido à atividade física intensa, o corpo humano pode emitir até cinco vezes mais calor do que em repouso, ou seja, varia se a pessoa está em repouso ou em atividade. Deste modo, todo ser humano emite calor latente e calor sensível, e através da NBR 6401, são obtidos os valores de cada calor liberado por pessoa consoante a temperatura e a atividade, conforme apresentadas na tabela 1. Tal processo pode ser explicado pela atuação, sobre metabolismo, do mecanismo termostático que mantém a temperatura do corpo aproximadamente constante, embora variem as condições externas (CREDER, 2004).

**Tabela 1** - Calor liberado por pessoas (kcal/h).

| Local                                       | Metabolismo<br><br>Homem<br>adulto | Metabolismo<br><br>Média <sup>(A)</sup> | TBS |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|---|------------------------------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|   |                                    |   | 28  |     | 27  |     | 26  |     | 24  |     | 21  |     |
|   |                                    |   | S   | L   | S   | L   | S   | L   | S   | L   | S   | L   |
| Teatro, escola primária                     | 98                                 | 88                                      | 44  | 44  | 49  | 39  | 53  | 35  | 58  | 30  | 65  | 23  |
| Escola secundária                           | 113                                | 100                                     | 45  | 55  | 48  | 52  | 54  | 46  | 60  | 40  | 68  | 32  |
| Escl., hotéis, apartamentos,<br>Univ.       | 120                                | 113                                     | 45  | 68  | 50  | 63  | 54  | 59  | 61  | 52  | 71  | 42  |
| Supermercados varejistas, lojas             | 139                                |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| Farmácias, drogas                           | 139                                | 126                                     | 45  | 81  | 50  | 76  | 55  | 71  | 64  | 62  | 73  | 53  |
| Bancos                                      | 139                                |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| Restaurante <sup>(B)</sup>                  | 126                                | 139                                     | 48  | 91  | 55  | 84  | 61  | 78  | 71  | 68  | 81  | 58  |
| Fábrica, trabalho leve                      | 202                                | 189                                     | 48  | 141 | 55  | 134 | 62  | 127 | 74  | 115 | 92  | 97  |
| Salão de baile                              | 227                                | 214                                     | 55  | 159 | 62  | 152 | 69  | 145 | 82  | 132 | 101 | 113 |
| Fábrica, trabalho<br>moderadamente pesado   | 252                                | 252                                     | 68  | 184 | 76  | 176 | 83  | 169 | 96  | 156 | 116 | 136 |
| Boliches, fábricas, ginásios <sup>(C)</sup> | 378                                | 365                                     | 113 | 252 | 117 | 248 | 122 | 243 | 132 | 233 | 152 | 213 |

Fonte: Adaptado de Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1980.

Conhecida a carga térmica devida a condução, insolação, dutos, pessoas, equipamentos, infiltração e ventilação, e adicionando-os, temos o somatório de calor sensível e calor latente a retirar (ou introduzir) do recinto para obter as condições de conforto desejadas. Somando ambos, tem-se o calor total. Como medida de segurança, para atender às penetrações eventuais de calor no recinto, acrescentamos mais 10% aos cálculos. Normalmente desejamos o resultado em toneladas de refrigeração, por isso dividimos por 12.000 o total de BTU/h, por 3,52 o total de kW ou por 3.024 kcal/h o total de kcal/h (CREDER, 2004).

## **2.4 Conforto Térmico**

A ABNT NBR 16401-2:2008 é a norma técnica em vigor no Brasil referente às instalações de ar-condicionado, que trata dos parâmetros de conforto térmico. Os parâmetros estipulados na norma são de pelo menos 80 % das pessoas presentes em um recinto, no qual o nível de atividade física seja homogêneo, possam expressar contentamento quanto ao conforto térmico. Além disso, os parâmetros que podem afetar as condições de conforto térmico são a temperatura operativa, a velocidade do ar e a umidade relativa do ar no ambiente.

Segundo Meneses (2005), o conforto térmico é a sensação de bem estar revelada por uma pessoa em um grupo de pessoas, com relação às condições do ambiente térmico. Parâmetros indicadores da sensação de conforto térmico, temperatura do bulbo seco e úmido.

O ábaco de conforto para verão e inverno apresentado na figura 3, dá uma indicação das temperaturas e umidades relativas para o projeto. Esse ábaco foi obtido após ensaios feitos com pessoas vestidas com roupa comum e submetidas a várias condições de temperatura, umidade relativa e movimento do ar, anotando-se as reações em face das diversas condições (CREDER, 2005).





Pelo ábaco do conforto, verifica-se que 98% das pessoas sentiram maior conforto no verão com a temperatura efetiva de 21.6 °C, e que 97% das pessoas no inverno sentiram maior conforto com 18°C, ambas com umidades relativas entre 70 e 30% e movimento de ar ou turbulência entre 15 e 25 pés por minuto (4,5 a 7,5 m/min). Em sistemas de ar condicionado para o conforto de pessoas, deve-se levar em conta o tempo de permanência no recinto (CREDER, 2005).

## **2.5 Medidas de Eficiência Energética**

Para determinar a eficiência energética e as estratégias para o melhor funcionamento das instalações frigorígenas, deve-se examinar todos os processos considerando o uso de energias, as medidas de eficiência energética e desempenho assim reduzindo o uso seu global e seus custos de operação, considerando a melhoria no isolamento dos ambientes refrigerados, instalação de portas rápidas, alteração do tipo de iluminação, instalação de controladores de velocidade, sistemas de controlo integrados e instalação de equipamentos mais eficientes. É essencial o uso de controladores de sistemas de refrigeração, pois ele desempenha um papel fundamental na eficiência de operação dos sistemas de refrigeração e suas instalações (LOUREIRO, 2015).

### **2.5.1 Análise de Sistemas e Medidas de Eficiência**

Na análise do sistemas de refrigeração, em relação a condições de operação, utilização, conservação e manutenção, de forma a ter um funcionamento eficiente do sistema devem ser levados em consideração alguns tópicos que levam a uma redução de perdas energéticas e conseqüentemente aumento de eficiência do sistema, dentre as análise de sistemas destacam, os variadores de velocidade, trabalho cíclico, sistema de automação dos componentes, Sistemas de Controle Distribuídos ( Distributed Control Systems - DCS), sistema de controle supervisionado e de aquisição de dados ( supervised control and data acquisition - SCADA) melhorando assim o seu desempenho (LOUREIRO, 2015).

Os Sistemas de Controle Distribuídos são, sistemas mais complexos que consistem em múltiplos elementos de controle direto, resultando em aplicação de dados em tempo real, sendo um controlador industrial sem intervenção humana, tais como, sistemas de

controle supervisionado e de aquisição de dados SCADA, sistemas de medida e controle que reúnam dados em tempo real de localizações remotas e controlam equipamento suas condições de operação (LOUREIRO, 2015).

O sistema SCADA que pode incluir Unidades Terminais Remotas (*Remote Terminal Units* - RTUs), Controladores Lógicos Programáveis (*Programmable Logic Controllers* - PLCs) e controles lógicos de Derivações Integrais Proporcionais (*Proportional Integral Derivations* - PIDs). A sua tecnologia engloba redes de controle e comunicação que permitem o controle do sistema. RTUs são microprocessadores que armazenam dados de sensores e os comunicam ao SCADA, facilitando assim que o sistema adquira e processa essa informação, emite alarmes e controla ou permite que um supervisor controle o equipamento. Os PLCs recebem as instruções, tomam decisões lógicas e se comunicam com o equipamento para executar instruções, esse tipo de sistema mais usado em instalações de refrigeração é o DCS. A maioria das instalações tem um sistema centralizado limitado, usado principalmente para guardar os dados monitorizados e parâmetros de controle, como temperaturas de set-point, assim permitindo o bom funcionamento dos compressores (LOUREIRO, 2015).

Os compressores são responsáveis por cerca de 80%, da carga energética total de um sistema de refrigeração, tornando crucial a existência de controladores eficientes, para facilitar a gestão das cargas. Um método primário de ajustar a capacidade de refrigeração é ligar, desligar e descarregar compressores. Controladores avançados incluem um controle automático de pressão que define uma ótima pressão de sucção dos compressores para as condições de operação. O uso de controladores computadorizados assiste na sequência apropriada do compressor, para funcionar mais eficientemente para cargas específicas. Os compressores, ainda, podem ser controlados mais eficientemente, aplicando se controle de capacidade, ou inversores de frequência, que ajustam a velocidade de rotação do motor do compressor para o ponto mais eficiente para uma determinada carga de refrigeração necessária (CREDER, 2005).

De acordo com Loureiro (2015), para manter o controle de capacidade, os motoventiladores podem ser controlados utilizando controladores de duas velocidades ou tecnologia de velocidade variável. Controladores cíclicos de duas velocidades e de velocidade variável podem reduzir de 25-50% a energia elétrica consumida. Colocando os ventiladores do condensador a trabalhar a velocidades mais baixas, toda a área das serpentinas é usada, o que permite uma operação mais eficiente que o habitual modo de ligar/desligar.

Motoventiladores de velocidade variável permitem aos condensadores operar a capacidade reduzida. Nos evaporadores a tecnologia de velocidade variável, para os ventiladores, permite um controle mais estável da temperatura do sistema. O controle por velocidade variável provoca menores perdas de calor, que reduz as cargas dos compressores e condensadores. Tal como a tecnologia de variação de velocidade nos compressores, a redução da velocidade dos ventiladores dos evaporadores reduz a energia necessária durante a necessidade de um evento de resposta.

## 2.6 Desempenho do Sistema

Para o sistema de refrigeração, os parâmetros Coeficiente de Performance (COP) e o Índice de Eficiência de Energia (EER) são os mais importantes para análise de eficiência energética (GARCIA, 2020).

O COP é a sigla de Coefficient of Performance, em português Coeficiente de Performance, e é definido como a razão entre o efeito desejado (refrigeração) e a entrada necessária, ou seja, para remover o calor (Q) do espaço refrigerado a realização de trabalho (W) faz se necessário (ÇENGEL e BOLES, 2013).

$$COP = \frac{\text{Efeito desejado}}{\text{Entrada necessária}} = \frac{Q_c}{W}$$

Nas palavras de Santos (2007), o coeficiente de performance pode ser entendido, em outras palavras, como uma relação de custo x benefício e quanto maior for, menos trabalho será preciso para uma dada capacidade de refrigeração, que para Medeiros e Barbosa (2009), é um parâmetro fundamental na análise de sistemas de refrigeração e é usado para medir a eficiência de um ciclo de refrigeração a vapor.

O ciclo de Carnot reverso é o ciclo de refrigeração mais eficiente entre dois reservatórios térmicos. É possível aumentar o valor de COP no ciclo de Carnot através da diminuição da temperatura  $T_h$  e através da elevação da temperatura  $T_c$ . Porém na prática existe um limite para essa modificação de temperatura em respeito a segunda lei da termodinâmica (SANTOS, 2007).

O EER é a sigla de Energy Efficiency Ratio, em português Índice de Eficiência de Energia, é definida como a capacidade de resfriamento em BTU's por unidade de energia

elétrica consumida, ou seja, a razão entre a capacidade de refrigeração e a potência elétrica (SCARPIN, 2018).

$$\text{EER} = \text{Energia de Resfriamento (BTU/h) / Energia Elétrica (W)}$$

O uso do Índice de Eficiência de Energia facilita a comparação de desempenho em diferentes mercados e regiões.

### **3 METODOLOGIA**

Nesta seção, é definido o enquadramento metodológico, assim como as áreas estudadas, tratamento e análise de dados. A partir dos materiais e métodos utilizados foi traçado um fluxograma com as etapas do trabalho, em seguida definem-se as variáveis e indicadores. Por fim, tabulação de dados do trabalho e métodos de eficiência.

#### **3.1 Enquadramento metodológico**

Como aponta Enzi & Lincoln (2006), a pesquisa qualitativa envolve o estudo do uso e a coleta de uma variedade de materiais empíricos – estudo de casos; experiência pessoal, introspecção entre outros. Pesquisadores nessa área utilizam uma ampla variedade de práticas interpretativas interligadas na esperança de sempre conseguirem compreender melhor o assunto que está ao seu alcance.

De acordo com Gil (2002), o estudo de caso é caracterizado quando a pesquisa envolve o estudo aprofundado e exaustivo de alguns poucos objetivos de forma que se permita o seu amplo e detalhado conhecimento, enquanto que Silva e Menezes (2004), cita que o estudo de caso trata do detalhamento para avaliação dos objetivos.

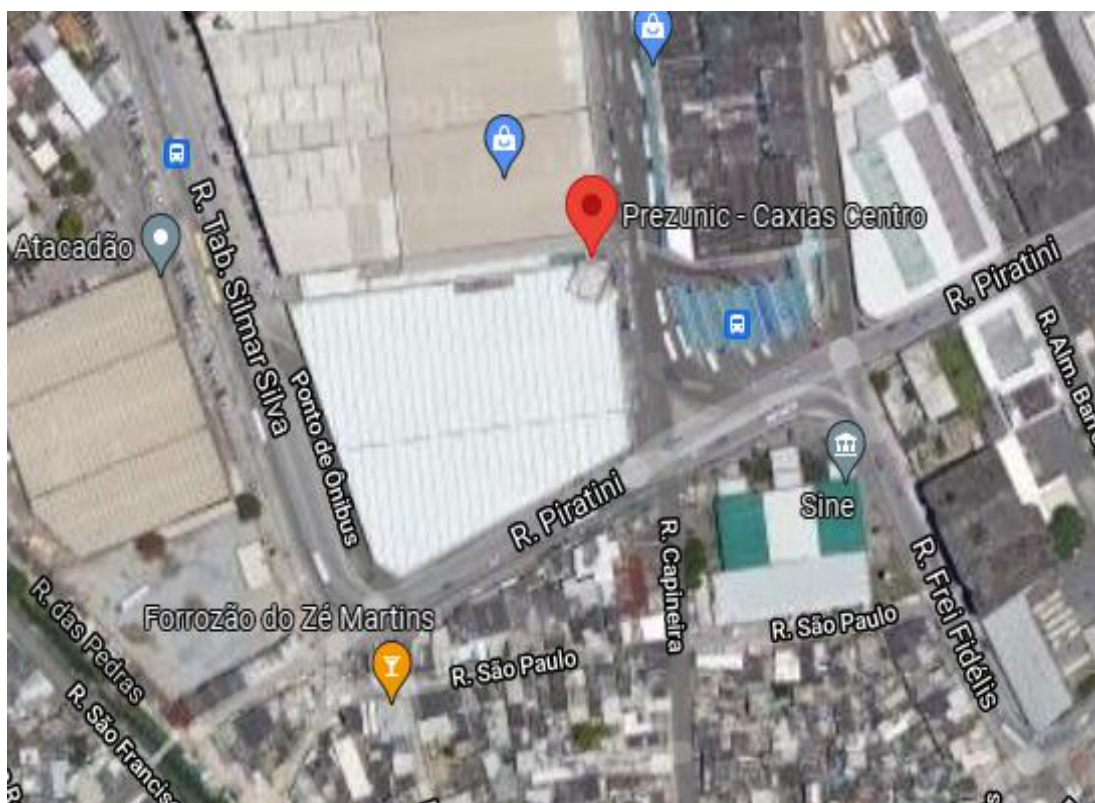
Os métodos quantitativos têm o objetivo de mostrar dados, indicadores e tendências observáveis, ou produzir modelos teóricos com aplicabilidade prática. Suas investigações evidenciam a regularidade dos fenômenos, Minayo (2008).

A proposição do problema e objetivos específicos, define-se a natureza dessa pesquisa como qualitativa, quantitativa e estudo de caso. Esse trabalho tem o objetivo classificado como exploratório em que será analisado o problema e para o mesmo serão propostas soluções e melhorias com estudo caso das Academias Smart Fit, que tem como público alvo todas as cidade-estado do país.

#### **3.2 Áreas estudadas**

As academias Smart Fit encontram-se em vários pontos do país, usando estratégias de localização que facilitam a interação entre ele e o seu público alvo. Na figura 4, apresenta a localização de uma das dez academias em estudo nesta pesquisa.

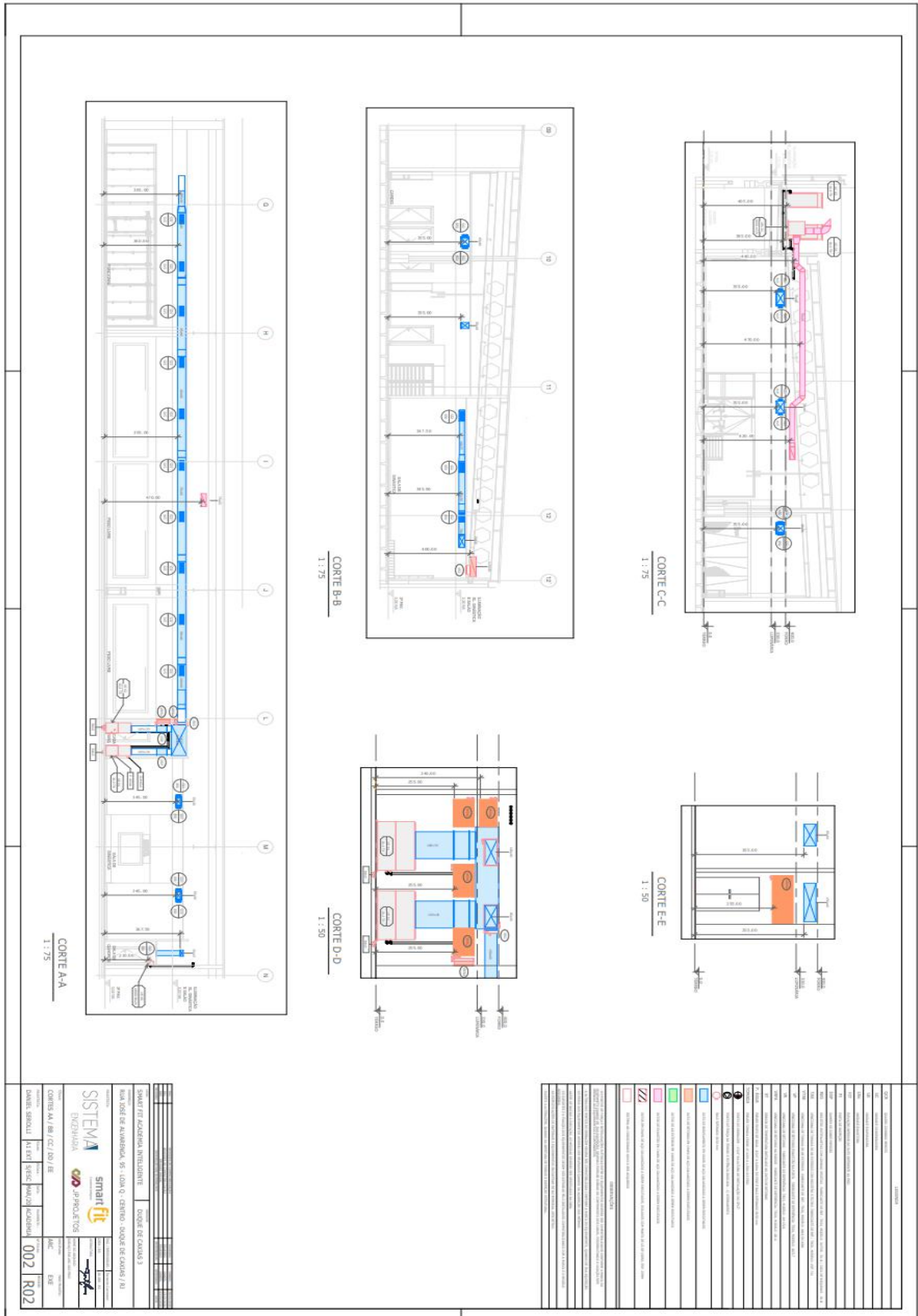
**Figura 4** - Orientação geográfica Smart Fit Duque de Caxias - RJ



Fonte: Google Maps

A área do local é calculada a partir do memorial descritivo e planta baixa do edifício disponível no projeto feito por SISTEMA ENGENHARIA, responsável pelo sistema de ar condicionado das academias Smart Fit apresentado na figura 5 dos cortes e de forma detalhado no anexo 1.

Figura 5 - CORTES AA / BB / CC / DD / EE



Fonte: SISTEMA ENGENHARIA, 2020.



Com os dados levando do memorial descritivo, as dimensões e variáveis necessárias utilizados para cálculos das áreas e número de ocupantes especificados obtidas no projeto executivo fez-se a tabulação para definir a carga térmica e identificação dos pontos que são necessários uma vazão maior de refrigeração. A tabela 2 apresenta os dados que permitirão através do programa Arcmap, os cálculos das condições internas necessárias para atender o padrão da figura 5 de unidades Smart Fit junto aos dados térmicos externos extraído do projeto executivo.

**Tabela 2 - Fontes Internas de Calor / Vazão de Renovação do Ar Interno**

| <b>Ambiente</b> | <b>Ocupação (pessoa)</b> | <b>Dissipação Pessoas (sen.+lat) (W)</b> | <b>Dissipação Iluminação (W/m<sup>2</sup>)</b> | <b>Dissipação Equipamento (W)</b> | <b>Renovação de Ar (1/s/p +1/s/m<sup>2</sup>)</b> |
|-----------------|--------------------------|--|--|-----------------------------------|---|
| Recepção        | 2                        | 75 + 55                                  | 10   | 340                               | 2,5 + 0,3   |
| Funcional       | 16                       | 210 + 315                                | 20   | 300                               | 5 + 0,6   |
| Peso Livre      | 41                       | 210 + 315                                | 20   | 300                               | 5 + 0,6   |
| Musculação      | 60                       | 210 + 315                                | 20   | 300                               | 5 + 0,6   |
| Alongamento     | 5                        | 210 + 315                                | 20   | 0                                 | 10 + 0,3  |
| Cardio          | 48                       | 210 + 315                                | 20   | 10.800                            | 10 + 0,3  |
| Apoio           | 0                        | -  | 16   | 200                               | 2,5 + 0,3   |
| Gerência        | 3                        | 75 + 55                                  | 16   | 500                               | 2,5 + 0,3   |
| Colaboradores   | 3                        | 75 + 55                                  | 16   | 500                               | 2,5 + 0,3   |
| SPA             | 4                        | 75 + 55                                  | 20   | 800                               | 5 + 0,3   |
| Sala Quadros    | 0                        | -  | 16   | 1.000                             | 2,5 + 0,3   |
| CPD             | 0                        | -  | 16   | 1.200                             | 2,5 + 0,3   |
| Sala Ginástica  | 28                       | 210 + 315                                | 20   | 300                               | 10 + 0,3  |

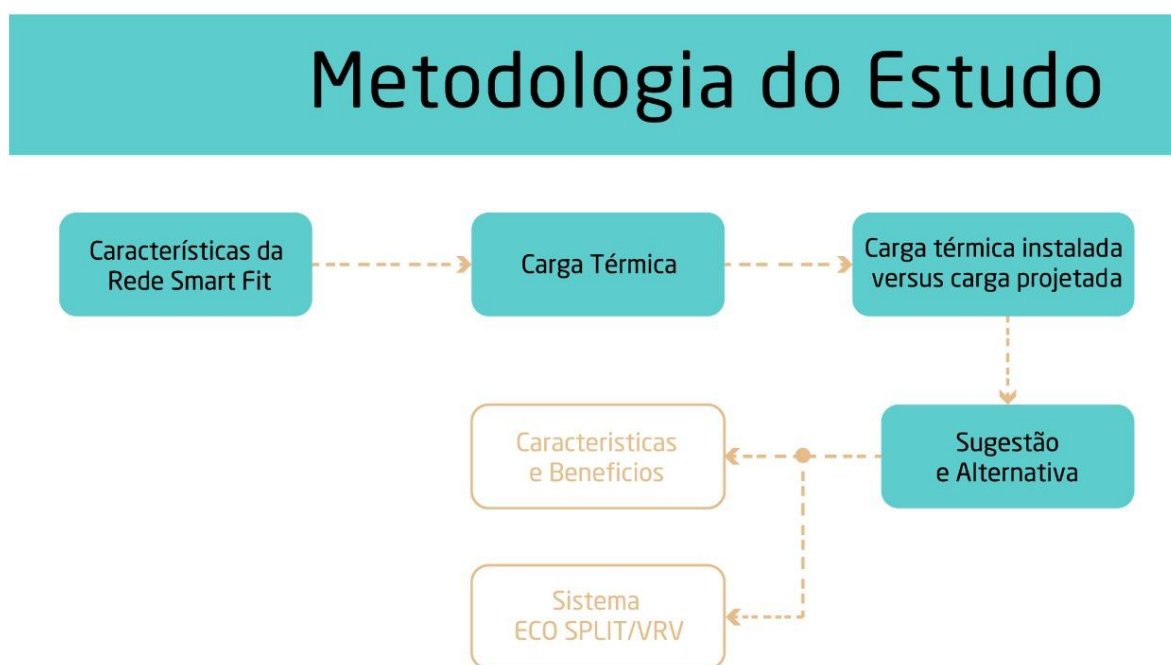
Fonte: Projeto executivo (RJIDUQ3-EXE-ARC-MDE-PROJ-R02), Smart Fit Duque

Conforme o projeto executivo os ambientes refrigerados são: recepção, funcional, peso livre, musculação, alongamento, cárdio, apoio, gerência, colaboradores, SPA, sala ginástica, sala quadros, CPD.

O ambiente CPD, Centro de Processamento de Dados, é climatizado 24 horas por dia, através de dois sistemas, sendo que durante o horário comercial é atendido através do sistema central, nas demais horas através de uma unidade de pequena capacidade (evaporador high-wall), pois essa unidade tem que ser refrigerado 24h devido ao equipamento de proteção e segurança.

Na figura 6, tem-se a sequência do trabalho iniciando com metodologia do estudo da carga térmica com a finalidade de obter dados das características do ambiente que esses sistemas buscam controlar, se destacando a temperatura. Em seguida, o trabalho é direcionado para uma ocasião mais específica, dos cálculos, assim propondo melhorias do sistema para chegar ao estudo de caso do trabalho, apresentado assim um sistema mais eficiente da unidade Smart Fit.

**Figura 6** - Fluxograma esquemático da metodologia



Fonte: Elaborado pelo autor.

### 3.3 Tratamento e Análise de Dados

Os dados utilizados neste trabalho foram extraídos de projetos concedidos durante o estágio na empresa Andrade Climatização, Elétrica e Manutenções, onde foram selecionados 10 projetos das unidades que compõem a rede Smart Fit em diferentes estados, para melhor analisar o sistema de refrigeração, para alcançar o objetivo final da análise dos

pontos em que necessita de uma demanda maior da carga térmica, assim propondo uma forma de melhoria desse ponto.

As informações foram extraídas dos projetos executivos de cada unidade, que posteriormente foram tratados no Excel, um editor de planilha da Microsoft, a fim de análise e apresentação dos resultados, permitindo melhor agrupamento dos cálculos e informações coletadas.

## **4 RESULTADO E DISCUSSÃO**

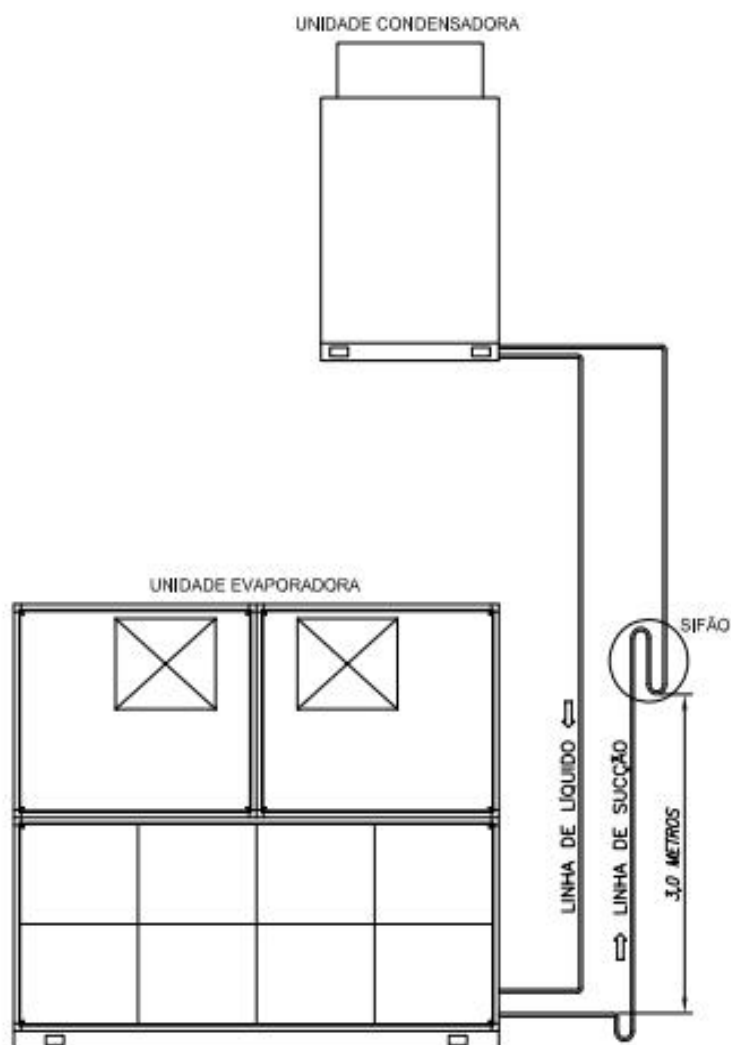
Nesta seção, estão contidos os resultados e discussões dos dados das dez (10) unidades da rede smart fit em estudo, sendo delimitado as suas características, avaliações dos cálculos apresentado do sistemas e, por fim, sugestões e alternativa para um funcionamento mais eficiente do sistema de refrigeração das unidades em estudo.

### **4.1 Características da Rede Smart Fit**

Referente aos projetos de instalação das unidades Smart Fit e de acordo com a regra da ABNT NBR 16401-1 de 2008 que estabelece os parâmetros básicos e os requisitos mínimos de projeto para sistemas de ar-condicionado centrais e unitários, ambos os conceitos de refrigeração e climatização mencionados no referencial teórico estão em conformidade com sistema de condicionamento do ar, tendo em vista, garantir o conforto térmico de determinado ambiente bem como ter um controle da sua umidade e pureza de ar do ambiente refrigerado tudo isso feito ao mesmo tempo.

O sistema de ar condicionado da rede Smart Fit é do tipo expansão direta com condensação a ar e vazão de fluido refrigerante fixa, usando centrais Ecosplit, onde o sistema é dividido em duas partes, uma externa (condensadora) e outra interna (evaporadora), como ilustra a figura 7, com capacidade entre 10-20TR, fabricado pela Carrier, interligada pela tubulação de cobre com comprimento máximo equivalente entre 61-84m, com diâmetro mínimo entre 41,23 (1.5/8) a 47,63 (1.7/8) para a linha de sucção e 15,88 (5/8) para a linha de líquido, indicado pelo fabricante conservando a eficiência do equipamento, insuflando o ar condicionado diretamente, adotando sistema de duto para a distribuição apresentado nas figuras 8 e 9, assim refrigerando os ambientes pretendido.

**Figura 7** - Interligação frigorífica da unidade evaporadora/condensadora

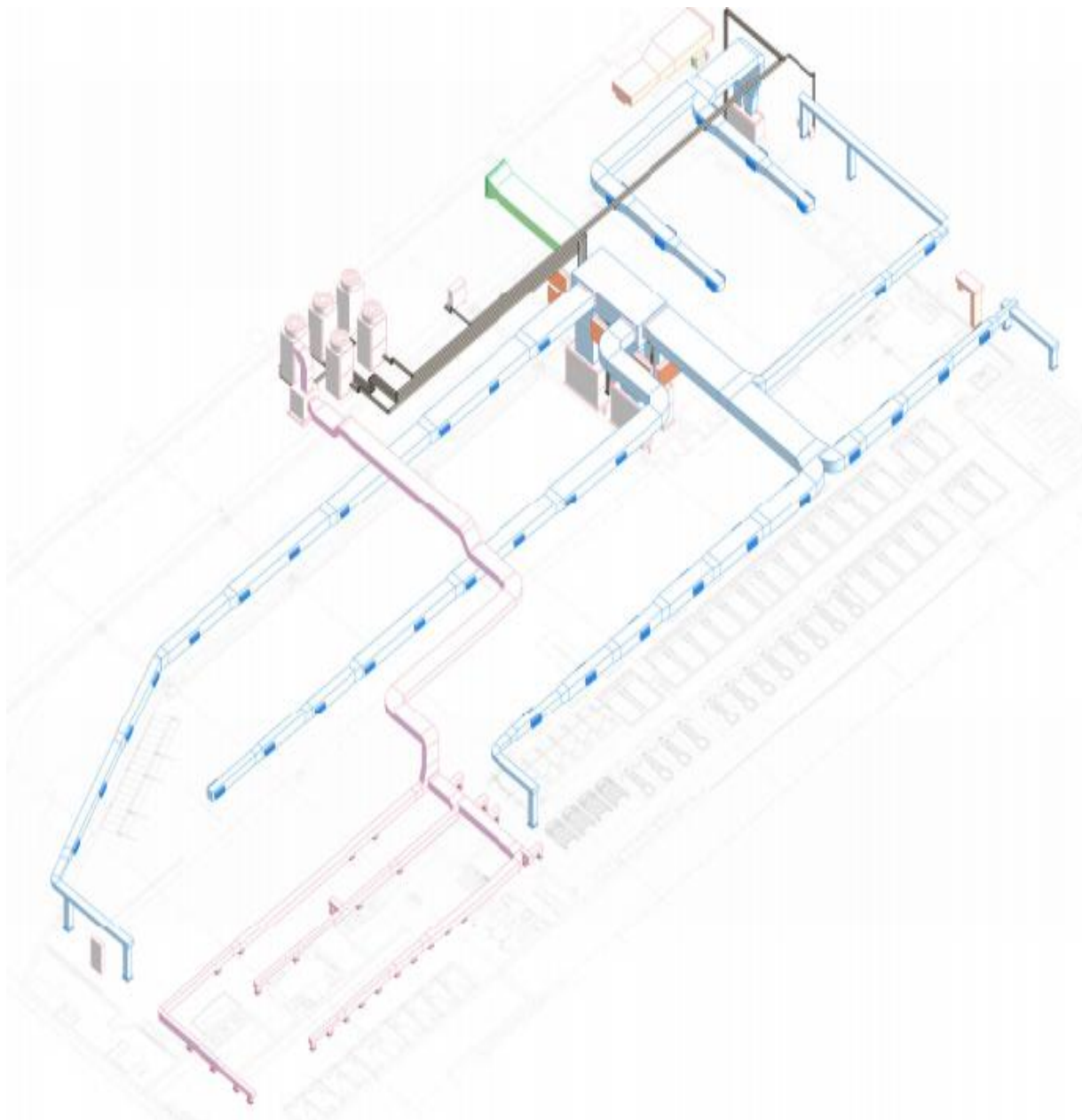


Fonte: Projeto executivo detalhes (RJIDUQ3-EXE-ARC-004-PROJ-R02), Smart Fit Duque.

A figuras 8 apresentam o sistema de dutos e distribuição de ar nos ambientes que se pretende refrigerar adotado pela rede Smart Fit, apresentando desde área técnica distribuição de insuflamento, retorno, ar-externo, incluindo demonstração dos fechamentos das unidades evaporadora na área técnica interna.



**Figura 9** - Vista 3D da refrigeração Smart Fit Duque Caxias.



Fonte: Projeto executivo (RJIDUQ3-EXE-ARC-003-PROJ-R02), Smart Fit Duque.

## 4.2 Carga Térmica

Para obtenção dos resultados do cálculo da carga térmica foram tabulados dados existentes no projeto da climatização das 10 unidades já citadas da rede Smart Fit levando em consideração as características do ambiente a ser condicionado, fontes internas e externa de calor, vazão de renovação do ar interno, parede externas, vidros e cobertura, conforme as tabelas 3 e 4.

**Tabela 3** - As variáveis consideradas no cálculo da carga térmica das 10 unidades

| UNIDADES     |                 | DISSIPACÃO PESSOAS<br>(sens. + lat.)<br>(W) | DISSIPACÃO ILUMINAÇÃO<br>(W/m <sup>2</sup> ) | DISSIPACÃO EQUIPAMENTOS<br>(W) | RENOVAÇÃO DE AR<br>(l/s/p + l/s/m <sup>2</sup> ) |
|--------------|-----------------|---|--|--------------------------------|--|
| 1            | DIONÍSIO TORRES | 1560 + 2110                                 | 220  | 16540                          | 65 + 4,8   |
| 2            | ATAKAREJO BA    | 1635 + 2165                                 | 214  | 16540                          | 60 + 4,8   |
| 3            | DUQUEDE CAXIAS  | 1560 + 2110                                 | 230  | 16540                          | 65 + 4,8   |
| 4            | PAVUNA          | 1560 + 2110                                 | 228  | 18833                          | 67,5 + 5,1                                       |
| 5            | CAMPO GRANDE    | 2055 + 2795                                 | 272  | 17440                          | 72,5 + 5,4                                       |
| 6            | CIDADE DE DEUS  | 1635 + 2165                                 | 234  | 16940                          | 60 + 4,8   |
| 7            | OLIVEIRA PAIVA  | 1770 + 2425                                 | 232  | 16840                          | 57,2 + 3,6                                       |
| 8            | PONTA VERDE     | 1710 + 2220                                 | 228  | 16840                          | 70 + 4,5   |
| 9            | PARNAIBA        | 1520 + 2110                                 | 226  | 16540                          | 125 + 5,4  |
| 10           | MINAS GERAIS    | 1770 + 2425                                 | 250  | 16540                          | 70 + 5,4   |
| <b>TOTAL</b> |                 | -   | <b>2334</b>                                  | <b>169593</b>                  | -  |

Fonte: Adaptado do projeto

**Tabela 4** - As variáveis considerado no cálculo da carga térmica das 10 unidades

| UNIDADES     |                 | COBERTURA                           | PAREDE EXTERNA                      | OCUPAÇÃO<br>(Pessoas) |
|--------------|-----------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------|
|              |                 | Coef.<br>Global(W/m <sup>2</sup> K) | Coef.<br>Global(W/m <sup>2</sup> K) |                       |
| 1            | Dionísio Torres | 2,39                                | 1,98                                | 286                   |
| 2            | Atakarejo Ba    | 2,39                                | 1,98                                | 188                   |
| 3            | Duque de Caxias | 2,39                                | 1,98                                | 213                   |
| 4            | Pavuna          | 2,39                                | 1,98                                | 255                   |
| 5            | Campo Grande    | 2,39                                | 1,98                                | 244                   |
| 6            | Cidade De Deus  | 2,39                                | 1,98                                | 241                   |
| 7            | Oliveira Paiva  | 2,39                                | 1,98                                | 206                   |
| 8            | Ponta Verde     | 2,39                                | 1,98                                | 203                   |
| 9            | Parnaíba        | 2,39                                | 1,98                                | 204                   |
| 10           | Minas Gerais    | 2,39                                | 1,98                                | 437                   |
| <b>TOTAL</b> |                 | <b>23,9</b>                         | <b>19,8</b>                         | <b>2477</b>           |

Fonte: Adaptado do projeto

**Tabela 5** - Condições ambientais considerado no cálculo da carga térmica das 10 unidades

| UNIDADES |                 | CONDIÇÕES AMBIENTAIS |      |              |
|----------|-----------------|----------------------|------|--------------|
|          |                 | Externas(°C)         |      | Internas(°C) |
|          |                 | TBS                  | TBU  |              |
| 1        | Dionísio Torres | 32,2                 | 25,3 | 23,0 + - 1,0 |
| 2        | Atakarejo Ba    | 32,2                 | 25,3 | 22,0 + - 1,0 |
| 3        | Duque de Caxias | 38,1                 | 25,6 | 22,0 + - 1,0 |
| 4        | Pavuna          | 38,1                 | 25,6 | 22,0 + - 1,0 |



|              |                |              |              |              |
|--------------|----------------|--------------|--------------|--------------|
| 5            | Campo Grande   | 38,9         | 26,1         | 22,0 + - 1,0 |
| 6            | Cidade De Deus | 38,9         | 20,1         | 23,0 + - 1,0 |
| 7            | Oliveira Paiva | 32,2         | 25,3         | 23,0 + - 1,0 |
| 8            | Ponta Verde    | 32,6         | 25,1         | 23,0 + - 1,0 |
| 9            | Parnaíba       | 37,9         | 24,7         | 22,0 + - 1,0 |
| 10           | Minas Gerais   | 33,2         | 20,7         | 22,0 + - 1,0 |
| <b>TOTAL</b> |                | <b>354,3</b> | <b>243,8</b> |              |

Fonte: Adaptado do projeto

**Tabela 6** - Condições ambientais considerado no cálculo da carga térmica das 10 unidades

| UNIDADES     |                 | VIDROS         |                     |                    |
|--------------|-----------------|----------------|---------------------|--------------------|
|              |                 | Espessura (mm) | Coef. Global(W/m²K) | Coef. Sombreamento |
| 1            | Dionísio Torres | 6              | 6,9                 | 0,7                |
| 2            | Atakarejo Ba    | 6              | 6,9                 | 0,7                |
| 3            | Duque de Caxias | 6              | 6,9                 | 0,7                |
| 4            | Pavuna          | 6              | 6,9                 | 0,7                |
| 5            | Campo Grande    | 6              | 6,9                 | 0,7                |
| 6            | Cidade De Deus  | 6              | 6,9                 | 0,7                |
| 7            | Oliveira Paiva  | 6              | 6,9                 | 0,7                |
| 8            | Ponta Verde     | 6              | 6,9                 | 0,7                |
| 9            | Parnaíba        | 6              | 6,9                 | 0,7                |
| 10           | Minas Gerais    | 6              | 6,9                 | 0,7                |
| <b>TOTAL</b> |                 | <b>60</b>      | <b>69</b>           | <b>7</b>           |

Fonte: Adaptado do projeto

Também nas tabelas 5 e 6 levam em consideração as condições críticas como o período do ano e horário onde há a maior insolação, temperatura e umidade externas para condições de verão, número máximo de pessoas no recinto e todos os equipamentos e iluminação ligados.

Assim, com base nos resultados apresentado no projeto foi elaborado a tabela 7, que representa um resumo da carga térmica das dez(10) unidades em estudo, acompanhado da mapa do ambiente refrigerado por carga térmica do mesmo, facilitando assim a identificação dos pontos crítico, assim tendo maior possibilidade um análise localizado do que pode ser feito para suprir a demanda dos pontos que apresenta um alto índice de carga térmica.

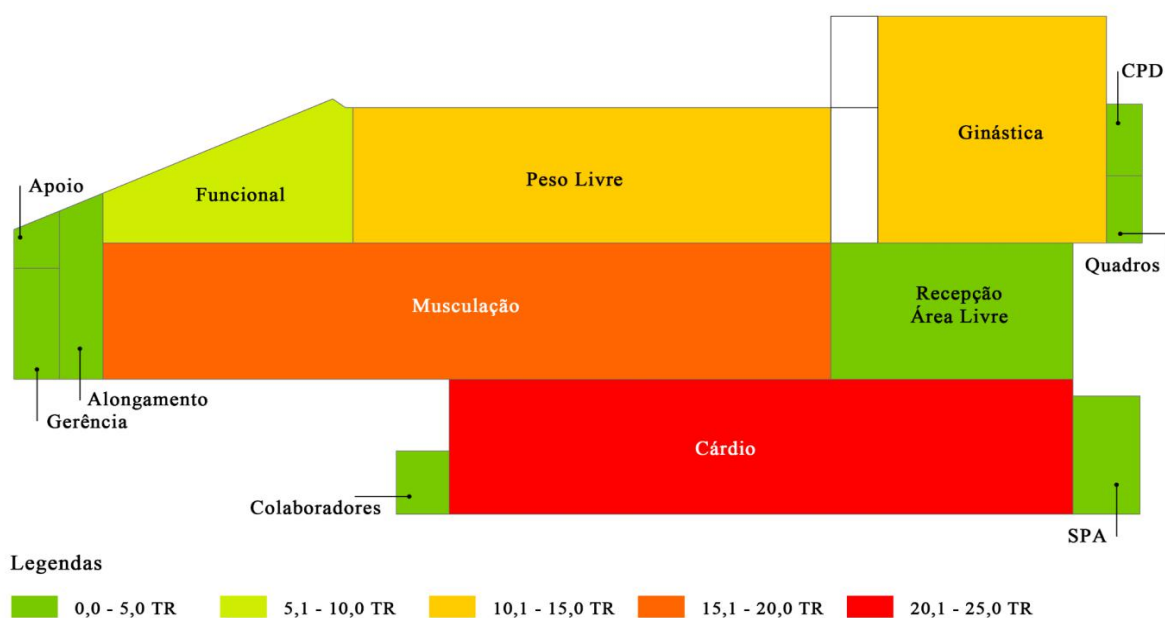
Tabela 7 - Carga térmica.

| UNIDADES     | CARGA TÉRMICA (TR) |       |
|--------------|--------------------|-------|
| 1            | Dionísio Torres    | 101,3 |
| 2            | Atakarejo Ba       | 52,5  |
| 3            | Duque de Caxias    | 78,1  |
| 4            | Pavuna             | 79,60 |
| 5            | Campo Grande       | 97,8  |
| 6            | Cidade De Deus     | 100,4 |
| 7            | Oliveira Paiva     | 81,9  |
| 8            | Ponta Verde        | 84,4  |
| 9            | Parnaíba           | 70,9  |
| 10           | Minas Gerais       | 90,2  |
| <b>TOTAL</b> | <b>837,1</b>       |       |

Fonte: Adaptado do projeto

Com a carga térmica de todos os ambientes refrigerados, através do programa Arcmap, fez-se os mapas de carga térmica por ambiente refrigerados de todas as unidades, conforme a figura 10 e demais anexados no apêndice apresentado neste trabalho. Através do mapa de carga térmica, pretende-se facilitar a visualização do mesmo por ambiente, possibilitando a identificação dos ambientes com maior e menor concentração de carga térmica.

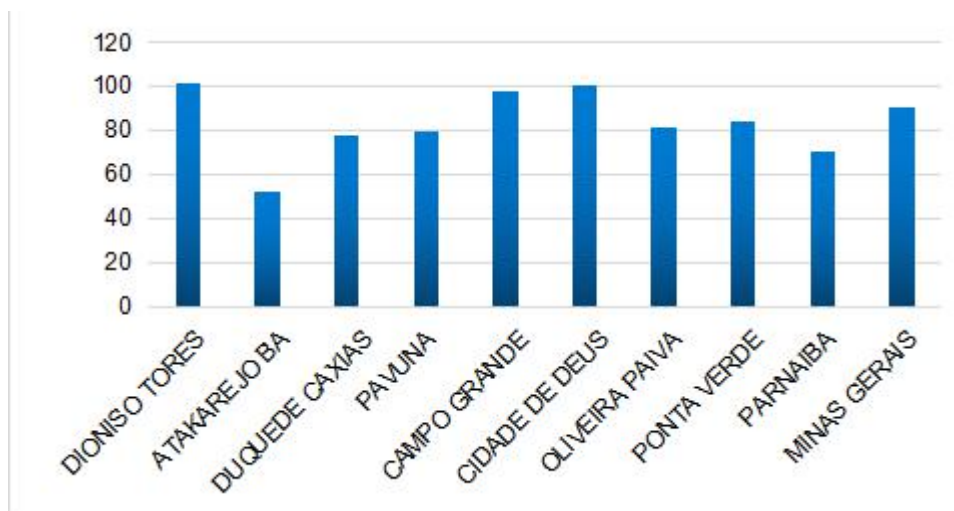
Figura 10 - Mapa da carga térmica por ambiente refrigerado da unidade de Duque de Caxias



Fonte: Elaborado pelo autor

Para efeito de comparação, das cargas térmicas das unidades, confeccionar-se a figura 11, onde as unidades: Dionísio Torres, Campo grande e Cidade de Deus tiveram a maior carga térmica, aproximadamente 100 TR, quantidade esta devido a área total do local e suas condições externas e internas do local em questão.

**Figura 11** - Carga térmica das unidades em estudos.



Fonte: Elaborado pelo autor

### 4.3 Carga térmica instalado versus carga projetada

Com a finalidade de analisar o atendimento da carga térmica projetada pelo sistema de refrigeração instalada, apresenta-se na tabela 8, a relação da carga térmica instalada frente à projetada, onde, aparentemente a maioria dos sistemas de refrigeração instalados supriram as cargas térmicas projetadas.

**Tabela 8** - Carga térmica projetada e carga térmica instalado.

| UNIDADES          | QUANTIDADE DE PESSOAS | CARGA TERMICA (TR) |           |
|-------------------|-----------------------|--------------------|-----------|
|                   |                       | INSTALADA          | PROJETADA |
| 1 DIONÍSIO TORRES | 286                   | 111,5              | 101,3     |
| 2 ATAKAREJO BA    | 188                   | 69                 | 52,5      |
| 3 DUQUEDE CAXIAS  | 213                   | 111,5              | 78,1      |
| 4 PAVUNA          | 255                   | 96,5               | 79,60     |
| 5 CAMPO GRANDE    | 244                   | 111                | 97,8      |

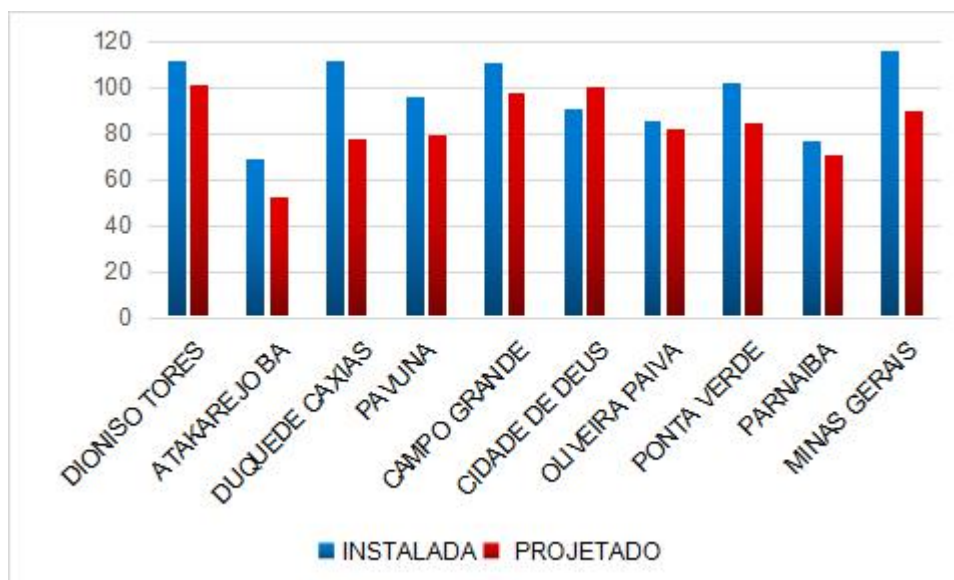
|       |                |      |       |       |
|-------|----------------|------|-------|-------|
| 6     | CIDADE DE DEUS | 241  | 91    | 100,4 |
| 7     | OLIVEIRA PAIVA | 206  | 86    | 81,9  |
| 8     | PONTA VERDE    | 203  | 102   | 84,4  |
| 9     | PARNAIBA       | 204  | 77    | 70,9  |
| 10    | MINAS GERAIS   | 437  | 116   | 90,2  |
| TOTAL |                | 2477 | 971,5 | 837,1 |

Fonte: Adaptado do projeto

A carga térmica instalada na unidade de Cidade de Deus é menor do que a projetada, ou seja, a carga térmica necessária não é atendida, o que levou a muitas reclamações dos cliente, fez-se necessário uma análise do sistema onde levou a uma verificação do dimensionamento do sistema com previsão de introduzir uma máquina (EcoSplit) de 20 TR . O que levou-se a análise de todos os memoriais das unidades apresentadas no presente trabalho e um estudo de performance entre os diversos sistemas / equipamentos, onde percebe-se que todo o sistema é tomado como ideal, pois as instalações em questão não apresenta o relatório se as capacidades nominais estão sendo atendidas (20 TR é tomado como se está produzindo 20 TR) e sendo os equipamentos atuais munidos de compressores fixos, já é evidenciado de forma quase conceitual que o diferencial para sistemas com compressores inverter corresponde a redução de 30% em média no consumo e esse diferencial tende a aumentar, se o sistema não corresponder ao ajuste correto e para variação na utilização dos ambientes (oscilação na ocupação).

Verifica-se que, as unidades: Oliveira Paiva e Parnaíba, apesar de atenderem a carga térmica projetada, levando em consideração um percentual de perda por queda de pressão de distância das área técnica até os ambientes a serem refrigerados, incluindo o percentual da potência real do equipamento em relação a nominal, a unidade não suprirá toda a demanda real necessária, porém ainda não apresentaram nenhum laudo ou qualquer reclamação acerca dessa problemática, pois foram unidades inauguradas no período pandêmico, sendo assim, estão trabalhando com número reduzido em relação a ocupação total.

Esta comparação fica mais visível através do gráfico de barras na figura 12, onde as barras da carga térmica instalada e projetada são apresentadas lado a lado.

**Figura 12** - Carga térmica projetado versus carga térmica instalado

Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.4 Sugestão e Alternativa

Com base em toda fundamentação teórica e análises, nesta subseção será apresentado um sistema de refrigeração mais eficiente como sugestão de melhoria para o sistema das academias já existente ou na instalação das novas unidades.

##### 4.4.1 Características e Benefícios

Os equipamentos de expansão direta caracterizam-se por disporem de serpentinas onde expande um determinado fluido refrigerante, absorvendo o calor e arrefecendo o espaço em pretendida, o qual é refrigerado pelo contato direto com a serpentina.

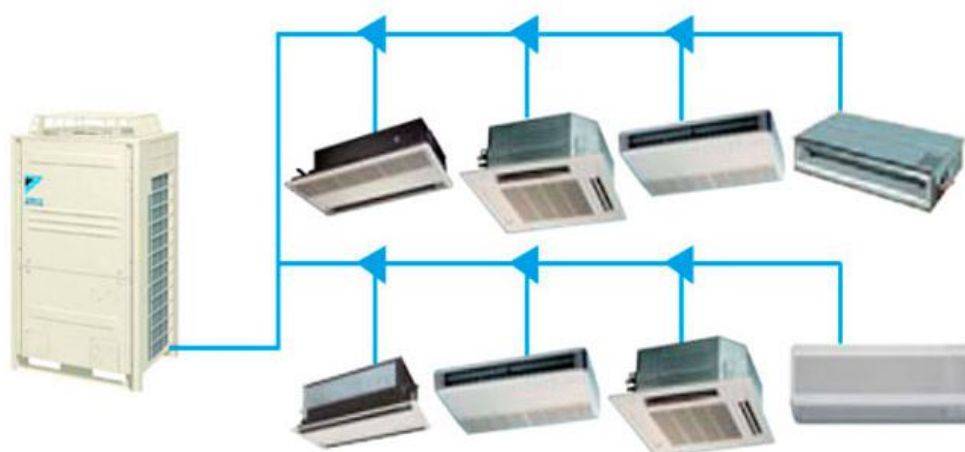
O sistema multi-split constitui-se de uma variante dos sistemas split, que dispõem de uma única unidade de condensação exterior, à qual se podem ligar duas ou mais unidades de evaporação. Hoje em dia com o avanço da tecnologia desenvolveram equipamentos que permitem colocar um grande número de unidades de evaporação mediante a regulação do fluido refrigerante, a qual é conhecida como Volume de Refrigerante Variável (VRV).

VRV, é um sistema com apenas uma unidade externa ligada a múltiplas unidades internas operando individualmente por ambiente (podendo chegar a 64 máquinas).

#### 4.4.2 Sistema ECO SPLIT/VRV

O diferencial do sistema (VRV) em relação ao EcoSplit, é o fato de que cada unidade evaporadora conta com uma válvula de expansão exclusiva, além disso, boa parte dos sistemas VRF contam com a tecnologia inverter, característica essa que faz com que esse tipo de sistema funcione em baixa rotação, causando menos ruído e economizando energia sobrepondo o sistema EcoSplit, demonstrado na figura 13.

**Figura 13** - Consumo dos equipamentos.



Fonte: Solarcondicionado.

A sua instalação é simplificada, apesar de ser um sistema com múltiplas saídas, sua instalação não faz necessária a instalação de dutos ou casas de máquinas. Assim como sua instalação, os processos de manutenção também são mais simples e centralizados.

No sistema VRV mesmo que todas as evaporadoras estiverem ligadas, a apenas uma unidade condensadora, o sistema adapta seu funcionamento e performance de acordo com as exigências do espaço.

A tabela 9 representa o cálculo do consumo energético do equipamento EcoSplit com base nos dados fornecidos pelo fabricante representado no anexo 2, levando em consideração a EER, para a análise da eficiência e os consumo/gastos mensais e anuais para posteriormente comparar com os dados do fabricante do sistema VRV.

**Tabela 9** - Centrais EcoSplit - ref. Carreir

| UNIDADES          | CENTRAIS ECOSPLIT - REF. CARREIR |         |                   |             |
|-------------------|----------------------------------|---------|-------------------|-------------|
|                   | Consumo Kwh                      | R\$/Kwh | Equipamento (Mês) | Total Anual |
| 1 DIONÍSIO TORRES | 1.476,72                         | 0,534   | 788,57            | 9.462,85    |
| 2 ATAKAREJO BA    | 996,01                           | 0,534   | 531,87            | 6.382,45    |
| 3 DUQUEDE CAXIAS  | 1.476,72                         | 0,534   | 788,57            | 9.462,85    |
| 4 PAVUNA          | 1.253,66                         | 0,534   | 669,46            | 8.033,48    |
| 5 CAMPO GRANDE    | 1.476,72                         | 0,534   | 788,57            | 9.462,85    |
| 6 CIDADE DE DEUS  | 1.219,07                         | 0,534   | 650,98            | 7.811,82    |
| 7 OLIVEIRA PAIVA  | 1.219,07                         | 0,534   | 650,98            | 7.811,82    |
| 8 PONTA VERDE     | 1.442,13                         | 0,534   | 545,89            | 9.241,18    |
| 9 PARNAIBA        | 996,01                           | 0,534   | 531,87            | 6.382,45    |
| 10 MINAS GERAIS   | 1.511,32                         | 0,534   | 807,04            | 9.684,51    |

Fonte: Elaborado pelo autor.

A tabela 10 representa o cálculo do consumo energético do equipamento do sistema VRV do fabricante Hitachi com base nos dados fornecidos pelo fabricante representado no anexo 2, levando em consideração a EER, para a análise da eficiência e os consumo/gastos mensais e anuais.

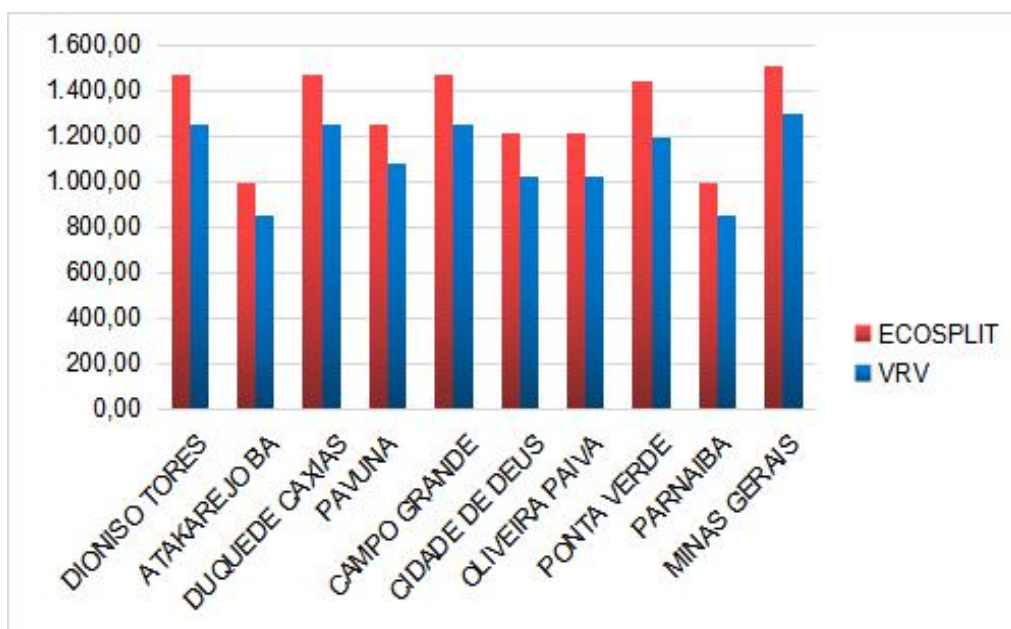
**Tabela 10** - Linha modular VRV - ref. Hitachi.

| UNIDADES         | LINHA MODULAR VRF - REF. HITACHI |         |              |             | Relação: Inver/Fixo |
|------------------|----------------------------------|---------|--------------|-------------|---------------------|
|                  | Consumo Kwh                      | R\$/Kwh | Equipto. Mês | Total Anual |                     |
| 1 DIONISO TORES  | 1.248,96                         | 0,534   | 666,95       | 8.003,36    | 84,6%               |
| 2 ATAKAREJO BA   | 851,17                           | 0,534   | 454,53       | 5.454,31    | 85,5%               |
| 3 DUQUEDE CAXIAS | 1.248,96                         | 0,534   | 666,95       | 8.003,36    | 84,6%               |
| 4 PAVUNA         | 1.077,86                         | 0,534   | 575,58       | 6.906,94    | 86,0%               |
| 5 CAMPO GRANDE   | 1.248,96                         | 0,534   | 666,95       | 8.003,36    | 84,6%               |
| 6 CIDADE DE DEUS | 1.022,27                         | 0,534   | 545,89       | 6.550,74    | 83,9%               |
| 7 OLIVEIRA PAIVA | 1.022,27                         | 0,534   | 545,89       | 6.550,74    | 83,9%               |
| 8 PONTA VERDE    | 1.193,38                         | 0,534   | 637,26       | 7.647,16    | 82,8%               |
| 9 PARNAIBA       | 851,17                           | 0,534   | 454,53       | 5.454,31    | 85,5%               |
| 10 MINAS GERAIS  | 1.304,55                         | 0,534   | 696,63       | 8.359,57    | 86,3%               |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Fazendo uma comparação entre as tabelas 9 e 10, ainda, considerando as máquinas dos dois sistemas com a mesma capacidade, percebe-se uma redução em termos de consumo energético e monetário é considerável do sistema VRV em relação ao sistema EcoSplit, com isso conclui-se que o sistema VRV é mais eficiente. Para melhor visualizar essa diferença, elaborou-se o figura 14 que nos traz uma comparação do consumo dos equipamentos.

**Figura 14** - Consumo dos equipamentos.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao se analisar a figura 13, percebeu-se uma redução de percentagem proporcional entre a variação do consumo dos equipamentos VRV em relação aos equipamentos Ecosplit. Assim, reafirmando a eficiência energética do sistema VRV. E ainda se analisar a questão da perda no sistema de refrigeração, VRV sobrepõe novamente pois na instalação e distribuição de ar é localizada minimizada assim as perdas caso fosse uma distribuição por sistemas de duto TDC, que é o caso do sistema EcoSplit.



## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando o consumo da energia elevada das unidades que compõem a rede Smart Fit, este trabalho procurou analisar o sistema de refrigeração das academias Smart Fit, centralizando-se na caracterização e identificação dos pontos com maior índice de consumo energético. Considerando o consumo da energia elevada das unidades que compõem a rede Smart Fit, na qual se fez necessário este estudo. Com base no procedimento metodológico de caráter qualitativa e quantitativa, foi realizado coleta de dados com base no projeto executivo e memorial descritivos das unidades que compõem a rede Smart Fit, apresentando os cálculos térmicos por ambiente através dos dados extraídos.

Para se atingir uma compreensão do sistema de refrigeração, levando em conta a caracterização e identificação dos pontos já citados, fez se necessário a análise do dimensionamento do sistema para ter uma melhor compreensão da sua deficiência e melhorá-lo.

Foi realizado a identificação dos pontos com maior carga térmica conseqüentemente maior consumo energético, analisando vários pontos da academia em diferentes situações, onde se fez um mapeamento de carga térmica por ambiente refrigerado onde foi identificado vários pontos com um nível elevado da carga(cárdio, musculação, ginástica e peso livre), porque são áreas de exercícios mas intensos e com maior número de pessoas, assim tendo uma dissipação maior por pessoas, exigindo um dimensionamento detalhado da sua eficiência onde se deparou com determinados défice de atendimento da carga térmica instalado em relação a carga térmica projetada, onde se fez necessário a sugestão de melhoria do sistema fazendo o uso de um sistema de distribuição localizada (VRV), assim minimizando o seu impacto tanto no que desrespeito a questão financeiro e eficiência energética.

Em pesquisas futuras, pode-se fazer uma análise mais detalhada fazendo o uso do sistema VRV, como sugerido para questões de análise concretos do sistemas que possibilita um balanceamento adequado com maior controle da vazão e mínima perda possível tornando o sistema eficiente e fazendo jus a presente pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- ABRAVA. Guia Para Inspeção De Sistemas De Ar Condicionado. RENABRAVA 06, 2018. Disponível em: <https://abrava.com.br/wp-content/uploads/2019/08/Guia-inspecao-ar-condicionado-para-site-do-QUALINDOOR-final-01.03.2018-REVIS%C3%83O.pdf>. Acesso em: 18 jan. 2022.
- ABAIR CONDITIONING AND REFRIGERATION INSTITUTE. Refrigeration and air conditioning. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, Inc., 1979.
- ALVES, Miqueias Carlos. Refrigeração Industrial. 2007. Disponível em: [http://www.marioloureiro.net/ensino/manuaisOutros/refrigeracao/Refrigeracao\\_industrial.pdf](http://www.marioloureiro.net/ensino/manuaisOutros/refrigeracao/Refrigeracao_industrial.pdf). Acesso em: 20 jan. 2022.
- CREDER, H. Instalações de ar condicionado. 5ª Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004.
- \_\_\_\_\_. Instalação de Ar Condicionado. 6 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004.
- CARRIER. EcoSplit 38 EXC, Catálogo Técnico. Disponível em: <https://carrierdobrasil.com.br/blog/produtos/ecosplit-38exd>. Acesso em: 20 dez. 2021.
- CARRIER. Catálogo Comercial VRF Carrier X-Power DC Inverter, Catálogo Técnico. Disponível em: <https://carrierdobrasil.com.br/blog/category/comercial/vrf/>. Acesso em: 20 dez. 2021.
- ÇENGEL, Yunus Ali. BOLES, Michael A. Termodinâmica. Tradução de Paulo Maurício Costa Gomes. Porto Alegre: AMGH, 2013. 7ª Edição, p. 1035. (título original: Thermodynamics: An Engineering Approach).
- DEZIN, Norman Kent. ; LINCOLN, Yvonna S. (Orgs). O planejamento da pesquisa qualitativa: teorias e abordagens. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006, 432 p
- FERRAZ, Fábio. Apostila de Refrigeração. Refrigeração (Curso Eletromecânica) - Centro Federal de Educação Tecnológica da Bahia, Santo Amaro – BA, 2008.
- GARCIA, Luca. Eficiência energética em refrigeração (COP). Éolos Jr, 2020. Disponível em: <https://www.eolosjr.com/post/efici%C3%Aancia-energ%C3%A9tica-em-refrigera%C3%A7%C3%A3o-cop>. Acesso em: 18 jan. 2022.
- GIL, Antônio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- LOUREIRO, José Pedro Vidal. Refrigeração Industrial: Elaboração de Projeto; Criação de Ferramentas de Seleção; Tecnologias para Melhoria da Eficiência Energética. Dissertação (Mestre em Engenharia Mecânica na Especialidade de Energia e Ambiente), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Coimbra, 2015.
- MADEIROS, Pedro Gomes. BARBOSA, Cleiton Formiga. Análise do Coeficiente de Performance de Um Chiller Doméstico Operando com o R-401a em Regime Transiente. 2009. Disponível em: <https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/347>. Acesso em: 20 jan. 2022.

MATOS, Rudmar Serafim. Refrigeração e Climatização. Departamento de Engenharia Mecânica, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná - UFPR. Disponível em: <http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/TMEC153/Apostila/Apostila%20Refrigera%E7%E3o.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2021.

MENESES, Milton Serpa. Refrigeração e Ar Condicionado. Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Universidade de Passo Fundo (UPF) - RS, 2005. Disponível em: [https://wiki.sj.ifsc.edu.br/images/9/92/0\\_Eficiencia\\_energetica\\_sistemas\\_de\\_refrigera%C3%A7%C3%A3o.pdf22/07](https://wiki.sj.ifsc.edu.br/images/9/92/0_Eficiencia_energetica_sistemas_de_refrigera%C3%A7%C3%A3o.pdf22/07). Acesso em: 20 dez. 2021.

MINAYO, Maria Cecília de Souza. O desafio do conhecimento. 11 ed. São Paulo: Hucitec, 2008

NT. ABNT NBR 6401: Instalações centrais de ar-condicionado para conforto - Parâmetros básicos de projeto. Rio de Janeiro, 1980.

NT. ABNT NBR 16401-2: Instalações de Ar-Condicionado - Sistemas Centrais e Unitários. Rio de Janeiro, 2008.

SANTOS, Mario Henrique. Identificação de Sistemas De Refrigeração: Uma Primeira Abordagem. Tese (Mestre em Engenharia Elétrica) - Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2007.

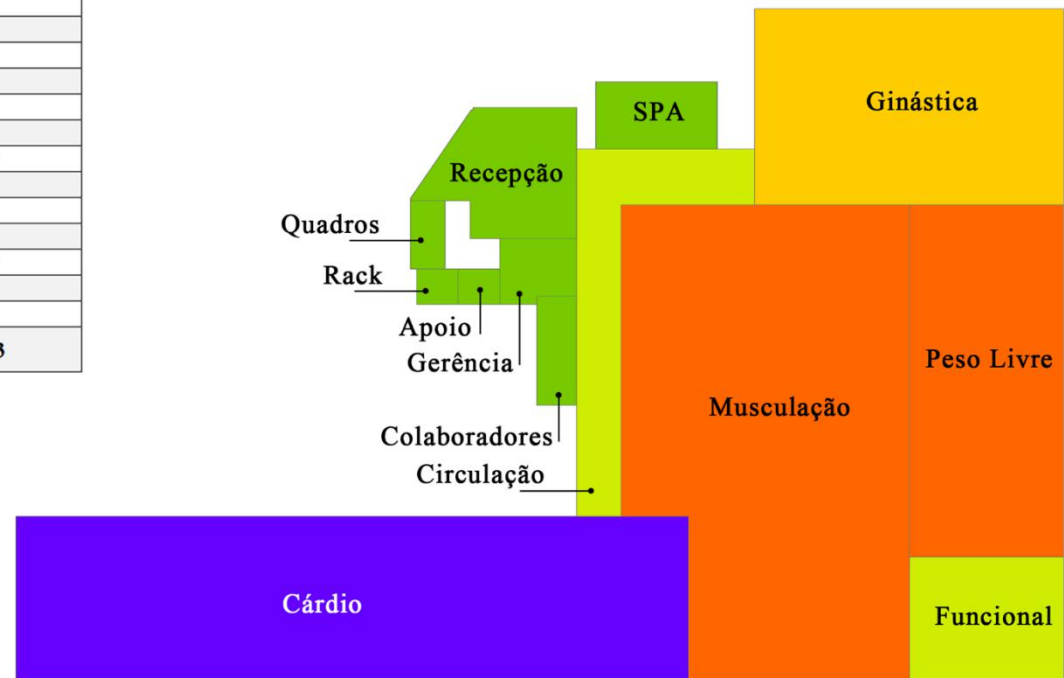
SCARPIN, Bruno. Eficiência de Ar Condicionado e seus Indicadores. 2018. Disponível em: <https://www.cubienergia.com/eficiencia-ar-condicionado>. Acesso em: 15 jan. de 2022.

SILVA, E. L., MENEZES, E. M. Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação. Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000, 118p.

STOECKER, W. F. Refrigeração e ar condicionado. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1985.

## APÊNDICE A - MAPA DA CARGA TÉRMICA POR AMBIENTE: UNIDADE DIONÍSIO TORRES

| AMBIENTE       | CARGA TÉRMICA (TR) |
|----------------|--------------------|
| Apoio          | 0,2                |
| Cardio         | 31,6               |
| Circulação     | 7,7                |
| Colaboradores  | 0,8                |
| Funcional      | 7,7                |
| Gerência       | 0,6                |
| Musculação     | 18,8               |
| Peso Livre     | 17,7               |
| Rack           | 0,6                |
| Recepção       | 1,6                |
| Sala Ginástica | 13,0               |
| Sala Quadros   | 0,2                |
| SPA            | 0,8                |
| <b>TOTAL</b>   | <b>101,3</b>       |



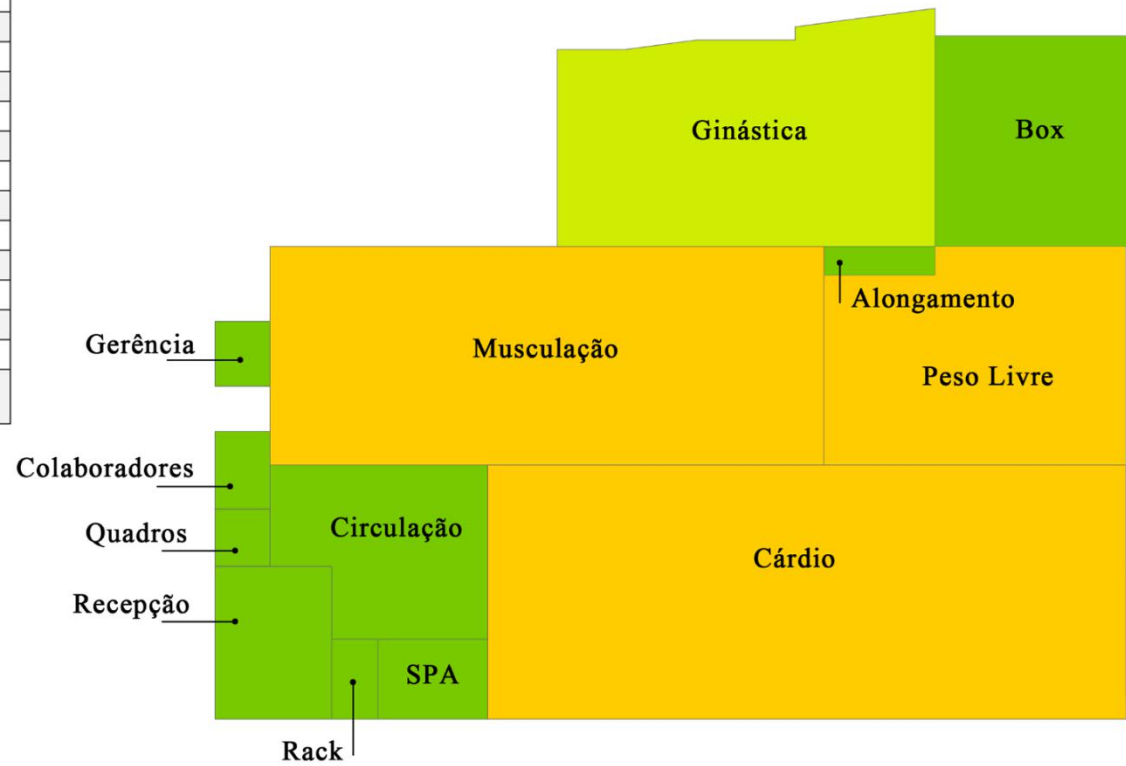
### Legendas



APÊNDICE B - MAPA DA CARGA TÉRMICA POR AMBIENTE: UNIDADE

ATAKAREJO BA

| Ambiente       | Carga Térmica (TR) |
|----------------|--------------------|
| Alongamento    | 0,6                |
| Box            | 3,2                |
| Cardio         | 13,3               |
| Circulação     | 1,1                |
| Colaboradores  | 0,3                |
| Gerência       | 0,3                |
| Musculação     | 12,0               |
| Peso Livre     | 10,5               |
| Rack           | 0,7                |
| Recepção       | 0,9                |
| Sala Ginástica | 9,1                |
| Sala Quadros   | 0,1                |
| SPA            | 0,4                |
| <b>TOTAL</b>   | <b>52,5</b>        |



Legendas

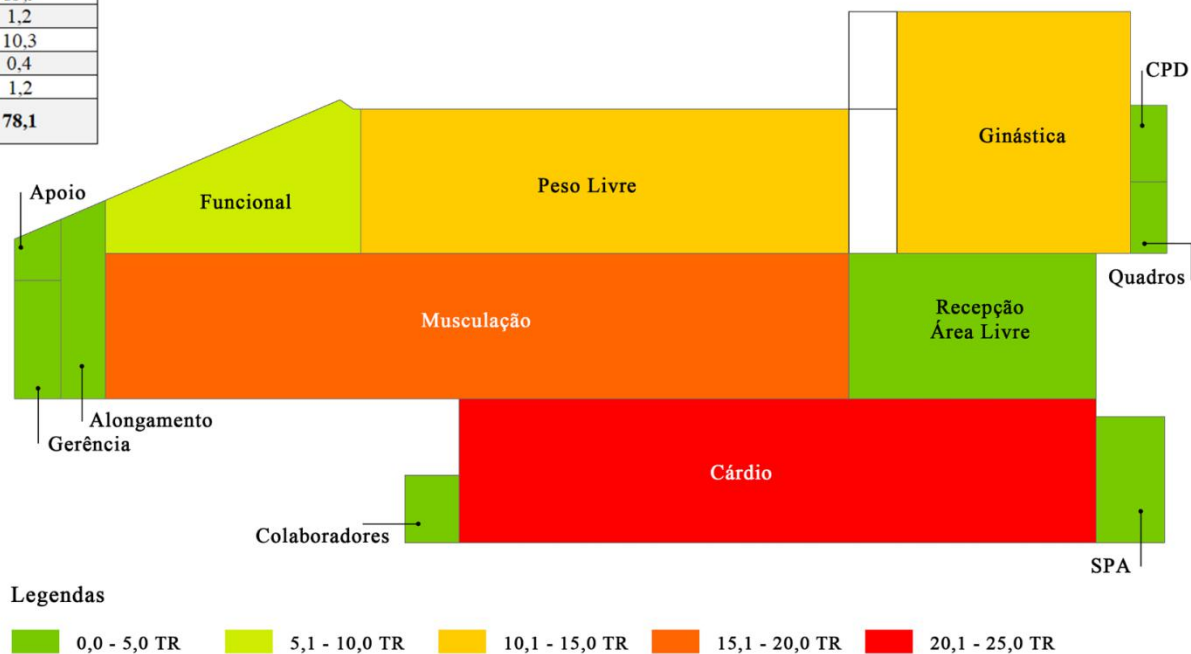
0,0 - 5,0 TR

5,1 - 10,0 TR

10,1 - 15,0 TR

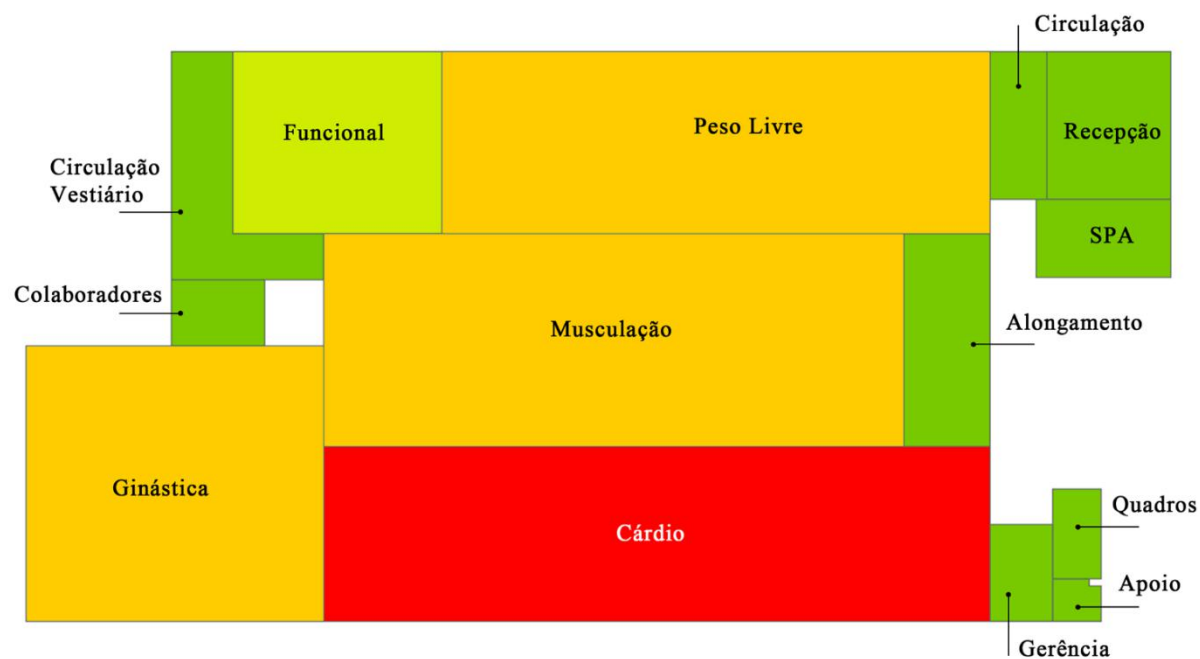
## APÊNDICE C - MAPA DA CARGA TÉRMICA POR AMBIENTE: UNIDADE DUQUE DE CAXIAS RJ

| Ambiente       | Carga Térmica |
|----------------|---------------|
| Alongamento    | 1,7           |
| Apoio          | 0,3           |
| Cardio         | 22,3          |
| Colaboradores  | 0,6           |
| CPD            | 0,5           |
| Funcional      | 5,7           |
| Gerência       | 0,8           |
| Musculação     | 19,2          |
| Peso Livre     | 13,9          |
| Recepção       | 1,2           |
| Sala Ginástica | 10,3          |
| Sala Quadros   | 0,4           |
| SPA            | 1,2           |
| <b>TOTAL</b>   | <b>78,1</b>   |

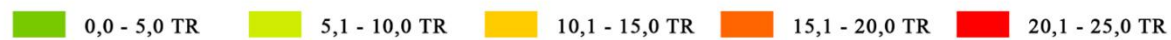


## APÊNDICE D - MAPA DA CARGA TÉRMICA POR AMBIENTE: UNIDADE DE PAVUNA

| Ambiente         | Carga Térmica (TR) |
|------------------|--------------------|
| Alongamento      | 1,2                |
| Apoio            | 0,4                |
| Cardio           | 21,3               |
| Circulação Rec.  | 2,8                |
| Circulação Vest. | 2,8                |
| Colaboradores    | 0,5                |
| Funcional        | 7,0                |
| Gerência         | 0,8                |
| Musculação       | 14,9               |
| Peso Livre       | 13,0               |
| Recepção         | 1,3                |
| Sala Ginástica   | 12,2               |
| Sala Quadros     | 0,4                |
| SPA              | 1,0                |
| <b>TOTAL</b>     | <b>79,6</b>        |

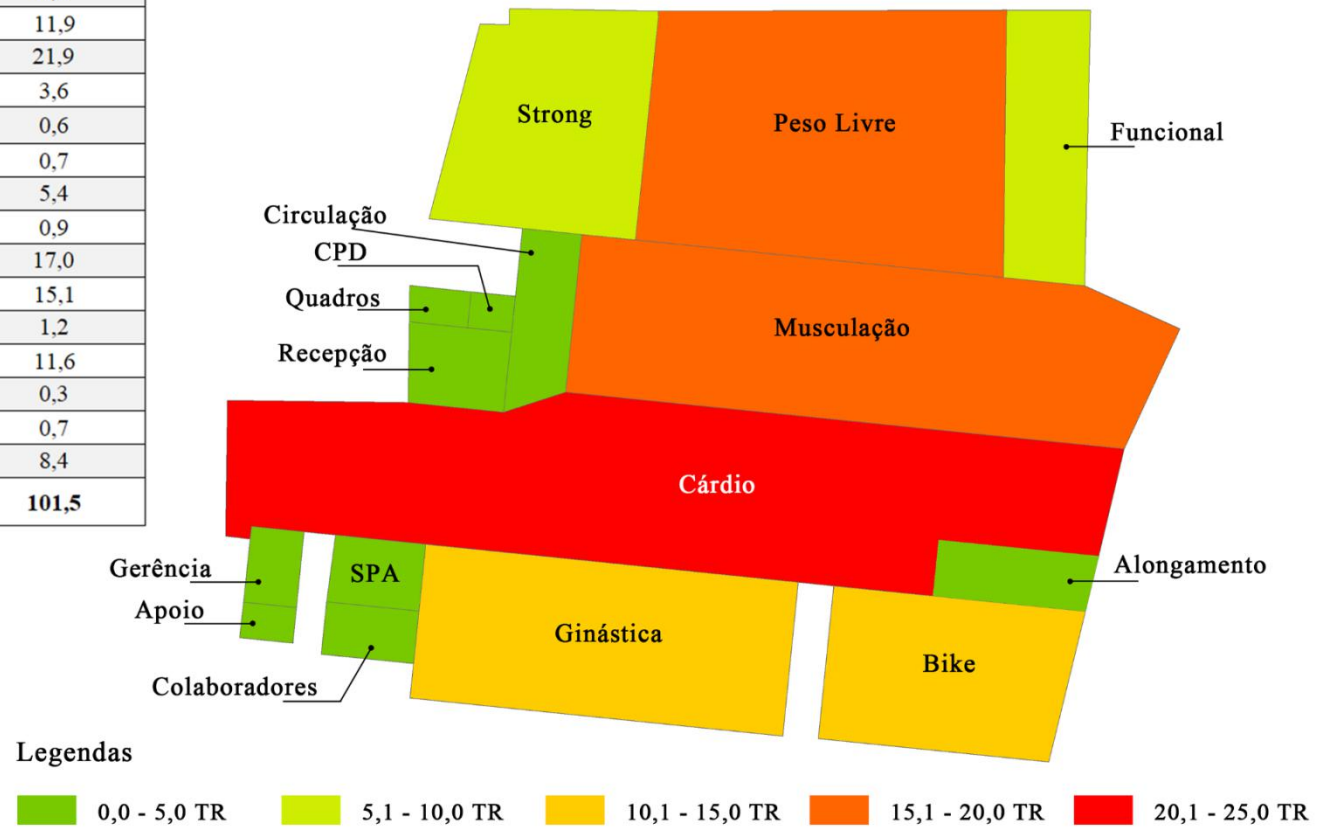


### Legendas



## APÊNDICE E - MAPA DA CARGA TÉRMICA POR AMBIENTE: UNIDADE CAMPO GRANDE

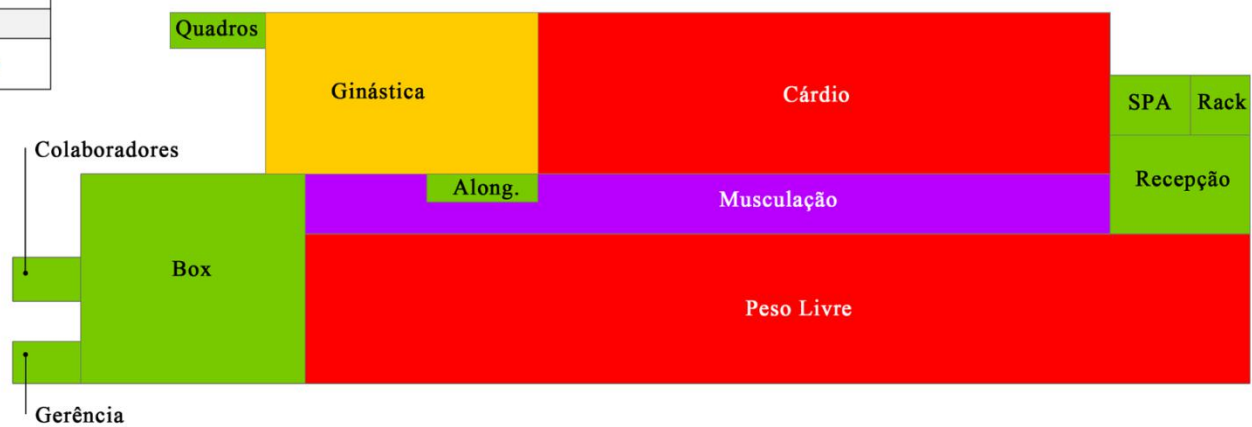
| Ambiente       | Carga Térmica (TR) |
|----------------|--------------------|
| Alongamento    | 1,7                |
| Apoio          | 0,5                |
| Bike           | 11,9               |
| Cardio         | 21,9               |
| Circulação     | 3,6                |
| Colaboradores  | 0,6                |
| CPD            | 0,7                |
| Funcional      | 5,4                |
| Gerência       | 0,9                |
| Musculação     | 17,0               |
| Peso Livre     | 15,1               |
| Recepção       | 1,2                |
| Sala Ginástica | 11,6               |
| Sala Quadros   | 0,3                |
| SPA            | 0,7                |
| Strong         | 8,4                |
| <b>TOTAL</b>   | <b>101,5</b>       |





## APÊNDICE F - MAPA DA CARGA TÉRMICA POR AMBIENTE: UNIDADE CIDADE DE DEUS

| Ambiente       | Carga Térmica (TR) |
|----------------|--------------------|
| Alongamento    | 1,3                |
| Apoio          | 0,3                |
| Box            | 4,5                |
| Cardio         | 22,3               |
| Circulação     | 2,8                |
| Colaboradores  | 0,9                |
| Gerência       | 0,5                |
| Musculação     | 26,3               |
| Peso Livre     | 24,8               |
| Rack           | 0,7                |
| Recepção       | 2,4                |
| Sala Ginástica | 12,7               |
| Sala Quadros   | 0,8                |
| SPA            | 0,5                |
| <b>TOTAL</b>   | <b>100,8</b>       |

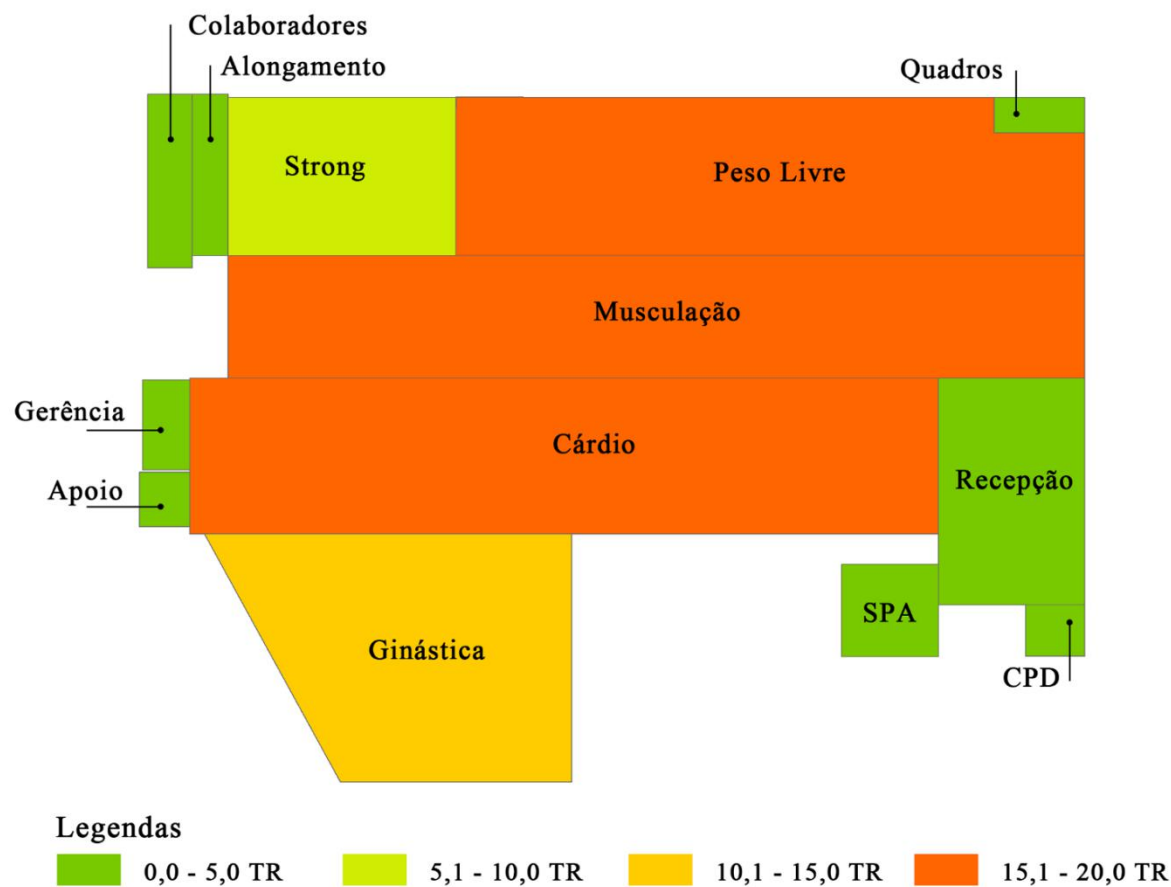


### Legendas



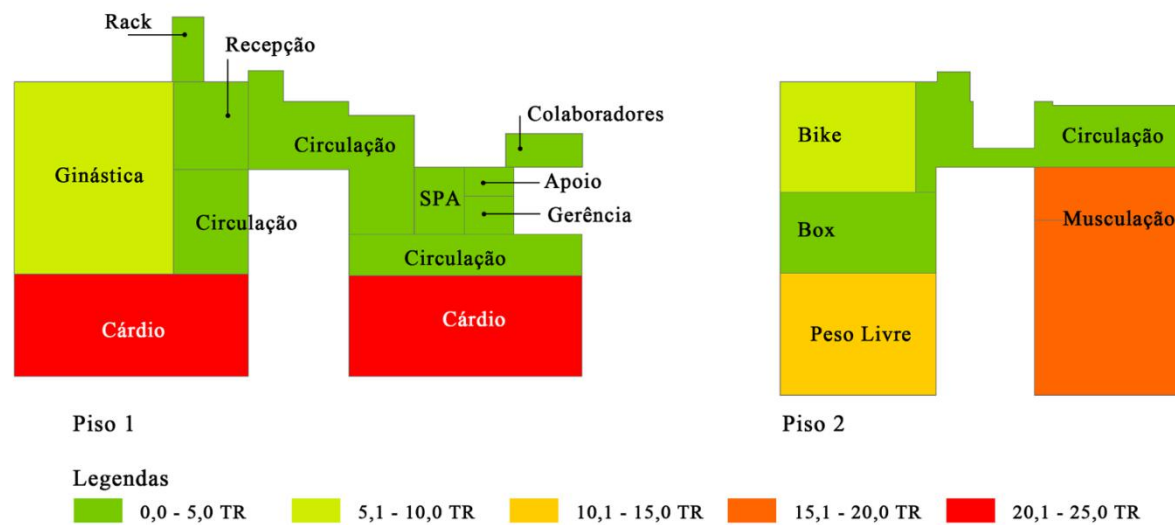
## APÊNDICE G - MAPA DA CARGA TÉRMICA POR AMBIENTE: UNIDADE OLIVEIRA PAIVA

| Ambiente       | Carga Térmica (TR) |
|----------------|--------------------|
| Alongamento    | 1,3                |
| Apoio          | 0,3                |
| Cardio         | 18,8               |
| Colaboradores  | 1,0                |
| CPD            | 0,7                |
| Funcional      | 5,7                |
| Gerência       | 0,5                |
| Musculação     | 16,2               |
| Peso Livre     | 15,5               |
| Recepção       | 3,9                |
| Sala Ginástica | 10,2               |
| Sala Quadros   | 1,8                |
| SPA            | 0,5                |
| Strong         | 5,5                |
| <b>TOTAL</b>   | <b>81,9</b>        |



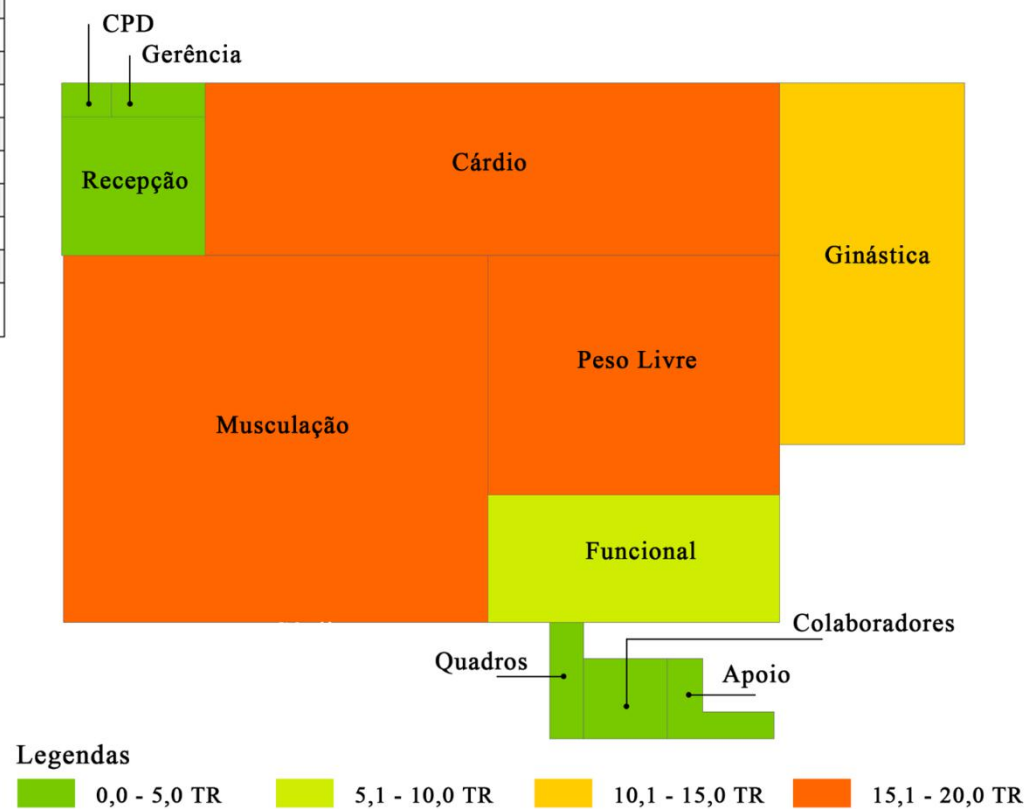
## APÊNDICE H - MAPA DA CARGA TÉRMICA POR AMBIENTE: UNIDADE PONTA VERDE

| Ambiente       | Carga Térmica (TR) |
|----------------|--------------------|
| Apoio          | 0,3                |
| Bike           | 9,2                |
| Box            | 2,8                |
| Cardio         | 23,5               |
| Circulação     | 4,5                |
| Colaboradores  | 0,5                |
| CPD            | 0,9                |
| Gerência       | 0,4                |
| Musculação     | 18,0               |
| Peso Livre     | 13,6               |
| Recepção       | 0,8                |
| Sala Ginástica | 9,5                |
| SPA            | 0,4                |
| <b>TOTAL</b>   | <b>84,4</b>        |



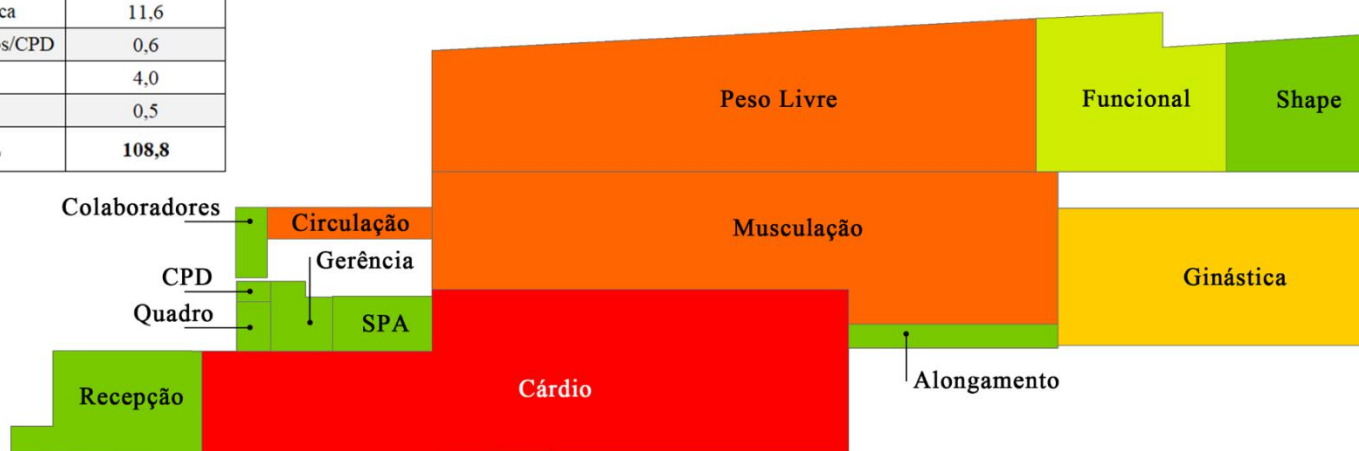
## APÊNDICE I - MAPA DA CARGA TÉRMICA POR AMBIENTE: UNIDADE PARNAÍBA

| Ambiente       | Carga Térmica (TR) |
|----------------|--------------------|
| Apoio          | 0,3                |
| Cardio         | 15,8               |
| Colaboradores  | 1,0                |
| Funcional      | 5,7                |
| Gerência       | 0,5                |
| Musculação     | 16,2               |
| Peso Livre     | 15,5               |
| Recepção       | 3,9                |
| Sala Ginástica | 10,2               |
| Sala Quadros   | 1,8                |
| <b>TOTAL</b>   | <b>70,9</b>        |

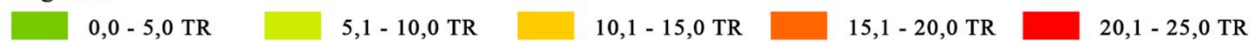


## APÊNDICE J - MAPA DA CARGA TÉRMICA POR AMBIENTE: UNIDADE SETE LAGOAS

| Ambiente         | Carga Térmica (TR) |
|------------------|--------------------|
| Alongamento      | 2,0                |
| Apoio            | 0,2                |
| Cardio           | 23,1               |
| Circulação       | 19,6               |
| Colaboradores    | 0,4                |
| Funcional        | 6,8                |
| Gerência         | 0,3                |
| Musculação       | 19,6               |
| Peso Livre       | 19,3               |
| Recepção         | 1,3                |
| Sala Ginástica   | 11,6               |
| Sala Quadros/CPD | 0,6                |
| Shape            | 4,0                |
| SPA              | 0,5                |
| <b>TOTAL</b>     | <b>108,8</b>       |



### Legendas



**ANEXO I: DADOS DO FABRICANTE REFERENTE ÀS MÁQUINAS EM ANÁLISE NO PRESENTE TRABALHO.**

| <b>CODIFICAÇÃO MÓDULO VENTILAÇÃO 40MX</b> |                    |   |   |   |                      |                   |           |               |                    |                     |                        |    |
|---|--------------------|---|---|---|----------------------|-------------------|-----------|---------------|--------------------|---------------------|------------------------|----|
| Dígitos                                   | 1                  | 2 | 3 | 4 | 5                    | 6                 | 7         | 8             | 9                  | 10                  | 11                     | 12 |
| Código                                    | 4                  | 0 | M | X | A                    |                   |           |               |                    | 6                   |                        |    |
| 15 TR                                     | 4                  | 0 | M | X | A                    | 1                 | 5         | 2             | 3                  | 6                   | V                      | H  |
| 20 TR                                     | 4                  | 0 | M | X | A                    | 2                 | 0         | 2             | 3                  | 6                   | V                      | H  |
| Descrição                                 | Nome do Projeto    |   |   |   | Alteração do Projeto | Cap. (TR) Unidade |           | Tensão Motor  |                    | Frequência do Motor | Vazão                  |    |
|   | 40MX - Evaporadora |   |   |   | A                    | 10 - 10TR         | 15 - TR   | 23 - 220/380V |                    | 6 - 60Hz            | VS - Standard Air Flow |    |
|   |                    |   |   |   | 20 - 20TR            |                   | 44 - 440V |               | VH - High Air Flow |                     |                        |    |

| <b>CODIFICAÇÃO MÓDULO TROCADOR DE CALOR 40MX</b> |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |
|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|
| Dígitos  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| Código   | 4 | 0 | M | X | A |   |   | T | F | R  |    |
| 15 TR  | 4 | 0 | M | X | A | 1 | 5 | T | F | R  | 1  |
| 20 TR  | 4 | 0 | M | X | A | 2 | 0 | T | F | R  | 1  |

| Descrição | Nome do Projeto    | Alteração do Projeto | Cap. (TR) Unidade |         | Módulo Trocador | Padrão de Especificação | Nº de Circuitos Frigoríficos |
|-----------|--------------------|----------------------|-------------------|---------|-----------------|-------------------------|------------------------------|
|           |                    |                      |                   |         |                 |                         |                              |
|           | 40MX - Evaporadora | A                    | 10 - 10TR         | 15 - TR | T               | FR- Frio                | 1 - Um                       |
|           |                    |                      | 20 - 20TR         |         |                 |                         | 2 - Dois                     |

| CODIFICAÇÃO UNIDADES CONDENSADORAS 38EX (FIXO) / 38EV (INVERTER) |  |   |   |   |                    |                   |         |              |           |                     |                  |
|--|--|---|---|---|--------------------|-------------------|---------|--------------|-----------|---------------------|------------------|
| Dígitos  | 1  | 2 | 3 | 4 | 5                  | 6                 | 7       | 8            | 9         | 10                  | 11               |
| Código   | 3  | 8 | E |   | C                  |                   |         |              |           | 6                   | S                |
| 15 TR  | 3  | 8 | E | X | C                  | 1                 | 5       | 3            | 8         | 6                   | S                |
| 20 TR  | 3  | 8 | E | X | C                  | 2                 | 0       | 3            | 8         | 6                   | S                |
| Descrição  | Unidade Condensadora                             |   |   |   | Revisão do Projeto | Cap. (TR) Unidade |         | Tensão Motor |           | Frequência do Motor | Padrão de Espec. |
|  | 38EX - Axial / Só Frio / Circuito Único          |   |   |   | C                  | 10 - 10TR         | 15 - TR | 22 - 220V    | 38 - 380V | 6 - 60Hz            | S Standard       |
|  | 38EV - Axial / Só Frio / Circuito Único Inverter |   |   |   |                    | 20 - 20TR         |         | 44 - 440V    |           |                     |                  |



| <i>Capacidade de Refrigeração</i> |   |            | <b>Potência</b> |         | <b>EER</b> |         |                  |
|-----------------------------------|---|------------|-----------------|---------|------------|---------|------------------|
| R                                 | T | Kcal/h     | W               | Nominal | Máxima     | Nominal | Máxima           |
| 5                                 | 1 | 45.3<br>60 | 52.744          | 18.384  | 22.324     | 2,87    | ,36 <sup>2</sup> |
| 0                                 | 2 | 60.4<br>80 | 70.326          | 21.235  | 25.675     | 3,31    | ,74 <sup>2</sup> |

| <i>Capacidade de Refrigeração</i> |    |        | <b>Potência</b> |         | <b>EER</b> |         |        |
|-----------------------------------|----|--------|-----------------|---------|------------|---------|--------|
| R                                 | T  | Kcal/h | KW              | Nominal | Máxima     | Nominal | Máxima |
| 5                                 | 1, | 4.536  | 5,27            | 1,63    | 0          | 3,24    |        |

| <b>Selo</b> | <b>COP</b>             |
|-------------|------------------------|
| A           | $COP > 3.60$           |
| B           | $3.60 \geq COP > 3.40$ |
| C           | $3.40 \geq COP > 3.20$ |
| D           | $3.20 \geq COP > 2.80$ |
| E           | $2.80 \geq COP > 2.60$ |
| F           | $2.60 \geq COP > 2.40$ |

| G                                 | $2.40 \geq COP$        |
|-----------------------------------|------------------------|
| <b>Coefficiente de Desempenho</b> |                        |
| <b>Selo</b>                       | <b>EER</b>             |
| A                                 | $EER > 3.20$           |
| B                                 | $3.20 \geq EER > 3.00$ |
| C                                 | $3.00 \geq EER > 2.80$ |
| D                                 | $2.80 \geq EER > 2.60$ |

|   |                               |
|---|-------------------------------|
| E | $2.60 \geq \text{EER} > 2.40$ |
| F | $2.40 \geq \text{EER} > 2.20$ |

|                                       |                        |
|---------------------------------------|------------------------|
| G                                     | $2.20 \geq \text{COP}$ |
| <b>Class.de Eficiência Energética</b> |                        |

**ANEXO II: PROJETO EXECUTIVO DA UNIDADE DUQUE DE CAXIAS**



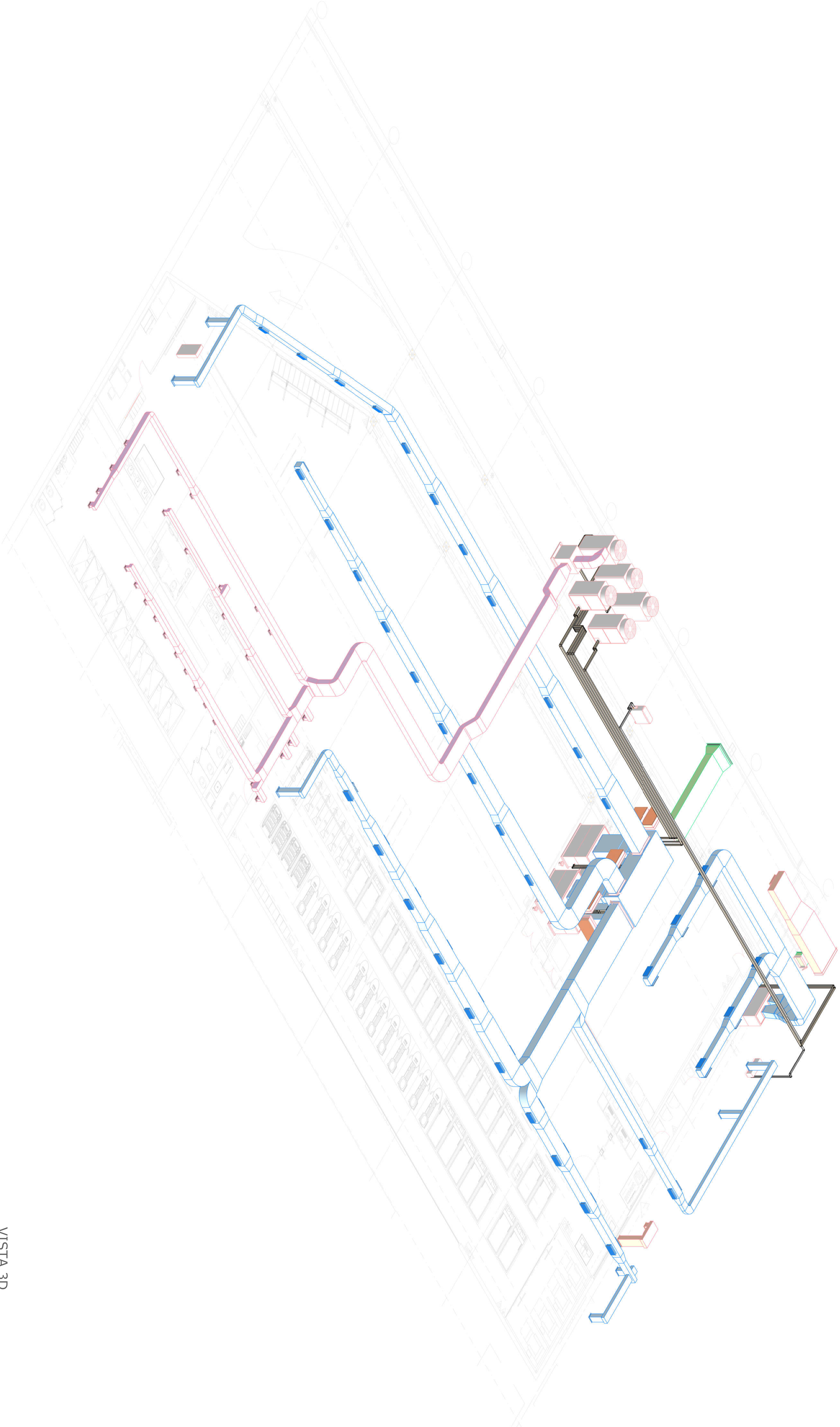


LEGENDA

|         |  |
|---------|--|
| QCR     | QUADRO COMANDO REMOTO  |
| UC      | UNIDADE COMPENSADORA   |
| UE      | UNIDADE EXPANSORA  |
| UEX     | UNIDADE EXPANSORA  |
| FTT     | ESTANÇÃO IMPLANTAÇÃO DO DUTO REFERENTE AO PRISO  |
| PI      | PORTA DE IMPLANTAÇÃO   |
| DSP     | DAMAS DE SINAL IMPLANTADO  |
| REG     | REGISTRO IMPLANTADO COM LAMINAS PROTETAS - FABRICANTE DE REG. - TIPOX, MODELO: 61005 - IN-3 (CAIXA DE MUDANÇAS - IN-3) |
| TAE     | VENZIANINA DE TOMADA DE AR ENTRADA COM REGISTRO E PLENO ASSOCIANTE DE REG. - TIPOX, MODELO: VSP-713                    |
| VPE     | VENZIANINA DE TOMADA DE AR ENTRADA - FABRICANTE DE REG. - TIPOX, MODELO: AMO-001-AMX                                   |
| VP      | VENZIANINA DE RETORNODIVISÃO NA PORTA - FABRICANTE DE REFRESCADA, TIPOX, MODELO: MS5-T                                 |
| VR      | VENZIANINA DE RETORNO - FABRICANTE DE REFRESCADA, TIPOX, MODELO: AH15A   |
| VHVA    | VENZIANINA DE RETORNO NA MURTO - FABRICANTE DE REFRESCADA, TIPOX, MODELO: AA4  |
| ST      | SERVIDOR DE SINTONIA/ASA INSTALADO NA PORTA DE RETORNO   |
| P. ÁGUA | REGISTRO PORTA DE ÁGUA - 6"X4" - A 3,60m DO PRISO E 3,60m DO PRISO 0159 mm   |
| TONDA   | REGISTRO TONDA 1500mm - 1"X 220V - A 1,50m DO PRISO  |
|         | PORTO DE DRENAGEM - 0,14" NA AL-TUBA DE INSTALAÇÃO DO SPLIT  |
|         | PORTO DE PORTA NA TRINCHA E PORTADA IMPLANTADA - C/ ATERRAMENTO  |
|         | RÁDIO SINTONIA 0159 mm   |
|         | DUTO DE IMPLANTADO EM CHAMA DE AÇO GALVANIZADO, A SEREM DESCRITIVOS  |
|         | DUTO DE RETORNO EM CHAMA DE AÇO GALVANIZADO, A SEREM DESCRITIVOS   |
|         | DUTOS DE AR ENTRADA EM CHAMA DE AÇO GALVANIZADO, A SEREM DESCRITIVOS   |
|         | DUTOS DE AR EXAUSTÃO EM CHAMA DE AÇO GALVANIZADO, A SEREM DESCRITIVOS  |
|         | DUTOS DE EXAUSTÃO EM CHAMA DE AÇO GALVANIZADO, A SEREM DESCRITIVOS, ISOLADOS COM MANTA DE Lã DE VIDRO, ESP. 25MM       |
|         | SISTEMA AS CONCEITO/COMO TIPO A SER ADQUIRIDO  |

OBSERVAÇÕES

- OS PORTOS DE PORTA E IMPLANTAÇÃO E IMPLANTAÇÃO ENTRE OS EQUIPAMENTOS DEBEM SER COMPLETAMENTE CORRESPONDENTES, A MANTER O EQUIPAMENTO QUANDO DE SEU APLICADO, SENDO POSSÍVEL SOLUCIONAR O PROBLEMA NO COMBATEMENTO DOS COMODOS REFERENTES A LUBRIFICANTES.
- A LUBRIFICANTE DEBEM SER COMPLETAMENTE CORRESPONDENTES A MANTER O EQUIPAMENTO QUANDO DE SUA APLICADO.
- OS SERVIDORES DEBEM SER INSTALADOS EM LOCALIZADO COM BOM VENTILADO.
- ANTES DE IMPLANTAR O EQUIPAMENTO DEBEM SER VERIFICADOS OS EQUIPAMENTOS QUANDO DO APLICADO DOS SERVIDORES.
- OS SERVIDORES E A IMPLANTAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DEBEM SER VERIFICADOS COM A MANTA E O MANTER O EQUIPAMENTO.
- A SERVIDOR DEBEM SER INSTALADOS EM LOCALIZADO COM BOM VENTILADO.
- A SERVIDOR DEBEM SER INSTALADOS EM LOCALIZADO COM BOM VENTILADO.



VISTA 3D

| DATA       | REVISÃO | CONTENIDO                    | ELABORADO      | APROVADO       | DATA       |
|------------|---------|------------------------------|----------------|----------------|------------|
| 02/03/2024 | 01      | REVISÃO DE CORREÇÃO DE ERROS | DANIEL SEROLLI | DANIEL SEROLLI | 02/03/2024 |
| 01/03/2024 | 00      | REVISÃO DE CORREÇÃO DE ERROS | DANIEL SEROLLI | DANIEL SEROLLI | 01/03/2024 |
| 28/02/2024 | 00      | REVISÃO DE CORREÇÃO DE ERROS | DANIEL SEROLLI | DANIEL SEROLLI | 28/02/2024 |

OBJETO: SMART FIT ACADEMIA INTELIGENTE - DUQUE DE CAXIAS 3

CLIENTE: RUA JOSÉ DE ALVARENGA, 95 - LOJA Q - CENTRO - DUQUE DE CAXIAS / RJ

PROJETISTA: **smart fit** ASSINATURA: *[Assinatura]* EMPRESA: smart fit ENGENHARIA ASSINATURA: *[Assinatura]* EMPRESA: JP PROJETOS

|             |                |         |        |          |          |
|-------------|----------------|---------|--------|----------|----------|
| TÍTULO:     | PROJETO:       | ESCALA: | DATA:  | PÁGINA:  | REVISÃO: |
| VISTA 3D    | A1 EXT         | S/FSC   | MAR/20 | ACADEMIA | 003 R02  |
| PROJETISTA: | DANIEL SEROLLI |         |        |          |          |

