



CENTRO UNIVERSITÁRIO RITTER DOS REIS
ÂNIMA EDUCAÇÃO
MÔNICA MORAES DE FIGUEIREDO

AR-CONDICIONADO – Projeto de implantação em uma edificação familiar

Porto Alegre
2023

MÔNICA MORAES DE FIGUEIREDO**AR-CONDICIONADO – Projeto de implantação em uma edificação familiar**

Trabalho de conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Mecânica do Centro Universitário UniRitter, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel.

Orientador: Prof. Sergio Luiz Telles Bartex, Dr.

Porto Alegre
2023

MÔNICA MORAES DE FIGUEIREDO

AR-CONDICIONADO – Projeto de implantação em uma edificação familiar

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário Ritter dos Reis.

FAPA- POA, RS, 16 de junho de 2023.

Professor e Orientador Prof. Sergio Luiz Telles Bartex, Dr.
Centro Universitário Ritter dos Reis

Dedico esse trabalho a todos que estiverem do meu lado, que me ajudaram e me apoiaram a chegar até aqui, onde não posso deixar de destacar a notável dedicação do Prof. Sergio Luiz Telles Bartex, ao me auxiliar na produção deste.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me permitido ter uma família e amigos que me fizeram chegar até aqui, por abrir os meus caminhos e abrir janelas, quando portas se fecharam e principalmente por me fazer ser quem sou.

Agradeço também aos meus pais, Abílio Gueiral de Figueiredo e Pamela Adriana Soares de Moraes que me incentivaram sempre ao estudo, e a buscar conhecimento, investindo na minha educação. Sacrificando-se para que boa parte da minha faculdade fosse possível, dando tempo de adquirir conhecimentos para atuar e conseguir assumir esta responsabilidade, fazendo com que eu chegasse até aqui. Te amo mãe, te amo pai! A minha irmã Milene Moraes de Figueiredo, que é o meu exemplo de dedicação, e ao meu cunhado Mauricio Rodrigues, que sempre esteve a disposição para o que eu precisasse.

Dedico e agradeço também, ao meu namorado, Leonardo Santos da Rocha, que esteve ao meu lado em todo período da graduação, me ajudando e me apoiando de todas as maneiras possíveis, nos momentos bons e nos mais difíceis que já passei e principalmente por ser o meu alicerce em todos os momentos.

A Elen Zatti que está comigo desde o início, como colega e amiga, onde por mais que com caminhos separados por engenharias distintas, nunca dispensamos ajuda e apoio uma a outra.

Aos meus sogros, que sempre estenderam a mão, não importando o motivo ou necessidade que houvesse. Seja numa cadeira EAD de humanas, ou uma questão impossível de alguma matéria obscura por aí.

Ao nosso querido Professor e Doutor, José Antônio Colvara de Oliveira (*in memoriam*), que nos deixou há pouco tempo, onde ministrou a cadeira de TCC 1, me dando base para agora estar escrevendo este TCC, sendo um eximo professor, não só nesta, mas como em todas cadeiras na qual ensinava. Você foi um verdadeiro mestre para todos, uma perda lastimável para engenharia, descanse em paz e saiba que todos seus alunos e alunas sentem muito a sua falta.

Agradeço também a todos os professores, que em todos esses anos de faculdade me estenderam a mão, me auxiliaram, e não duvidaram da minha capacidade, em especial ao professor Sergio Luiz Telles Bartex por ter me orientado pacientemente e ao Professor Jean De Dieu Mveh Minsoungui por ser uma inspiração.

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo realizar um projeto de ar condicionado em uma edificação residencial unifamiliar localizada na zona norte de Porto Alegre, Rio Grande do Sul. Em frente à residência existe uma árvore de sombreamento, na qual sua raiz está em expansão por baixo da terra, levantando pisos, grades e até alterando a estrutura da casa. Além disso, há riscos de queda de grandes galhos, ocasionando prejuízo para os moradores. Por estes motivos ela será retirada, o que traz a necessidade da implementação de ar condicionados, pois a incidência de luz solar atingira a casa diretamente, aumentando sua temperatura. Para isso, foi realizada a comparação da carga térmica por dois meios: com o auxílio de uma planilha de cálculo implementada no software Microsoft Excel seguindo a NBR 16655-3 (2019), e a “calculadora de btus” para ambientes da Frigelar, como um balizador dos resultados. Foram Analisados diversos fatores de influência na temperatura, como iluminação, quantidade de pessoas, equipamentos, e a insolação antes e depois da retirada da árvore. Após à análise das diferenças de cargas, diante dos resultados apresentados, foi comparado a implementação de dois tipos de sistemas, sendo um sistema individualizado, climatizando cada peça individualmente, e o outro sistema, *VRF-Variable Refrigerant Flow* que é um sistema com várias evaporadoras e apenas uma condensadora. Os resultados mostraram que a retirada da árvore aumenta em 34% a carga térmica do ambiente que recebe carga intensa de sol. Efetuando os cálculos, conclui-se que será necessário 80.545 BTU/h para atender a carga total da residência. Na pesquisa de mercado o sistema de *VRF* tem um custo de R\$62.875,00 e o sistema de split instalado tem um custo de R\$39.294,00. Apesar do custo ser de 37,5% mais elevado, optou-se pelo *VRF* sendo ele mais amigável com o meio ambiente, pois seu sistema de fluxo de gás refrigerante variável alcança a temperatura desejada mais rápido, sem oscilações de energia, gerando uma economia de até 40% comparado com o outro sistema. O retorno do investimento foi estimado em de 4 anos para a diferença dos sistemas.

Palavras-chave: Climatização. Ar condicionado. Conforto Térmico. *VRF*. Inverter.

ABSTRACT
(ou *RESUMEN*, ou *RÉSUMÉ*, ou *RIASSUNTO*)

The present work aimed to carry out an air conditioning project in a single-family residential building located in the northern zone of Porto Alegre, Rio Grande do Sul. In front of the residence, there is a shading tree whose root is expanding underneath the ground, lifting floors, fences, and even altering the structure of the house. Additionally, there are risks of large branches falling, causing damage to the residents. For these reasons, the tree will be removed, which necessitates the implementation of air conditioning since direct sunlight will reach the house, increasing its temperature. For this purpose, the thermal load was compared using two methods: with the aid of a calculation spreadsheet implemented in Microsoft Excel software following NBR 16655-3 (2019), and the "BTU calculator" for environments provided by Frigelar, as a benchmark for the results. Various factors influencing the temperature were analyzed, such as lighting, number of people, equipment, and insolation before and after the tree removal. After analyzing the differences in loads and considering the results presented, the implementation of two types of systems was compared: an individualized system, air conditioning each room individually, and the Variable Refrigerant Flow (VRF) system, which consists of multiple indoor units and a single outdoor unit. The results showed that the removal of the tree increases the thermal load of the heavily sun-exposed area by 34%. Through the calculations, it was concluded that 80,545 BTU/h will be necessary to meet the total load of the residence. In the market research, the VRF system has a cost of R\$62,875.00, while the installed split system has a cost of R\$39,294.00. Despite the cost being 37.5% higher, the VRF system was chosen as it is more environmentally friendly. Its variable refrigerant flow achieves the desired temperature more quickly, without energy fluctuations, resulting in savings of up to 40% compared to the other system. The return on investment was estimated at 4 years for the difference between the systems.

Keywords: Air conditioning. Thermal comfort. VRF. Inverter.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1:Um dos principais refrigeradores domésticos comercializados.....	21
Figura 2:Sistema de ar-condicionado de expansão direta (condensação de ar).....	22
Figura 3:Sistema de ar-condicionado de expansão indireta (água gelada com condensação de ar).....	22
Figura 4:Aparelho de janela – Vista interna.	23
Figura 5:Unidade de ar condicionado instalado na janela.....	24
Figura 6:Split instalado em residência unifamiliar.	24
Figura 7:Funcionamento do sistema.	25
Figura 8:Ar condicionado VRF.	26
Figura 9:Sistema self-contained com condensação a ar - Vista Frontal.....	27
Figura 10:Representação do Sistema "self contained" com condensação a ar - Vista	27
Figura 11:Base estrutural na cobertura para receber o equipamento do ar condicionado do HBDF - SES DF	28
Figura 12:Sistema Central com condensação a ar remota – Distribuição de ar condicionado por meio de dutos.....	28
Figura 13:Condições de temperatura e umidade do ar externo para o verão.	31
Figura 14:Condições de temperatura e umidade interna de referência para o verão.	31
Figura 15:Fluxograma de planejamento de projeto.	37
Figura 16:Residência onde foi realizado o projeto.	38
Figura 17:Carga térmica interna em função de iluminação.	39
Figura 18:Carga térmica interna em função de equipamentos.....	40
Figura 19:Carga térmica interna em função de pessoas.....	40
Figura 20:Fator de ganho de calor por insolação SHGF em W/m^2	41
Figura 21:Carga de insolação – Fator de carga de resfriamento às 16h.....	41
Figura 22:Coeficientes de transmissão de calor através de piso, parede interna e janelas.....	42
Figura 23:Coeficientes de transmissão de calor através de superfícies opacas (paredes, pisos, lajes e telhados).....	43
Figura 24:Coeficientes de sombreamento (adimensional) para películas protetoras e sombreamento interno (cortinas).....	44
Figura 25:Calculadora Frigelar.....	45

Figura 26:Projeto Arquitetônico.	46
Figura 27:Captura da vista leste.....	47
Figura 28:Planta Metragem.	47
Figura 29:Planta baixa da sala de TV.	49
Figura 30:Planta baixa <i>SPLIT</i>	56
Figura 31:Planta baixa <i>VRF</i>	58
Figura 32:Planta <i>VRF</i> condensadora.	58
Figura 33:Diagrama da tubulação.	59
Figura 34:Diagrama elétrico das instalações.....	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Ambiente x Área da residência.....	39
Tabela 2: Carga térmica com e sem a árvore, método 1.	48
Tabela 3: Capacidade térmica com e sem a árvore, método 2.	52
Tabela 4: Cargas de projeto em BTU/h, TR e HP.	53
Tabela 5: Cargas de projeto x capacidade de mercado <i>SPLIT</i>	54
Tabela 6: Cargas de projeto x capacidade de mercado <i>VRF</i>	54
Tabela 7: Seleção de máquinas <i>SPLIT</i>	55
Tabela 8: Seleção de máquinas <i>VRF</i>	57

LISTA DE QUADROS

Quadro 1:Carga térmica com a árvore, método 2.	50
Quadro 2:Carga térmica sem a árvore, método 2.	51

LISTA DE EQUAÇÕES

(1) 33
(2) 42
(3) 43

Sumário

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA	17
1.2 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	17
1.3 OBJETIVOS DA PESQUISA	17
1.3.1 Objetivo geral	18
1.3.2 Objetivos específicos	18
1.4 JUSTIFICATIVA	18
2 REVISÃO DE LITERATURA	20
2.1 CONTEXTO HISTÓRICO DA CLIMATIZAÇÃO	20
2.2 SISTEMAS DE AR-CONDICIONADO	21
2.3 CONDICIONADORES DE AR	23
2.3.1 Tipo Janela ou Parede	23
2.3.2 Tipo <i>Split</i>	24
2.3.3 Tipo VRF	25
2.3.4 Self-contained	26
2.3.5 Sistemas Centrais	28
2.4 CONFORTO TÉRMICO	29
2.4.1 Parâmetros de conforto térmico	29
2.5 CARGA TÉRMICA	30
2.6 RENOVAÇÃO DE AR E A LEGISLAÇÃO	32
2.7 EFICIÊNCIA DE AR CONDICIONADOS (COP/EER)	32
2.8 ESTADO DA ARTE	33
2.8.1 Cargas térmicas em edificações	33
2.8.2 Eficiência energética no uso de ar condicionados	35
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	37
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	37

	14
3.2 DADOS E CONSIDERAÇÕES INICIAIS	38
3.2.1 Ambientes	38
3.3 CARGAS	39
3.3.1 Iluminação	39
3.3.2 Equipamentos	40
3.3.3 Número de pessoas	40
3.3.4 Insolação	41
3.3.5 Renovação do ar	42
3.3.6 Condução de calor pelas paredes	42
3.3.7 Calor total Interno	43
3.3.8 Fator de sombreamento	43
3.3.9 Software	44
3.3.10 Calculadora Frigelar	44
3.4 COMPARATIVO	45
3.5 LOCALIZAÇÃO ESPACIAL DA RESIDÊNCIA	45
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
4.1 CARGA TÉRMICA	46
4.3 PRIMEIRO MÉTODO	48
4.3.1 Ambientes com e sem a árvore	48
4.4 SEGUNDO MÉTODO.....	49
4.4.1 Ambientes com e sem a árvore	49
4.4.2 Cálculo das cargas	49
4.4.3 Todos ambientes a serem climatizados	52
4.4.4 Conversão para unidades usuais	53
4.4.5 Conversão em unidades de mercado para <i>SPLIT</i>	54
4.4.6 Conversão em unidades de mercado para <i>VRF</i>	54
4.5 SISTEMAS	55

4.5.1 Orçamento de <i>split</i> na residência	55
4.5.2 Sistema com <i>split</i>	56
4.5.3 Custos do sistema de Split Inverter.....	56
4.5.4 Gasto energético do sistema de <i>Split</i> inverter	57
4.5.5 Orçamento de <i>VRF</i> na residência	57
4.5.6 Sistema com <i>VRF</i>	58
4.5.7 Custos do sistema <i>VRF</i>	60
4.5.8 Gasto energético do sistema de <i>VRF</i>	60
4.6 CONSIDERAÇÕES	60
5 CONCLUSÃO E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	62
REFERÊNCIAS.....	64

1 INTRODUÇÃO

A importância da qualidade do ar em ambientes fechados, promove segurança e saúde a quem vive no ambiente. Nos dias atuais, com as elevadas temperaturas se alterando ao longo do dia, e o avanço da tecnologia, criou-se a necessidade de aprimoramento dos equipamentos de conforto térmico, fazendo com que exista várias opções de equipamentos de refrigeração. Conforme a ABNT NBR16401-3 (2019) pode-se afirmar que por meio de renovação do ar exterior e a filtragem do ar insuflado e uma manutenção correta, é possível reduzir bruscamente a concentração de poluentes de todos os tipos, como os gasosos, biológicos e químicos.

No presente trabalho será selecionado o equipamento adequado, havendo um estudo do dimensionamento para refrigerar o ambiente, aplicando os conhecimentos específicos da carga térmica, fazendo a escolha do aparelho correto para atender a demanda local.

No processo da escolha do equipamento adequado, deve-se analisar as características do espaço, condições de instalação, dispersão do ar, quantidade de pessoas no ambiente, número de janelas, incidência solar e geração de calor por aparelhos como *freezer*, televisões, computadores e etc...

Há a necessidade de um estudo da edificação, custo do investimento, gasto energético, dimensionamento da rede, na metodologia apresentaremos como será o caminho para chegar a valores que importam para essa seleção. Já nos resultados, será apresentado o que foi encontrado, utilizando a metodologia, comparando e discutindo os resultados obtidos e apresentando a seleção dos equipamentos adequados para o local de projeto.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Alguns princípios são aplicados na utilização de sistemas de ar-condicionado, como controle de temperatura e da umidade, movimentação, filtragem e renovação do ar. Independentemente do tipo de ar condicionado selecionado, todos contribuem para climatizar um ambiente, além de lidarem com a questão da pureza do ar, e trazem assim, um local fresco. Os diferentes tipos de ar-condicionado possuem algumas semelhanças em suas funções, e cabe ao engenheiro responsável pelo projeto, designar o sistema com as especificações que funcionam melhor em cada situação.

A eficiência energética do sistema de climatização se deve a inserção do ar exterior dentro do estabelecimento para o conforto térmico adequado dos seus ocupantes. Este conforto térmico é essencial para manter um ambiente agradável, portanto, é necessário a escolha certa do equipamento e do dimensionamento correto deste sistema.

Este trabalho se propõe a responder à seguinte questão de pesquisa: Como dimensionar corretamente um sistema de ar-condicionado de acordo com as necessidades propostas?

1.2 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

O estudo será realizado em Porto Alegre, Rio Grande do Sul, em uma residência unifamiliar, na zona norte, onde busca-se chegar na melhor solução para o conforto térmico adequado. No local, há uma árvore que proporciona sombreamento, mas suas raízes estão se expandindo por baixo da terra, levantando pisos, grades e até causando alterações na estrutura da casa. Além disso, a árvore tem uma grande altura, o que representa riscos de queda de galhos volumosos, resultando em danos para os moradores, como quebra de telhas e até mesmo quedas sobre veículos.

1.3 OBJETIVOS DA PESQUISA

Os objetivos do presente trabalho foram divididos em objetivo geral e objetivos específicos, os quais são apresentados a seguir.

1.3.1 Objetivo geral

O presente trabalho busca dimensionar um sistema de climatização para uma residência unifamiliar em Porto Alegre, Rio Grande do Sul adequando-a em relação às leis e normas vigentes no país cujo a residência tem uma árvore de sombreamento que será retirada, aumentando a incidência de energia solar na residência.

1.3.2 Objetivos específicos

- Verificar os tipos de sistema de climatização;
- Apresentar um comparativo entre os principais sistemas;
- Verificar o melhor sistema a ser aplicado;
- Deduzir os fatores determinantes para a adoção do sistema empregado;
- Apresentar uma planilha de cálculo da carga térmica com uso das ferramentas do *Excel*;
- Apresentar o projeto utilizando *AutoCad* com o sistema definido.

1.4 JUSTIFICATIVA

A escolha desta residência unifamiliar para a realização deste trabalho, se deu pela necessidade de retirada da árvore de sombreamento presente no local. A área de construção da residência é de 121m² de construção, e demanda a implementação de um sistema de climatização, a ser selecionado de acordo com o projeto dimensionado.

O presente trabalho se justifica pela necessidade de fornecer parâmetros técnicos para implementação de um sistema de climatização, atendendo as necessidades do local e suas especificações e capacidades, se enquadrando nas normas Brasileiras de climatização.

Escolher um sistema de climatização adequado a edificação em questão, tem um papel importantíssimo para o desempenho mais adequado e eficiente do sistema instalado, de acordo com Araújo (2011) e Souza (2010), que comparam sistemas de condicionamento de ar de diferentes tipos em busca de uma melhor eficiência.

Além da escolha do sistema, a escolha dos equipamentos que possuem alta eficiência, e o cálculo preciso da carga térmica, são fatores que influenciam muito nessa implementação. Os equipamentos de climatização cada vez mais modernos, possuem um melhor aproveitamento da eficiência energética, devido muito a procura e conscientização da população, cada vez mais preocupada com o meio ambiente.

Contudo, a escolha do sistema a ser adotado fica a critério do projetista, desde que atenda as condições técnicas prescritas nas normas e instruções técnicas que tratam do assunto e neste trabalho poderemos avaliar os critérios necessários e determinar qual sistema se adequa ao empreendimento.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CONTEXTO HISTÓRICO DA CLIMATIZAÇÃO

Quando se trata de climatização, devemos mencionar como tudo começou, segundo Costa (2011), antes mesmo de inventarem formas tecnológicas de climatização, já existia a necessidade e a possibilidade de prolongar a durabilidade dos alimentos por meio de resfriamento. Se usava gelo natural, neve, adegas subterrâneas e outros métodos.

O uso de refrigeração para alimentos por meio de gelo natural era usado desde antes de Cristo, pelos chineses, civilizações gregas e romanas. De acordo com Ferraz (2008), os chineses o colhiam nas superfícies dos rios e lagos e conservavam em poços cobertos com palha e cavados na terra. Já as civilizações gregas e romanas usavam o gelo do pico das montanhas, por meio de trabalho escravo, para colocar em bebidas e alimentos gelados.

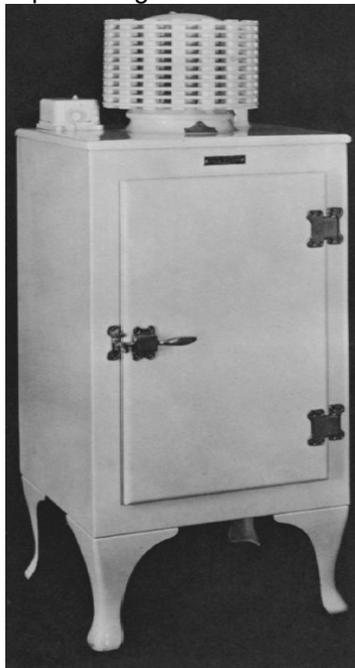
Porém, segundo esses mesmos autores, a obtenção do gelo era totalmente dependente da natureza, já que era obtido de maneira natural e dependia do clima local, ou seja, era difícil conseguir a matéria prima necessária, e para chegar em países quentes se perdia muito por derretimento além de ter um transporte demorado. Sendo assim, engenheiros e pesquisadores foram atrás de meios de obter gelo de maneira artificial, através de pesquisas, de forma que não dependessem mais da natureza. Esses estudos foram realizados em meados de 1834 onde foi inventado, o primeiro sistema mecânico de fabricação de gelo artificial, nos Estados Unidos.

Segundo Ferraz (2008, p. 17) “Em 1855 surgiu na Alemanha outro tipo de mecanismo para a fabricação do gelo artificial, este, baseado no princípio da absorção, descoberto em 1824 pelo físico e químico inglês Michael Faraday”. Porém, de acordo com Miller & Miller (2014, p. 50) “O gelo só começou a ser fabricado artificialmente em escala comercial, no sul dos estados únicos, por volta de 1880”.

Até o ano de 1920, não se encontrava refrigeradores domésticos para comercialização. Durante esta década, iniciou-se a indústria do ar-condicionado, enquanto simultaneamente, a indústria da refrigeração se expandia, estando presente na grande maioria das casas, no nosso trabalho, nas fabricas, e até mesmo nos nossos veículos, sendo usada em setores diversos, desde a fabricação do café instantâneo as mais modernas técnicas cirúrgicas, afirmam Miller & Miller (2014). Na

figura 1 pode-se observar um dos principais refrigeradores domésticos comercializados.

Figura 1:Um dos principais refrigeradores domésticos comercializados.



Fonte: Miller & Miller (2014).

Conforme Carrier (2012) o primeiro ar-condicionado utilizado para controlar a temperatura em ambientes fechados foi criado em 1902 pelo engenheiro Willys Carrier, sendo o primeiro modelo de um condicionador de ar. Em 1914, Carrier, desenvolveu um aparelho que poderia ser utilizado em residências, porém era muito maior e tinha o funcionamento mais simples, que os aparelhos convencionais de hoje. Esse mesmo engenheiro foi o responsável pelo desenho do primeiro ar-condicionado para hospitais. Ele foi desenvolvido visando aumentar a umidade do berçário do hospital de Pittsburg, que acolhia bebês que haviam nascido de forma prematura.

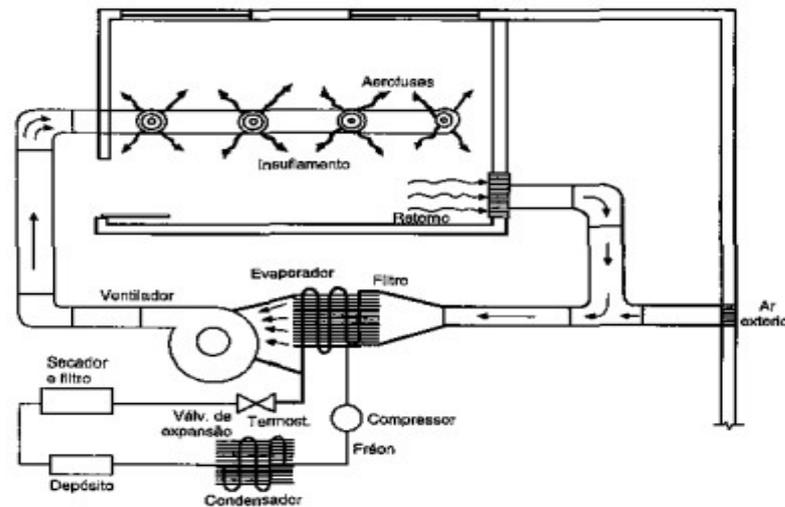
2.2 SISTEMAS DE AR-CONDICIONADO

Segundo Creder (1997), os sistemas de ar-condicionado podem ser classificados em dois grupos. O primeiro, é um sistema de expansão direta, onde se recebe a carga de ar quente ou fria por um sistema de dutos ou diretamente pelo condicionador de ar. O ar passa pela serpentina a qual circula o refrigerante e desta forma perdendo calor para ela. O segundo grupo, é de expansão indireta, onde é utilizado uma forma secundária para retirar a carga térmica pelo ar quente ou frio do

condicionador de ar. Sistema que utiliza unidades de produção de água gelada (*Chillers*). A água gelada produzida é distribuída pelos equipamentos. Nestes equipamentos, existe uma serpentina – por onde circula a água fria – que é atravessada pelo ar a tratar, que em contato com ela resfria.

No sistema de expansão direta, conforme Figura 2, pode-se analisar os ar-condicionado do tipo janela, *split*, *self-contained*, *VRF* e o *split* para duto, onde se faz o uso da condensação do ar como meio de resfriamento.

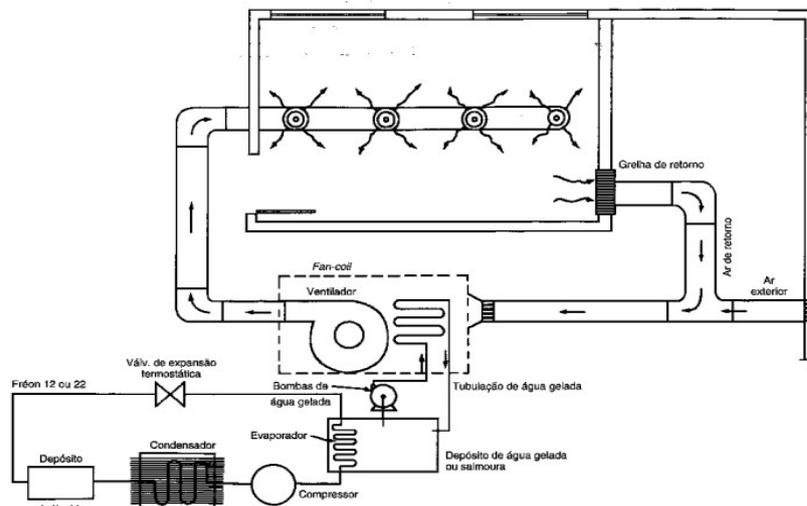
Figura 2: Sistema de ar-condicionado de expansão direta (condensação de ar).



Fonte: Creder (1997).

Já no sistema de expansão indireta, Figura 3, trata-se de um exemplo equipamentos como *chiller*, *fancoil* e equipamentos auxiliares que utilizem água gelada como meio de resfriamento.

Figura 3: Sistema de ar-condicionado de expansão indireta (água gelada com condensação de ar).



Fonte: Creder (1997).

2.3 CONDICIONADORES DE AR

Os condicionadores de ar são definidos pela ABNT NBR 16655-1 (2018) como: “Equipamento completo e autossuficiente para resfriar/aquecer um ambiente a ser condicionado para conforto humano.” (ABNT NBR 16655-1, 2018, p. 08).

A aplicação dos condicionadores de acordo com Araujo (2011):

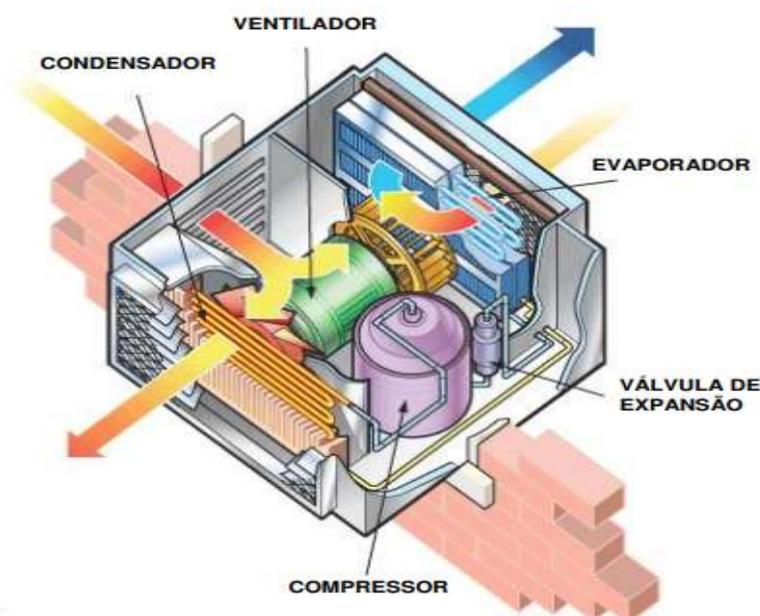
Condicionamento de ar, segundo a definição técnica de aplicação, é um processo de tratamento de ar destinado a controlar simultaneamente: temperatura do ar, umidade relativa do ar (obtida pela retirada ou pela colocação de vapor de água no ar), pureza (filtros), distribuição de ar (ventilador, difusor, duto) de um ambiente. (ARAUJO, 2011, p.03)

2.3.1 Tipo Janela ou Parede

Para a Dufrio (2017) o ar-condicionado tipo janela, como apresentado na Figura 4 e Figura 5, são máquinas que estão a bastante tempo no mercado. Esse equipamento concentra todos os seus componentes em uma única caixa, fazendo *jus* ao nome, ficam do uma parte para dentro e uma para fora da janela/parede, de maneira tradicional e mais acessível financeiramente. Esse tipo de ar condicionado conta com maior consumo de energia e maior ruído em relação aos outros tipos de ar condicionado, além de um problema quando se trata de faixadas padronizadas.

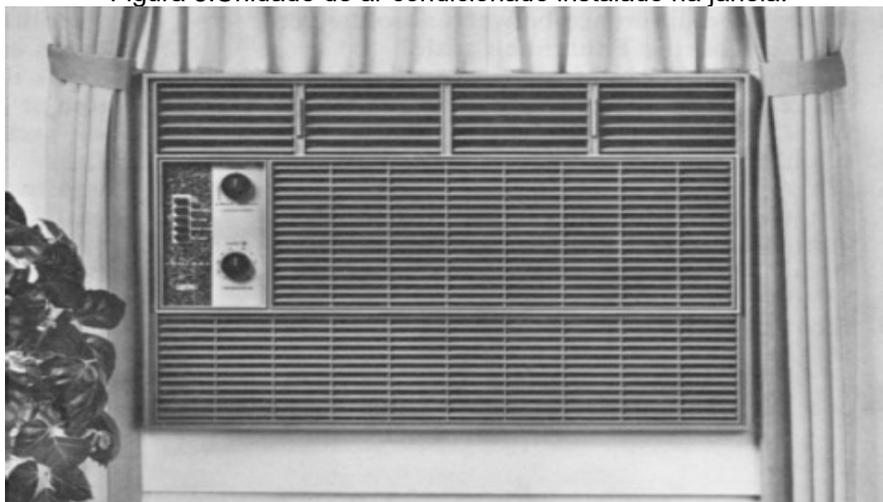
Além das desvantagens tratadas anteriormente, no dizer de Araujo (2011) são equipamentos de baixa capacidade, sem flexibilidade, porém por serem compactos, ocupam menos espaço interno e apresentam uma fácil manutenção.

Figura 4: Aparelho de janela – Vista interna.



Fonte: HowStuffWorks, s.d.

Figura 5: Unidade de ar condicionado instalado na janela.



Fonte: Miller & Miller (2014).

2.3.2 Tipo *Split*

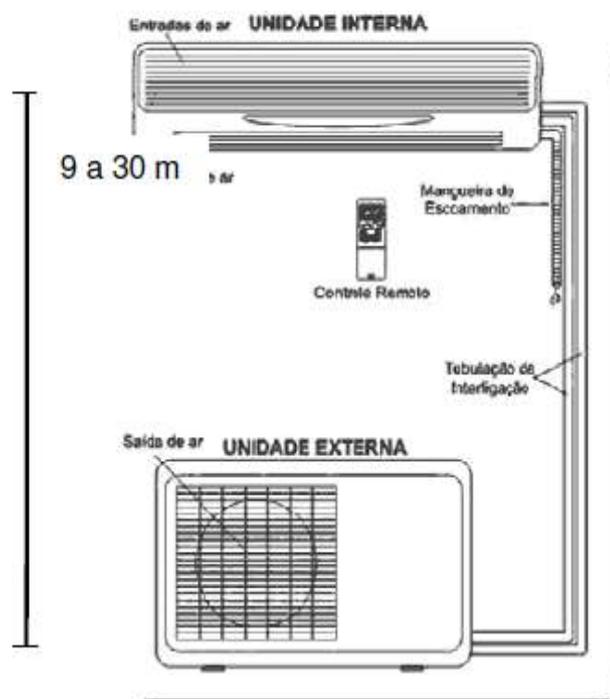
Diferente do ar-condicionado do tipo janela, na visão de Araujo (2011), o *split*, como apresentado na Figura 6 e Figura 7 onde exemplifica o funcionamento do sistema, apresenta duas partes: uma contendo o evaporador, que fica no interior do local e outra na parte de fora, interligados por tubulações. Apresenta também, menor ruído já que o condensador não fica na parte de dentro da instalação e sim na parte exterior, além de terem maior versatilidade. São equipamentos que por operarem com bomba de calor, não interferem nas fachadas do prédio e apresentam fácil manutenção, mas com instalação especializada, ou seja, com maior custo.

Figura 6: Split instalado em residência unifamiliar.



Fonte: Machado (2021).

Figura 7:Funcionamento do sistema.



Fonte: Araujo (2011).

Ainda nos dizeres de Araujo (2011) existem variações da tecnologia split encontrados no mercado, como os *split* do tipo: cassete, *multi-split*, piso-teto e o *built-in*, onde possuem o mesmo sistema de funcionamento com modificações de configurações.

Já a ABNT NBR 16655-1 (2018) os divide em *mini-split* e *multi-split*, onde ambas as opções englobam os tipos parede, piso-teto, cassete e a opção dutada, e o que difere as duas tecnologias é que o *mini-split* o circuito de refrigeração/aquecimento é separado em duas unidades a externa e a interna e o *multi-split* se trata de duas ou mais unidades na parte interna e uma externa.

2.3.3 Tipo VRF

Segundo POZZA (2011), o sistema VRF (*Variable Refrigerant Flow*), que está representado na Figura 8, é uma tecnologia que tem se mostrado muito eficiente e já está presente em muitos países, principalmente os asiáticos, como China, Japão, dentre outros e pouco utilizada nas Américas do Norte, Sul e Europa.

De acordo com a ABNT NBR 16401-1 (2008), o *VRF* é um sistema classificado como sistema central, no qual é utilizado um conjunto de unidades de tratamento de ar de expansão direta, geralmente instaladas dentro do ambiente a que servem (designadas unidades internas), cada uma operada e controlada independentemente das demais, é suprido em um fluido refrigerante líquido em vazão variável (*VRF*) por uma unidade condensadora central, instalada externamente (designada unidade externa).

Um grande diferencial deste sistema está na combinação entre tecnologia eletrônica e sistemas de automação e controle microprocessados, além de interligação de múltiplas unidades internas em um só ciclo de climatização. Destaca-se também por sua eficiência de operação, baixo nível de ruído e baixo consumo elétrico, redução que pode chegar a 30%, conceituam, Oliveira & Martins (2014).

Figura 8: Ar condicionado *VRF*.



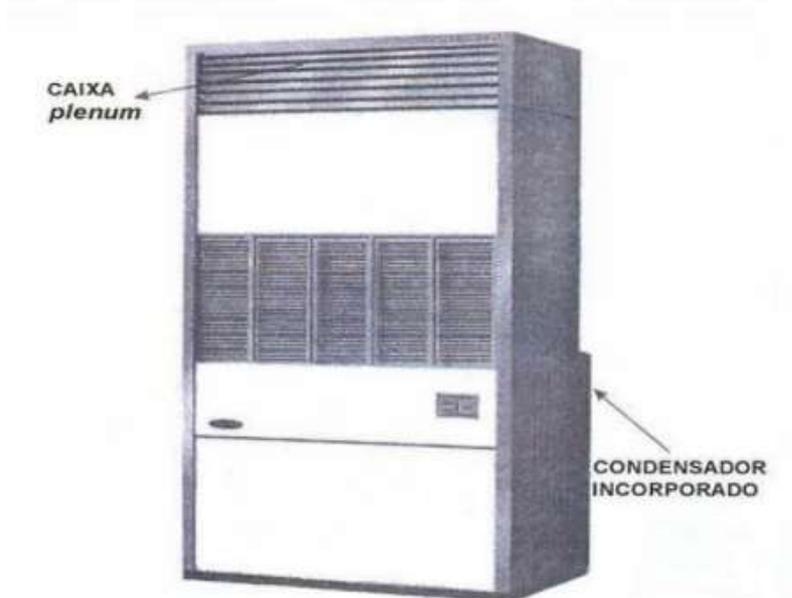
Fonte: Oliveira e Martins (2014).

2.3.4 Self-contained

Na visão de York (2014) condicionadores de ar do tipo *self-contained*, conforme ilustrado na Figura 9 e Figura 10, são equipamentos que tem aplicações domésticas, comerciais e industriais. Estes aparelhos são projetados para instalações com insuflamento de ar utilizando dutos ou apenas para funcionar com o aparelho de janela. Esses equipamentos podem ter de um a três compressores, sendo que em cada circuito há um condensador a ar ou a água, um evaporador, um compressor, um

filtro secador, um visor de líquido, uma válvula de expansão, um distribuidor de líquido, válvulas de serviço e pressostatos de alta e baixa.

Figura 9: Sistema self-contained com condensação a ar - Vista Frontal.



Fonte: Silva (2004).

Figura 10: Representação do Sistema "self contained" com condensação a ar - Vista



Fonte: Silva (2004).

Segundo Araujo (2011), esses equipamentos não apresentam um baixo custo, necessitam de mão de obra especializada, o que dificulta a instalação e abrangem faixas de 3 a 30TR, e uma boa localização de instalação é em coberturas prediais, conforme a Figura 11 abaixo:

Figura 11: Base estrutural na cobertura para receber o equipamento do ar condicionado do HBDF - SES DF

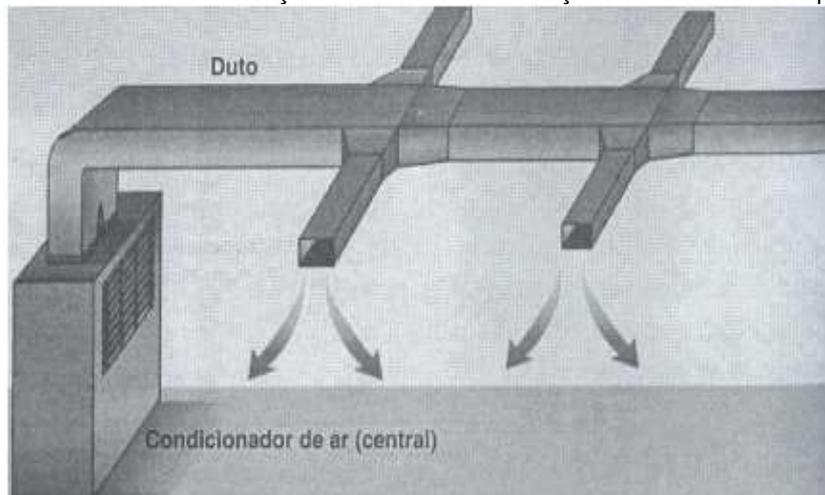


Fonte: Araujo (2011).

2.3.5 Sistemas Centrais

Os sistemas centrais, representados pela Figura 12, para Silva (2004), foram feitos para ambientes grandes, o ar condicionado central, está presente em ambientes como cinemas, bancos, indústrias, shoppings e grandes áreas comerciais. Por ser muito potente faz a temperatura se manter a mesma por todo o espaço. O sistema possui expansão indireta, necessitando de subsistemas de refrigeração, como os *chillers*, de distribuição e dissipação do calor coletado pelo sistema.

Figura 12: Sistema Central com condensação a ar remota – Distribuição de ar condicionado por meio de dutos.



Fonte: Silva (2004)

2.4 CONFORTO TÉRMICO

Conforme descrito na ABNT NBR 16401-2 (2008), podemos definir conforto térmico como um estado que esboça agrado térmico do corpo humano com o ambiente a ser habitado.

O conforto térmico é abordado também na Consolidação das Leis Trabalhistas (BRASIL, 1977), que determina quais locais de trabalho devem ter ventilação natural, adequada ao serviço realizado. Caso a ventilação natural não satisfaça as condições de conforto térmico, deve-se empregar ventilação artificial como descrito a seguir:

Se as condições de ambiente se tornarem desconfortáveis, em virtude de instalações geradoras de frio ou de calor, será obrigatório o uso de vestimenta adequada para o trabalho em tais condições ou de capelas, anteparos, paredes duplas, isolamento térmico e recursos similares, de forma que os empregados fiquem protegidos contra as radiações térmicas as condições de conforto térmico dos locais de trabalho devem ser mantidas dentro dos limites fixados pelo Ministério do Trabalho. (Lei nº 6.514, de 22.12.1977, seção VIII)

Ainda de acordo com a ABNT NBR 16401-2 (2008) são usados muitos fatores importantes que afetam o conforto térmico para determiná-lo, como a assimetria da temperatura radiante, o isolamento de roupa, o metabolismo, os parâmetros ambientais, as temperaturas do ar, do globo, operativa, radiante media e plena, da turbulência do ar, da velocidade do ar e da zona ocupada., além de os principais que são a temperatura operativa, a velocidade do ar e umidade relativa do ar.

2.4.1 Parâmetros de conforto térmico

A ABNT NBR 16401-2 (2008) apresenta parâmetros do ambiente interno que podem proporcionar conforto térmico aos ocupantes do local provido de ar condicionado, onde é apresentado alguns termos e definições.

- Isolamento de roupa: Resistência a troca de calor, que acontece entre o ambiente térmico e o corpo humano, devido a vestimenta dos ocupantes.
- Metabolismo: Taxa de transformação da energia química, em trabalho mecânico, por atividades metabólicas no organismo.
- Parâmetros ambientais: Condições ambientais que afetam o conforto.
- Temperatura do ar: Temperatura de bulbo seco do ar entre os ocupantes do ambiente.

2.5 CARGA TÉRMICA

De acordo com a ABNT NBR 16655-3 (2019):

O aumento da base instalada de equipamentos de ar-condicionado residencial em operação, trouxe como consequência o aumento na demanda e no consumo de energia elétrica, com risco de sobrecarga no sistema de geração e de distribuição. O cálculo de carga deve permitir a escolha de equipamentos com a capacidade correta, evitando o superdimensionamento na escolha do equipamento com um aumento desnecessário do consumo de energia elétrica. (ABNT NBR 16655-3, 2019, p.07).

Ainda segundo a ABNT NBR 16655-3 (2019), para o cálculo de carga térmica ideal de climatização de um ambiente, deve-se levar em consideração vários fatores determinantes, dentre eles: a diferença de temperatura da carga de resfriamento, o fator de carga do resfriamento, o fator de ganho de calor por insolação e o fator de sombreamento.

O dimensionamento dos equipamentos utilizados para refrigerar um ambiente, devem ser realizados de forma precisa, pois além do conforto térmico, devemos otimizar o consumo de energia elétrica.

A ABNT NBR 16655-3 (2019) também se refere à ABNT NBR 16401-1 (2008), que trata instalações de ar condicionado e determina os parâmetros e requisitos básicos pelo menos para projetos relevantes. A ABNT NBR 16401-1 (2008) estipula entre os requisitos que cargas de calor devem ser calculadas em quantas horas do dia forem necessárias para se obter um valor máximo, também é recomendável usar programas de computador para calcular ambientes mais complexos e deve seguir um dos métodos apresentado pela *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE)* (Sociedade Americana de Engenheiros de Aquecimento, Refrigeração e Ar Condicionado) *Transfer Function Method (TFM)* (Método de Função de Transferência) e *Radiant Time Series Method (RTS)* (Método das séries temporais radiantes).

A ABNT NBR 16655-3 (2019), propõe um cálculo que considera as condições mais críticas, corrigindo os valores da CLTD para o horário de 16h e os valores da *SHGF (Solar Heating Gain Factor)* (Fator de ganho de calor por insolação) para o mês de janeiro.

Para desenvolvimento do cálculo, a partir do método proposto, é necessário obter o conhecimento de alguns fatores de projeto, como as dimensões da construção, portas e janelas, temperatura e umidade relativa média do ar externo e interno,

matérias estruturais, orientação da insolação no local, quantitativo de pessoas, equipamentos geradores de calor a serem instalados e utilizados no local.

Para as condições de temperatura do ar, requisitados pelos fatores necessários de projeto, podemos utilizar a tabela que a ABNT NBR 16655-3 (2019) fornece, com a média de temperaturas no verão de algumas cidades brasileiras, onde podemos observar na Figura 13, a mesma também traz fatores importantes para o cálculo, como umidade absoluta, entalpia e o volume específico.

Figura 13: Condições de temperatura e umidade do ar externo para o verão.

Cidade	Altitude m	Temperatura máxima de bulbo seco °C	Temperatura de bulbo úmido coincidente °C	Umidade absoluta kg de vapor /kg ar seco	Volume específico m ³ /kg	Entalpia kJ/kg
Belém	16	33,2	25,9	0,018 2	0,895	79,87
Brasília	1 060	32,2	17,1	0,008 2	0,995	53,32
Porto Alegre	3	34,7	24,6	0,018 6	0,898	82,43
Recife	10	34,0	27,1	0,019 9	0,899	85,20
Rio de Janeiro	3	34,1	25,2	0,016 6	0,894	76,72
São Paulo	802	32,1	20,4	0,011 7	0,970	62,29
Teresina	67	38,2	23,5	0,012 3	0,907	69,95
Referência 1	50	35	25	0,016 0	0,901	76,13
Referência 2	750	35	25	0,017 8	0,982	80,78

NOTA Os valores de referência podem ser usados em caso de dúvida da cidade equivalente em termos de clima.

Fonte: NBR 16655-3 (2019).

A NBR 16655-3 (2019) também traz a Figura 14, que cita as condições ideais de temperatura internas para o verão.

Figura 14: Condições de temperatura e umidade interna de referência para o verão.

Ar interno	Altitude m	Temperatura de bulbo seco °C	Umidade relativa %	Pressão atmosférica kPa	Umidade absoluta kg/kg	Volume específico m ³ /kg	Entalpia kJ/kg
Condição 1	50	24,0	50,0	100,73	0,009 4	0,860	47,92
Condição 2	50	26,0	50,0	100,73	0,010 6	0,867	53,03
Condição 3	500	24,0	50,0	95,46	0,009 9	0,908	49,25
Condição 4	500	26,0	50,0	95,46	0,011 2	0,916	54,54
Condição 5	750	24,0	50,0	92,63	0,010 2	0,936	50,03
Condição 6	750	26,0	50,0	92,63	0,011 5	0,944	55,43
Condição 7	1 000	24,0	50,0	89,87	0,010 5	0,965	50,84
Condição 8	1 000	26,0	50,0	89,87	0,011 9	0,974	56,34

NOTA As condições de temperatura de bulbo seco de 26 °C são consideradas como valores para instalações de menor custo inicial e operacional (energia elétrica) sem a perda do conforto.

Fonte: NBR 16655-3 (2019).

2.6 RENOVAÇÃO DE AR E A LEGISLAÇÃO

Diversas normas (ABNT 16401, Lei 13.589/2018, portaria nº 3523 do Ministério da saúde de 1998 e a Resolução-Re nº 09 de 2003 da ANVISA) e códigos de construção (códigos sanitários e de obras em geral) determinam a quantidade de ar fresco necessária para uma determinada aplicação e os vários métodos para obter uma qualidade de ar interna aceitável.

A NBR não se trata de uma lei, porém é uma norma que atua nos padrões da ABNT. A Norma Brasileira 16401 organiza os parâmetros necessários para os projetos para sistemas de ar-condicionado centrais e unitários.

Entrou em vigor em 2008 e substituiu outras regras antigas e está dividido em 3 partes. A ABNT NBR 16401-3, revisada em 2016 e implantada em fevereiro de 2018, indica a quantidade interna de dióxido de carbono, que leva em consideração essa substância no ar externo, e as atividades dos ocupantes do cômodo, incluindo outras mudanças.

Aprovado em janeiro do ano passado, a Lei 13.589/2018, torna o PMOC - Programa de Manutenção de Operação e Controle - obrigatório para todos os prédios públicos e comunitários. Essa mudança significa que a legislação pertinente (Portaria 3523 e Resolução 9 da Anvisa) e as normas da ABNT são fortalecidas e tornadas obrigatórias. A nova lei aumenta a conscientização e controla as atividades relacionadas à manutenção dos sistemas de ar condicionado.

O Programa de Manutenção de Operação e Controle (PMOC), instituído pelo Decreto nº. 3.523 do Ministério da Saúde, dia 28 de agosto de 1998, é um documento de referência para a implementação de atividades e serviços de climatização interna, propõe medidas básicas de referência e visualização para verificar a limpeza, remover fisicamente a sujeira para manter a segurança e a eficiência de todos os componentes do sistema de ar condicionado para manter a Qualidade do Ar interior (IAQ) e prevenir riscos à saúde dos moradores (funcionários e visitantes desses ambientes). Esses procedimentos estão detalhados no Anexo 1 do Decreto.

2.7 EFICIÊNCIA DE AR CONDICIONADOS (COP/EER)

Um fator importante a ser considerado fazendo a análise dos sistemas de refrigeração é o coeficiente de performance (COP). Diferente de outros índices, o COP

é a razão entre a capacidade de remover calor e a potência consumida pelo ciclo, e devem possuir as mesmas unidades, pois se trata de um coeficiente adimensional.

De acordo Stoecker & Jones (1985), Apesar de ser um ciclo teórico, calculando o COP podemos determinar quais as variáveis que mais impactam no processo, quanto maior o valor, maior o rendimento. COP é definido por:

$$COP = \frac{ENERGIA\ UTIL}{ENERGIA\ GASTA} = \frac{Q_o}{W_c} \quad (1)$$

Segundo Carvalho *et. al.* (2012) o termo *EER* (*Energy Efficiency Ratio*), que significa o “Índice de Eficiência de Energia” é a relação entre a capacidade de refrigeração de um ar-condicionado em BTUs (Unidades Térmicas Britânicas) por hora. Quanto mais alto o *EER*, mais eficiente é o aparelho.

Ainda de acordo com o mesmo, tanto o *EER* como o COP, são índices que indicam o nível de eficiência de um aparelho de ar condicionado, onde o *EER* está associado a eficiência dos sistemas no resfriamento, e o COP está associado a eficiência no aquecimento.

2.8 ESTADO DA ARTE

2.8.1 Cargas térmicas em edificações

Baldasso (2017) estudou a melhor otimização de recursos para atingir resultados, atendendo as melhores necessidades dos usuários para este projeto. Utilizando o método *CLTD* descrito no capítulo 28 da *ASHRAE 2001 Fundamentals Handbook*, foi possível mensurar a carga térmica de cada ambiente e estabelecer pontos passíveis de melhorias.

Entre os aspectos a serem considerados, deve-se examinar, antes de tudo, as condições de projeto, orientação, forma, cargas internas e materiais utilizados no processo construtivo. 28,13% em relação ao projeto de realização inicial. Levando em consideração as dimensões das formas originais e as alterações propostas, foi alcançada uma redução de 26,2% na carga térmica dos aparelhos de ar condicionado. 0,1 kWp em um sistema de geração de energia micro solar instalado.

Bedin (2012) fez um levantamento de carga térmica para um apartamento residencial, na cidade de Cascavel, Paraná, para a implantação de sistema de

condicionamento de ar, segundo ele, para determinar o bom desempenho do projeto, parâmetros relacionados ao conforto ambiental são cruciais, mas sua importância só é verificada no uso diário da edificação. A metodologia utilizada foi a revisão em dados pré-existentes, dados coletados em campo e informações das características técnicas. Com base nos dados apresentados, pode ser feita a escolha do ar condicionado mais indicado para cada ambiente, onde foram considerados as potências encontradas comercialmente, para fins de estudo.

Assim como Baldasso (2017), Grass (2013) fez o cálculo de carga térmica segundo a *ASHRAE*, porém foi realizada a comparação entre dois sistemas de ar condicionado em um prédio residencial, para isso fez-se a utilização do software de simulação termo energética em edificações *Energy Plus* e com este, análise aprofundada da demanda de energia do prédio com os seus equipamentos internos e também o consumo energético dos sistemas de ar condicionado.

Após a simulação pode-se concluir que o sistema *HVAC* que menos consome energia, ou seja, o sistema *HVAC* que requer menos consumo durante o ano é o *VRF*. Essa característica se deve ao seu modo de operação em carga parcial, onde a carga de convecção se desvia da carga nominal, de forma que o ar condicionado pode atender apenas o ambiente que necessita de refrigeração.

Já Souza (2010) que fez uma comparação entre dois sistemas, assim como Grass (2013), apresentado um comparativo entre sistemas, porém comparando o *VRF* com sistema de água gelada, utilizando simulações e ajustando as correlações de desempenho com os dados obtidos dos catálogos dos fabricantes, os dois sistemas de ar condicionado podem ser modelados com a maior precisão possível.

Os resultados revelaram que o sistema *VRF* apresentou maior eficiência energética quando comparado ao Água Gelada, com a maior defasagem encontrada entre os meses de abril e novembro. Este maior consumo no sistema de Água Gelada foi causado principalmente por três fatores: consumo da bomba, maior consumo do ventilador em relação ao *VRF* e maior consumo do ciclo de refrigeração nos meses citados. As diferentes orientações das fachadas do edifício contribuem para sua carga térmica, exigindo refrigeração em determinadas áreas mesmo durante os meses de inverno. Isso leva ao pleno funcionamento do sistema de água gelada, ao contrário do sistema *VRF*, que pode fornecer a carga térmica necessária para cada fachada do edifício. Portanto, neste edifício, o sistema *VRF* é mais adequado e eficiente, pois consome menos eletricidade em comparação com a Água Fria em até 22,4%.

Já Araújo (2018), diferente dos autores citados anteriormente, para o cálculo da carga térmica, estudou 3 métodos diferentes para obtê-la, sendo que o primeiro foi a análise de toda potência instalada e o segundo foi através da norma ABNT NBR 16401-1 (2008) e o terceiro foi através da norma ABNT NBR 5410 (2004) para instalações elétricas de baixa tensão. Após realizar os cálculos pelas 3 variáveis, foi escolhido o valor mais crítico, para fins de cálculo, escolhendo o resultado mais conservador, que após os resultados analisados, foi o método 3, utilizando a ABNT NBR 5410 (2004), a qual divide a área do ambiente em unidades menores, e soma os valores de potência de cada unidade. Após análise dos resultados da carga térmica e definição dos equipamentos, foi possível desenvolver o projeto proposto.

2.8.2 Eficiência energética no uso de ar condicionados

Segundo Tocchio (2020, p. 04) “O crescimento econômico estimulou uma melhoria nos padrões de vida e no aumento da demanda residencial por ar condicionado, além de outros produtos associados ao consumo de energia elétrica.”. O trabalho propõem alternativas para reduzir o gasto energético, fazendo com que o aumento na demanda não implique em uso irracional da eletricidade no país.

Ainda sobre a eficiência energética, Pazze (2020) fez o dimensionamento de um sistema, visando o menor consumo de energia, utilizando a ABNT NBR 16401-1 (2008) para o cálculo da carga térmica, foi feito o zoneamento da edificação, verificando qual a necessidade de cada ambiente em específico. Visando a preservação de recursos naturais, o sistema escolhido desde o início foi o *VRF*, por ter fácil distribuição de resfriamento por zonas de uma edificação, onde o consumo de energia do edifício em questão seria muito inferior quando comparado a outros sistemas. Deixando o mesmo enquadrado como categoria A, segundo os padrões da *American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers (ASHRAE)*.

Pozza (2011) utilizou o *software* para projetos, *ENERGYPLUS*, que mostrou outros pontos de vista de cálculo, apresentando detalhadamente o equacionamento do balanço de energia nas superfícies externas e internas das zonas, o balanço de energia nas aberturas translúcidas (vidro simples ou duplos) com e sem sombreamento externo e interno, bem como o processo de transferência de calor por condução utilizando funções de transferência por condução e o método de solução dos balanços de energia nas superfícies internas e externas simultaneamente, sendo

um dos trabalhos mais detalhados encontrados, onde pela profundidade do estudo, conseguiu obter uma redução de 43% no consumo do sistema, representando uma redução de 9,1kW.h/ano/m².

É esperado que a demanda por eletricidade devido ao uso de condicionadores de ar continue aumentando nas próximas décadas, decorrente, principalmente, do crescimento da população, da elevação da renda e da maior preferência dos indivíduos por ambientes climatizados. Segundo a nota técnica EPE 030/2018.

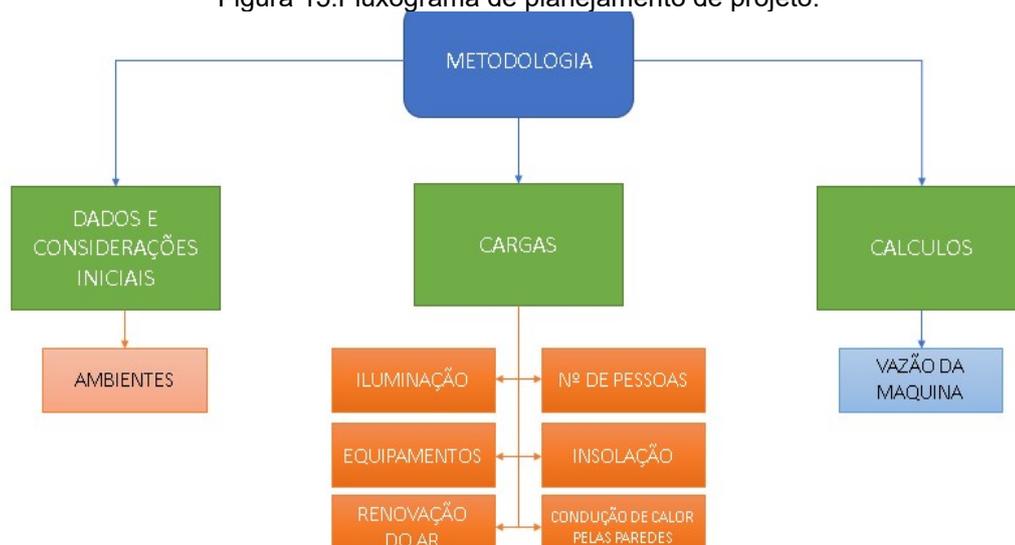
Estima-se que o consumo de eletricidade para condicionamento de ar poderá passar de 18,7 TWh em 2017 para 48,5 TWh em 2035, crescimento correspondente à 5,4% ao ano no período. O estabelecimento de índices mínimos de eficiência energética mais rigorosos, por sua vez, poderá contribuir para reduzir o consumo de eletricidade devido a condicionamento de ar atinge 36,8 TWh em 2035. Ou seja, nesse cenário, o consumo evitado poderia atingir 14,5 TWh em 2035, equivalente a uma usina de 3.475 MW. (Nota técnica EPE 030/2018, 2018, p. 01 e 02.)

A taxa de crescimento potencial do consumo de eletricidade no âmbito da análise deste estudo pode ser reduzida através da implementação de medidas de eficiência energética. Promover o uso eficiente da energia e impactar positivamente toda a cadeia energética deve se tornar uma das prioridades da política energética nacional, com benefícios energéticos, econômicos, ambientais e sociais.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A metodologia aplicada visou a adequação de uma edificação familiar, para climatização dos ambientes propostos, em razão da mudança de layout externo da casa, onde será realizada a remoção de uma grande árvore de sombreamento, onde sua raiz está expandindo por baixo da terra, levantando tudo que está apoiado ao chão, como grades, portões alterando até a estrutura da casa, além da sua grande altura de aproximadamente 30 metros, que gera riscos de queda de grandes galhos, gerando prejuízo para os moradores com quebra de telhas e até queda em cima de veículos. Por estes motivos deverá ser retirada, deixando a casa exposta ao sol, obtendo as cargas adequadas para o cálculo da carga térmica ideal, onde podemos analisar os tópicos no fluxograma representado na Figura 15.

Figura 15: Fluxograma de planejamento de projeto.



Fonte: Autor, 2023.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Para realização deste projeto de climatização, foi escolhida uma edificação familiar, localizada na cidade de porto alegre, Rio Grande do Sul. Esta é uma casa térrea, em um terreno 11x33, e área construída de 121m². Pode-se subdividi-la em 06 ambientes a serem climatizados, conforme apresentado na Tabela 1. Na Figura 16 pode-se observar a demarcação da área do terreno a ser implementado o projeto de ar-condicionado.

Figura 16:Residência onde foi realizado o projeto.



Fonte: Google Maps (2023).

Foi desenvolvido o cálculo para o primeiro ambiente, e para os demais foi apresentado uma abordagem resumida dos resultados encontrados visto que o procedimento é uma repetição em todos os ambientes.

3.2 DADOS E CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O método de cálculo da carga térmica residencial será feito de acordo com a ABNT NBR16655-3 (2019), permitindo a escolha dos equipamentos com a capacidade correta, gerando um aproveitamento energético maior, sem desperdícios. Os dados a seguir foram obtidos de acordo com a Figura 13, as condições externas de temperatura de bulbo seco (TBS) é de 34,7 °C, e temperatura de bulbo úmido (TBUc) de 24,6 °C. A frequência anual de 1%. Com condições internas de TBS sendo 24 °C e umidade relativa (ϕ) de 50%, conforme norma ISO 7730 (2005) para conforto térmico. A residência é localizada na cidade de Porto Alegre- RS, latitude e longitude respectivamente -30.036739, -51.141462 e altitude: 3 m.

3.2.1 Ambientes

Para a elaboração do projeto de climatização da residência, é necessário considerar a divisão dos ambientes conforme a Tabela 1, juntamente com suas respectivas áreas, pois os sistemas a serem utilizados climatizam individualmente cada peça, e o dimensionamento varia de acordo com o tamanho e cargas no ambiente.

Tabela 1: Ambiente x Área da residência.

Ambiente	Área (m²)
Sala de TV	17,56
Sala de jantar	10,80
Biblioteca	10,30
Suíte	22,13
Quarto 1	12,75
Quarto 2	10,46

Fonte: Autor, 2023.

3.3 CARGAS

Para o cálculo das cargas nos ambientes a serem estudados, foram inseridas fórmulas no *Excel*, para facilitar o desenvolvimento dos cálculos descritos, por zonas.

3.3.1 Iluminação

O cálculo da carga de iluminação segue os padrões da ABNT NBR 16655-3 (2019) na qual estabelece-se uma tabela representada a seguir na Figura 17, onde é apresentado a potência por m² e o fator de carga de iluminação para cada carga interna de acordo com a área proposta.

Figura 17: Carga térmica interna em função de iluminação.

Cargas internas	Potência por m²	Fator de carga de resfriamento CLF
Iluminação	W/m ²	Adimensional
Escritório	12	1
Sala de jantar	23	1
Quartos de dormir	10	1

NOTA: Os valores desta Tabela correspondem a uma densidade de potência de iluminação em W/m². No caso de ser conhecida a potência instalada, recomenda-se a utilização deste valor. Consideram como fator de carga de resfriamento CLF o valor 1.

Fonte: ABNT NBR 16655-3 (2019).

3.3.2 Equipamentos

O cálculo da carga de equipamentos segue os padrões da ABNT NBR 16655-3 (2019) conforme a Figura 18, onde observa-se na mesma os W/equipamento, fatores de carga de resfriamento e a carga térmica dos equipamentos propostos.

Figura 18:Carga térmica interna em função de equipamentos.

Equipamentos	W	W/equipamento W	Fator de carga de resfriamento <i>CLF</i> Adimensional	Carga térmica W
Televisão 40 polegadas	250	250	0,8	200
Computador <i>desktop</i>	135	135	0,8	108
NOTA 1 O fator de carga de resfriamento <i>CLF</i> pode ser alterado em função do uso do equipamento considerado. NOTA 2 No caso de cozinhas conjugadas, há dificuldade em função da exaustão de ar da coifa do fogão, bem como a carga térmica dos equipamentos instalados. Recomenda-se consultar [1].				

Fonte: ABNT NBR 16655-3 (2019).

3.3.3 Número de pessoas

A partir da planta baixa do local foi realizado o levantamento do número de ocupantes com o auxílio da ferramenta *Autocad*, utilizando a Figura 19, retirada de uma tabela da ABNT NBR 16655-3 (2019) onde foi determinado o calor gerado pelos ocupantes, as temperaturas de projeto do ambiente condicionado adequadas às pessoas em função de sua idade, atividade e roupas.

Figura 19:Carga térmica interna em função de pessoas.

Atividade	Calor sensível	Calor total	<i>CLF</i>
	W/pessoa	W/pessoa	Adimensional
Pessoas sentadas, trabalho leve	75	150	1
Dançando	120	375	-
NOTA O calor total de pessoa é igual à soma da parcela de calor sensível e de calor latente.			

Fonte: ABNT NBR 16655-3 (2019).

3.3.4 Insolação

A Figura 20 apresenta os fatores de ganho de calor em função da insolação nos quais são tabelados e pode ser obtida em W/m^2 .

Figura 20:Fator de ganho de calor por insolação SHGF em W/m^2 .

	Cidade				
	Belém, PA	Brasília, DF.	Porto Alegre, RS.	Rio de Janeiro, RJ.	São Paulo, SP.
Latitude sul (°)	1,38	17,87	30,00	22,82	23,62
Mês	Janeiro	Janeiro	Janeiro	Janeiro	Janeiro
	Unidade W/m^2				
Norte	363	135	204	142	142
Nordeste	634	363	458	555	555
Leste	615	666	678	672	672
Sudeste	243	582	532	407	407
Sul	120	163	128	145	145
Sudoeste	243	582	532	407	407
Oeste	615	666	678	672	672
Noroeste	634	363	458	555	555
Horizontal	820	876	866	877	877

Fonte: ABNT NBR 16655-3 (2019).

Vidros em janelas ou claraboias exigem que sua transmitância seja diminuída, o que reduz o estresse térmico interno. Os coeficientes de sombreamento são dados na Figura 21 da ABNT NBR 16655-3 (2019).

Figura 21:Carga de insolação – Fator de carga de resfriamento às 16h.

Orientação geográfica	Fator de carga de resfriamento em função do horário (adimensional)
Norte	0,75
Nordeste	0,20
Leste	0,17
Sudeste	0,22
Sul	0,35
Sudoeste	0,81
Oeste	0,82
Noroeste	0,73
Horizontal	0,58

Fonte: ABNT NBR 16655-3 (2019).

3.3.5 Renovação do ar

A ABNT NBR 16655-3 (2019), contém informações sobre a qualidade do ar interior por meio de renovação através do ar exterior e filtragem do ar insuflado. A renovação reduz a concentração de poluentes gasosos, biológicos e químicos no ambiente.

A fórmula mostra um trecho do padrão que descreve as equações usadas no cálculo e explica que abrange três níveis de fluxo de ar externo para ventilação. Dessa forma, quanto maior o nível, mais conservador é o cálculo, mas o custo também será um pouco maior, portanto para considerar o grau de acordo com o ambiente e os usuários.

$$Q_{ae} = Q_{inf} * A \quad (2)$$

Onde podemos obter:

Q_{ae} = É a vazão de ar externo, expresso em metro cúbico por hora (m³/h);

Q_{inf} = É a vazão de ar externo infiltrado ou de renovação expresso em metro cúbico por hora (m³/h) / por metro quadrado de piso (m² de piso);

A = É a área do piso, expressa em metro quadrado (m²).

3.3.6 Condução de calor pelas paredes

Coefficientes de transmissão de calor através de superfícies. Valores tabelados conforme Figura 22 e Figura 23.

Figura 22: Coeficientes de transmissão de calor através de piso, parede interna e janelas.

Elemento construtivo	Piso/Laje interna	Parede interna	Janela externa simples	Janela externa cortina
	Resistividade térmica (m ² .°C)/W			
Filme do ar externo	0	0	0,044	0,044
Concreto laje maciça e contrapiso	0,079	0	0	0
Drywall	0	0,152	0	0
Vidro	0	0	0,008	0,016
Espaço de ar (vidro duplo)	0	0	0	0,160
Filme do ar interno	0,242	0,242	0,121	0,121
Total	0,321	0,394	0,173	0,341

Fonte: ABNT NBR 16655-3 (2019).

Figura 23: Coeficientes de transmissão de calor através de superfícies opacas (paredes, pisos, lajes e telhados).

Elementos de construção – Características físicas			Parede externa	Laje externa + espessura ar	Laje externa + isolamento
Elemento construtivo	Espessura m	Coefficiente de condutibilidade k W/(m.°C)	Resistividade térmica (m ² .°C)/W	Resistividade térmica (m ² .°C)/W	Resistividade térmica (m ² .°C)/W
Filme do ar externo	não	0	0,044	0,044	0,044
Reboque + pintura	0,025	0,73	0,034	0	0
Bloco de concreto	0,200	1,04	0,192	0	0
Concreto laje maciça e contrapiso	0,150	1,9	0	0,079	0,079
Drywall Gesso	0,070	0,46	0	0,152	0
Vidro	0,006	0,76	0	0	0
Espaço de ar	não	0	0	0,160	0
Isolamento 25 mm lâ de vidro	0,025	0,032	0	0	0,781 25
Reboque + pintura	0,025	0,73	0,034	0,034	0
Filme do ar interno	não	0	0,121	0,121	0
Total	0	0	0,426	0,590	0,904

Fonte: ABNT NBR 16655-3 (2019).

3.3.7 Calor total Interno

A carga térmica de um ambiente pode ser estimada pela somatória das quantidades de calor presentes em um ambiente, para obter um parâmetro de quantidade de calor que deve ser retirado do ambiente. Esse parâmetro pode ser obtido pela equação da soma de cargas:

$$Q_f = Q_{\text{envoltória}} + Q_{\text{Pessoas}} + Q_{\text{iluminação}} + Q_{\text{equipamento}} + Q_{\text{ar externo}} + Q_{\text{infiltração}} \quad (3)$$

Onde:

Q = Carga

Q_f = Carga total

3.3.8 FATOR DE SOMBREAMENTO

Com o conhecimento sobre a incidência solar na residência estudada, pode-se analisar na ABNT NBR 16655-3 (2019), o coeficiente de sombreamento, onde há a

possibilidade de reduzir o calor que evade a mesma pelas janelas de vidro, utilizando cortinas e películas protetoras, reduzindo cada vez mais o coeficiente de cálculo conforme a proteção utilizada. Os coeficientes são mostrados na Figura 24.

Figura 24: Coeficientes de sombreamento (adimensional) para películas protetoras e sombreamento interno (cortinas).

Vidro 6 mm		
Simples	Simples + cortina	Refletivo + cortina
0,87	0,55	0,30

Fonte: ABNT NBR 16655-3 (2019).

3.3.9 Software

O projeto do sistema foi efetuado através do *software* da *Autodesk, Autocad*, específico para desenhos 2D. Com o *software* foi possível definir a planta baixa casa e após os cálculos da carga térmica, a inserção do maquinário definido para os ambientes a serem climatizados, segundo as normas. A distribuição da rede de *VRF* foi realizada visando a melhor distribuição, respeitando os limites propostos pelo software do fabricante, evitando interferências estruturais e com as demais instalações, escolhendo sempre o caminho mais direto, evitando a perda de carga.

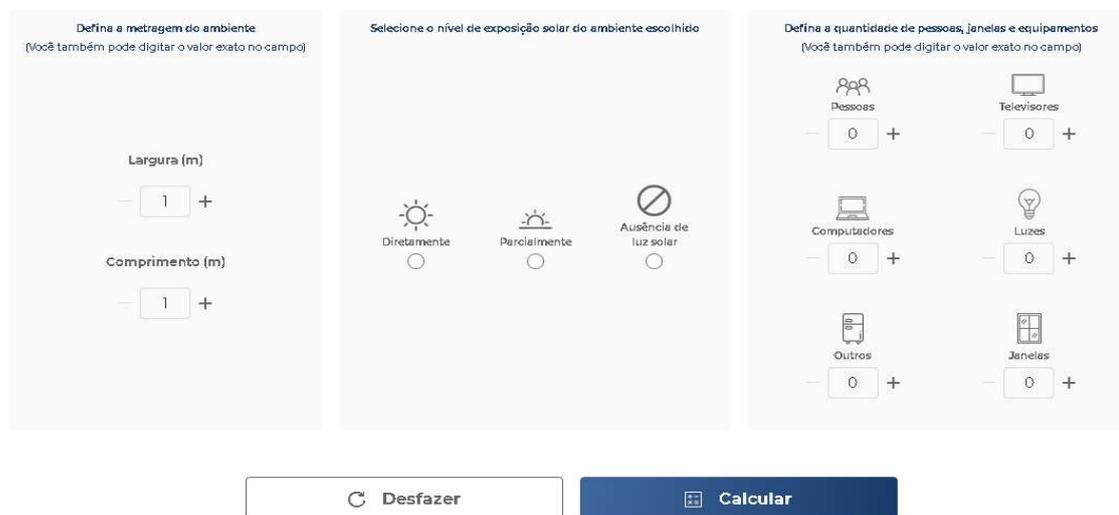
O *software* utilizado para definição das bitolas das tubulações foi desenvolvido pela fabricante *Itachi* que através dele, ao informar a seleção de equipamentos e as cargas térmicas de cada ambiente, o próprio sistema faz a definição, e gera uma lista com os materiais necessários para execução do projeto.

3.3.10 Calculadora Frigelar

O balizador utilizado, para fins de comparar os cálculos feitos, com o real utilizou-se a calculadora Frigelar. Existem vários fatores que podem determinar a quantidade de BTUs/h necessária para climatizar um local de maneira apropriada. Além da metragem quadrada do cômodo, a incidência solar e quantidade de pessoas que irão compartilhar o ambiente também são importantes, e esses dados são solicitados da calculadora da Frigelar. Na Figura 25 abaixo podemos observar os fatores de cálculo solicitados pela mesma e seus fatores utilizados.

Figura 25: Calculadora Frigelar.

Use nossa calculadora e descubra a potência ideal para o seu ambiente!



Fonte: www.frigelar.com.br

3.4 COMPARATIVO

Além do cálculo de carga térmica, foi feito um comparativo entre dois equipamentos compatíveis com o ambiente projetado, onde utiliza-se alguns parâmetros determinantes, como o custo-benefício de obra, dos equipamentos e o gasto energético dos mesmos.

Em suma, um sistema de ar condicionado *VRF* é uma opção mais eficiente e personalizada do que um sistema de ar condicionado tradicional. Embora possa ser mais caro a curto prazo, a economia de longo prazo em custos de energia e manutenção pode torná-lo uma escolha competitiva.

3.5 LOCALIZAÇÃO ESPACIAL DA RESIDÊNCIA

A residência onde foi implementada o projeto, possui sua fachada com orientação para o leste, voltada para a rua, a fachada norte, divide muro com outra residência, não tendo contato direto com o sol, já para oeste, na parte traseira da casa, tem sombra pela manhã e sol intenso pelo restante do dia, concluindo com a fachada sul, que possui a lateral da casa costeando um terreno aberto.

As informações podem ser verificadas com a rosa dos ventos apresentada no projeto que pode ser visto na Figura 26.

Figura 26: Projeto Arquitetônico.



PLANTA BAIXA

Fonte: Autor, 2023.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para realizar a carga térmica para os sistemas de *VRF* e de *Split*, foi utilizado o método proposto pela ABNT NBR 16655-3 (2019), que apresenta um procedimento para cálculo de carga térmica para instalações residenciais balizando os resultados com a “calculadora de Btus” para ambientes da Frigelar.

4.1 CARGA TÉRMICA

A carga térmica foi realizada em dois métodos, onde no primeiro método foi utilizado a “Calculadora de btus” para ambientes da Frigelar, na qual oferece um cálculo mais genérico e objetivo, sendo um balizador para ver se os cálculos analíticos do Excel criado condizem com a realidade.

Já no segundo método, foi utilizando o software Microsoft Excel, no qual permite o usuário a criar planilhas eletrônicas onde foram inseridos todos dados reais, existentes, para uma carga térmica mais exata.

As duas cargas térmicas foram calculadas individualmente por cômodos a serem refrigerados. Foi dividido em 6 cômodos: Sala de TV, Sala de jantar, Biblioteca, Suíte, quarto 1 e quarto 2.

Foi elaborado a carga térmica com a árvore e sem ela nos cálculos, nos permitindo analisar a diferença que implica a remoção dela. Visto que é uma árvore na parte leste da casa, que cobre a frente da casa inteira. Com a sua remoção o Sol vai atingir a casa diretamente, como podemos analisar na figura 27.

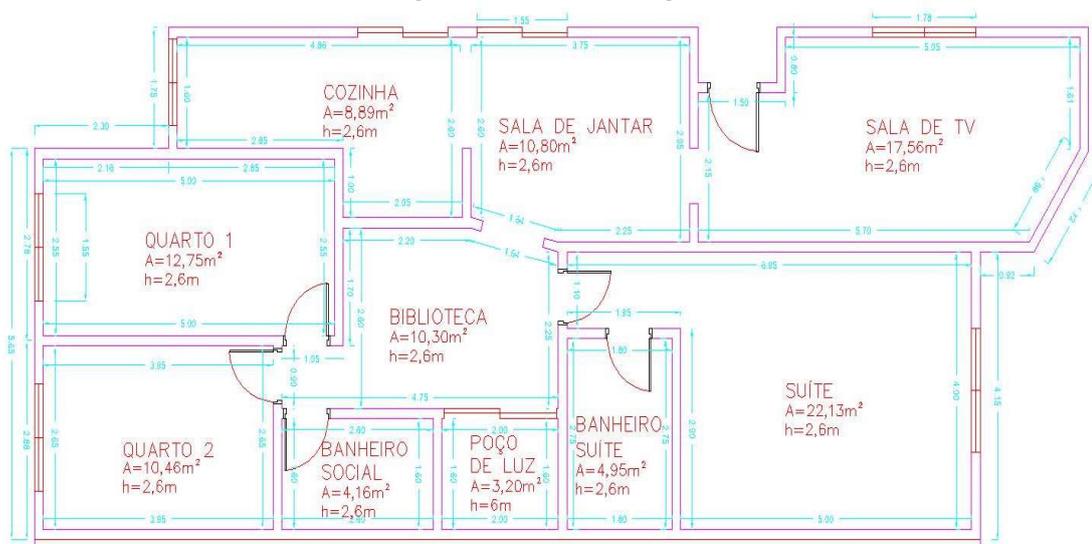
Figura 27: Captura da vista leste.



Fonte: Google Maps

Pode-se observar na Figura 28 a seguir, a planta da casa, apresentando os ambientes a serem climatizados e sua metragem.

Figura 28: Planta Metragem.



Fonte: Autor, 2023.

Como pode ser visto na Figura 16, a árvore alcança praticamente até o meio da edificação residencial, influenciando diretamente na temperatura da suíte e na sala de TV, pois além de cobrir totalmente as peças, o sol, que nasce no Leste, pega diretamente na árvore, o que protege a casa dos intensos raios solares por grande parte do tempo. Com a remoção da árvore, o sol irá pegar totalmente na casa, aumentando a incidência solar e consequentemente a temperatura dentro da mesma.

Por esse motivo, analisamos qual o melhor sistema para refrigerar essa edificação residencial, da forma mais econômica, para que os moradores não sintam

essa diferença da retirada. Analisamos por dois métodos a carga térmica com e sem a árvore, comparando as diferentes cargas térmicas para mostrar a diferença térmica que afeta a casa retirando a árvore. Após escolhermos o sistema ideal para refrigerar a mesma.

4.3 PRIMEIRO MÉTODO

Será apresentado em forma de tabela os cálculos do dimensionamento da carga necessária para cada peça utilizando o método da calculadora da Frigelar, apresentado na Figura 25.

4.3.1 Ambientes com e sem a árvore

Além da metragem quadrada do cômodo, a incidência solar e quantidade de pessoas que irão compartilhar o ambiente também são importantes, e esses dados são solicitados da calculadora da Frigelar.

Após o preenchimento de cômodo a cômodo na calculadora, podemos obter a Tabela 2 abaixo, de carga térmica com a árvore e sem a árvore.

Tabela 2: Carga térmica com e sem a árvore, método 1.

Ambiente	Área (m²)	Carga térmica c/ Árvore (BTU/h)	Carga térmica s/ Árvore (BTU/h)
Sala de TV	17,56	17.500	23.500
Sala de jantar	10,80	12.000	12.000
Biblioteca	10,30	8.500	8.500
Suíte	22,13	15.500	20.500
Quarto 1	12,75	13.500	13.500
Quarto 2	10,46	11.000	11.000

Fonte: Autor, 2023.

Pode-se observar que com a remoção da árvore, as peças que o sol diretamente em contato com a parede leste, obteve uma forte mudança em suas cargas térmicas. Onde as demais peças sofreriam ao longo do dia, com o calor que é infiltrado e mantido pelo excesso de sol na mesma parede.

4.4 SEGUNDO MÉTODO

No segundo métodos aplicamos todas as cargas dos ambientes em um *Excel*, para fazer a soma das mesmas, obtendo a carga térmica de cada peça minuciosamente para um cálculo preciso. Foram inseridos valores das cargas nos períodos de maior temperatura durante o horário de projeto, sendo consideradas condições extremas, ocorridas no verão.

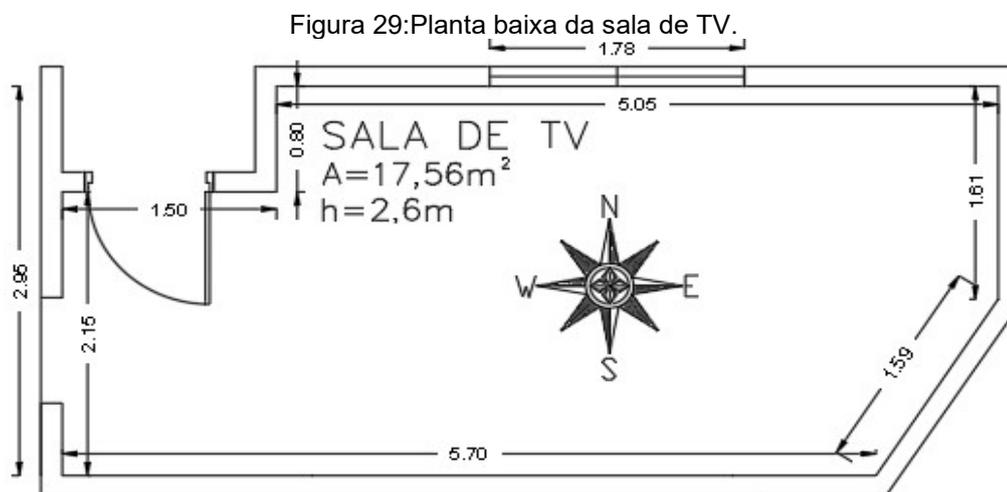
4.4.1 Ambientes com e sem a árvore

No item 4.3.2 abaixo, estão detalhados o memorial de cálculo para a sala de TV, e para os demais ambientes foi exposto uma abordagem resumida em forma de tabela, visto que o procedimento de cálculo é uma repetição alterando apenas as variáveis, como a origem do calor, insolação nas janelas, calor no teto, iluminação e aparelhos utilizados e a quantidade de pessoas que utilizam o ambiente. Utilizando o fator climático da região sul, que é de 0,9 para obter a carga térmica total de cada ambiente.

4.4.2 Cálculo das cargas

Na Figura 29 podemos ver a planta baixa do ambiente a ser climatizado, onde podemos demonstrar os cálculos nas planilhas. Adotando os valores apresentados na norma ABNT NBR 16655-3 (2019), chega-se aos resultados que podem ser acompanhados nos Quadro 1 e

Quadro 2 que apresentam o cálculo com e sem a árvore de sombreamento.



Fonte: Autor, 2023.

Quadro 1: Carga térmica com a árvore, método 2.

Carga Térmica Com Árvore - Sala de TV				
Origem do calor	Tamanho			
1 - Parede	Largura	Altura	Fator	Total
1.1 - Internas	8,65	2,6	55	1236,95
1.2 - Norte	0	2,6	204	0
1.3 - Leste	0	2,6	678	0
1.4 - Sul	0	2,6	128	0
1.5 - Oeste	0	2,6	678	0
1.6 - Sem insolação	8,25	2,6	125	2681,25
2 - Teto	Área		Fator	Total
2.1 - Laje	17,56		315	5531,4
2.2 - Em laje, c/2,5 cm de isolamento ou mais			125	0
2.3 - Entre andares			52	0
2.4 - Sob telhado isolado			72	0
2.5 - Sob telhado sem isolamento			160	0
3 - Janelas c/ isolamento	Área da janela	Fator de Somb.	Fator	Total
3.1 - Norte	2,492	0,87	1000	2168,04
3.2 - Leste	3,36	0,87	1130	3303,216
3.3 - Sul	0	0,87	0	0
3.4 - Oeste	0	0,87	2100	0
4 - Iluminação e aparelhos	Quantidade		Fator	Total
4.1 - Lâmpadas led	1		9	9
4.3 - Aparelhos Elétricos			860	0
4.4 - Monitores/ televisão	1		250	250
4.5 - Número de Computadores			135	0
5 - Pessoas			Fator	Total
5.1 - Em Atividade Normal	9	Nº pessoas	150	1350
Em Movimento		Nº pessoas	375	0
			SubTotal	16529,86
	Fator Climático da região Sul			0,9
	Carga Térmica Total Btu/h			14103
	TR			1,18

Fonte: Autor, 2023.

Quadro 2:Carga térmica sem a árvore, método 2.

Carga Térmica Sem Árvore - Sala de TV				
Origem do calor	Tamanho			
1 - Parede	Largura	Altura	Fator	Total
1.1 - Internas	8,65	2,6	55	1236,95
1.2 - Norte	5,05	2,6	204	2678,52
1.3 - Leste	3,2	2,6	678	5640,96
1.4 - Sul	0	2,6	128	0
1.5 - Oeste	0	2,6	678	0
1.6 - Sem insolação	0	2,6	125	0
2 - Teto	Área		Fator	Total
2.1 - Laje	17,56		315	5531,4
2.2 - Em laje, c/2,5 cm de isolamento ou mais			125	0
2.3 - Entre andares			52	0
2.4 - Sob telhado isolado			72	0
2.5 - Sob telhado sem isolamento			160	0
3 - Janelas c/ isolamento	Área da janela	fator de Somb	Fator	Total
3.1 - Norte	2,492	0,87	1000	2168,04
3.2 - Leste	3,36	0,87	1130	3303,216
3.3 - Sul	0	0,87	0	0
3.4 - Oeste	0	0,87	2100	0
4 - Iluminação e aparelhos	Quantidade		Fator	Total
4.1 - Lâmpadas led	1		9	9
4.3 - Aparelhos Elétricos			860	0
4.4 - Monitores/ televisão	1		250	250
4.5 - Número de Computadores			135	0
5 - Pessoas			Fator	Total
5.1 - Em Atividade Normal	9	Nº pessoas	150	1350
Em Atividade Física (Dançando)		Nº pessoas	375	0
			SubTotal	22168,09
	Fator Climático da região Sul			0,9
	Carga Térmica Total Btu/h			18914
	TR			1,58

Fonte: Autor, 2023.

Pode-se analisar nas Figura 30 e Figura 31 acima que ocorreu um aumento de 34,11% na carga térmica da sala de TV, com a intensidade total do sol nas paredes do leste que representam a frente da casa e do Norte, que está na lateral da casa.

Foram considerados alguns critérios nos cálculos da carga térmica, como paredes com 15 cm de espessura, caracterizando a edificação como construção leve, janelas de vidro comum, iluminação em lâmpadas de led com 9W de potência cada e piso em porcelanato.

4.4.3 Todos ambientes a serem climatizados

A Tabela 3 contém os resultados calculados com o Excel, onde pode-se observar a carga térmica com e sem a árvore, fazendo o comparativo de todos os cômodos da casa. Para uma visão estendida, ver Apêndice A ao E.

Tabela 3: Capacidade térmica com e sem a árvore, método 2.

Ambiente	Área (m²)	Carga térmica c/ Árvore (BTU/h)	Carga térmica s/ Árvore (BTU/h)
Sala de TV	17,56	14103	18914
Sala de jantar	10,80	10065	10065
Biblioteca	10,30	7568	7568
Suíte	22,13	13127	17023
Quarto 1	12,75	14881	14881
Quarto 2	10,46	12094	12094
Total	84	71838	80545

Fonte: Autor, 2023.

A retirada da árvore causa um impacto considerável na carga térmica das peças onde, por exemplo, na Sala de TV, nesse cômodo pode-se notar que não há insolação direta devido à vegetação. Uma vez iniciada a retirada da árvore, a

insolação será direta na parede norte e leste, com os fatores determinantes conforme a ABNT NBR 16655-3 (2019), aumentando a carga de calor. Na Tabela 3 podemos observar que a retirada da árvore resultou em um aumento total de 12% na carga térmica total da casa.

4.4.4 Conversão para unidades usuais

Os sistemas estudados para aplicação nesta residência, usualmente utilizam diferentes tipos de unidades de energia, então foi elaborado uma tabela com a conversão das cargas de projeto nas unidades de energia usuais. Abaixo estão apresentadas as capacidades de projeto necessárias, a partir da Tabela 4 com as unidades de energia em BTU/h, TR e HP.

Tabela 4: Cargas de projeto em BTU/h, TR e HP.

Item	Local	Área (m ²)	Carga de projeto (BTU/h)	Carga de projeto (TR)	Carga de projeto (HP)
1	Sala de TV	17,56	18.914	1,58	1,97
2	Sala de jantar	10,8	10.000	0,83	1,037
3	Biblioteca	10,3	7.500	0,625	0,78
4	Suíte	22,13	17.023	1,46	1,82
5	Quarto 1	12,75	14.881	1,24	1,55
6	Quarto 2	10,46	13.110	1,09	1,36
Resumo total:		84	81.428	6,825	8,517

Fonte: Autor, 2023.

A sigla BTU se refere a unidade térmica de medida necessária para mudar a temperatura de um ambiente, é o termo mais comum entre os consumidores, e é geralmente utilizado para *splits*. Já a sigla TR, significa tonelada de refrigeração, usualmente é uma unidade de medida para grandes instalações, onde 1TR equivale a 12.000 BTU/h. Diferente ainda das medidas explicadas acima, temos o HP, unidade de medida de potência elétrica, também conhecido como *Horse Power*, ou em português, cavalos-vapor, onde 1 HP equivale a 2545 BTU/h.

4.4.5 Conversão em unidades de mercado para *SPLIT*

Abaixo estão apresentadas as capacidades de mercado existentes para *splits* inverter, abaixo está apresentado a Tabela 5 comparando com a capacidade de projeto calculada.

Tabela 5: Cargas de projeto x capacidade de mercado *SPLIT*.

Item	Local	Área (m ²)	Carga de projeto (BTU/h)	Capacidade de mercado (BTU/h)
1	Sala de TV	17,56	18.914	24.000
2	Sala de jantar	10,8	10.000	12.000
3	Biblioteca	10,3	7.500	12.000
4	Suíte	22,13	17.023	18.000
5	Quarto 1	12,75	14.881	18.000
6	Quarto 2	10,46	13.110	18.000
Resumo total:		84	81.428	102.000

Fonte: Autor, 2023.

4.4.6 Conversão em unidades de mercado para *VRF*

Abaixo estão apresentadas as capacidades de mercado existentes para sistemas de *VRF*, a partir da Tabela 6 comparando com a capacidade de projeto proposta.

Tabela 6: Cargas de projeto x capacidade de mercado *VRF*.

Item	Local	Área (m ²)	Capacidade de projeto (HP)	Capacidade de mercado (HP)
1	Sala de TV	17,56	1,97	2
2	Sala de jantar	10,8	1,037	1
3	Biblioteca	10,3	0,78	1
4	Suíte	22,13	1,82	2
5	Quarto 1	12,75	1,55	1,5
6	Quarto 2	10,46	1,36	1,5
Resumo total:		84	8,517	9

Fonte: Autor, 2023.

4.5 SISTEMAS

Com as capacidades térmicas atendendo as necessidades de refrigeração da casa, analisamos as instalações de dois sistemas diferentes, visando determinar qual o melhor custo-benefício a ser instalado. Os sistemas a serem analisados são *VRF* e *split*, onde foram analisados os valores para instalação de cada sistema e o custo dos equipamentos, após comparando as suas eficiências energéticas x custos.

4.5.1 Orçamento de *split* na residência

O modelo do split selecionado tem tecnologia inverter, que tem consumo reduzido, pois ao invés de ligar e desligar o compressor, ele apenas reduz ou aumenta a velocidade do ar, menor ruído e menor desperdício de energia.

Foi optado pela empresa Daikin para fornecer os modelos de ar-condicionado, pois estão entre os aparelhos mais econômicos energeticamente e alta tecnologia, além de utilizar gás R-32 que é um dos menos prejudiciais ao meio ambiente.

Abaixo na Tabela 7, encontramos a capacidade de mercado existente que se equivale com a capacidade de projeto calculada, as máquinas são sistema quente e frio, voltagem 220V monofásicos.

Tabela 7: Seleção de máquinas *SPLIT*.

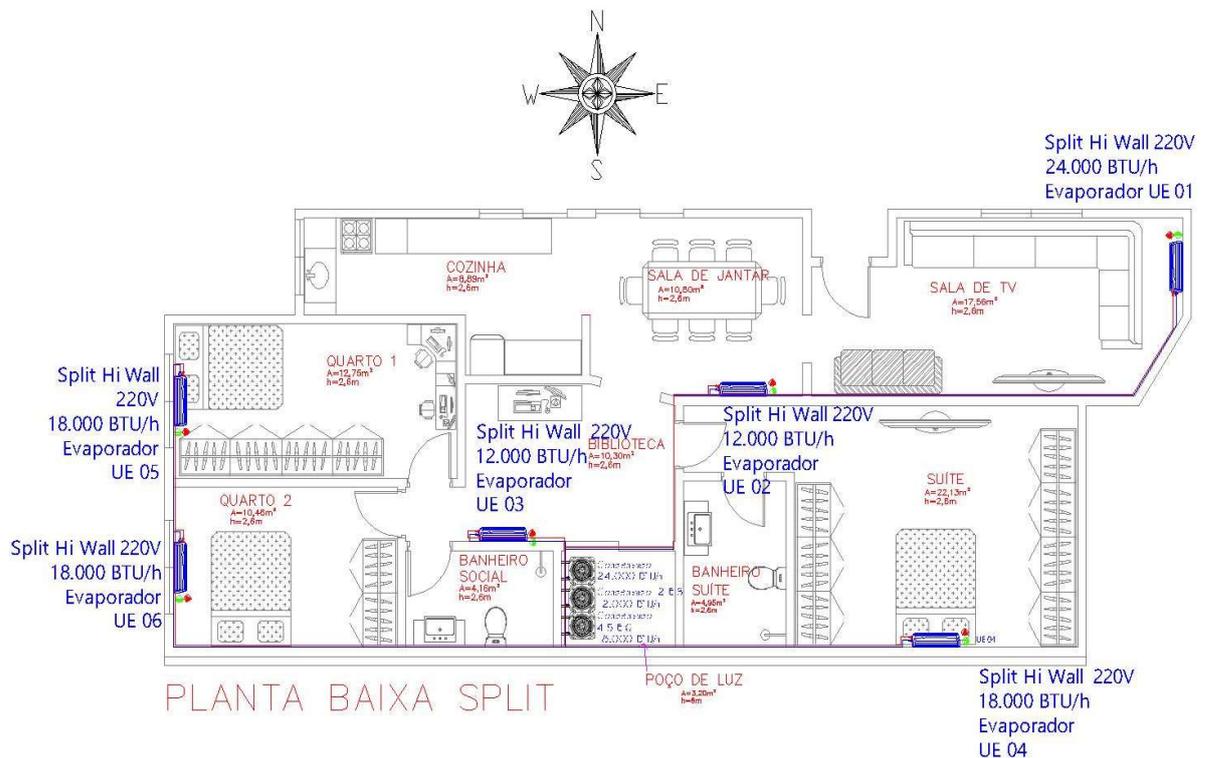
Item	Local	Capacidade					Peso Cond/Evap (kg)
		de de mercado (BTU/h)	Corrente (A)	Potência (W)	Sucção (Ø)	Líquido (Ø)	
1	Sala de TV	24.000	9,10	2.014	5/8"	1/4"	13/50
2	Sala de jantar	12.000	4,7	1.026	3/8"	1/4"	08/50
3	Biblioteca	12.000	4,7	1.026	3/8"	1/4"	08/50
4	Suíte	18.000	7,3	1.498	1/2"	1/4"	13/48
5	Quarto 1	18.000	7,3	1.498	1/2"	1/4"	13/48
6	Quarto 2	18.000	7,3	1.498	1/2"	1/4"	13/48

Fonte: Autor, 2023.

4.5.2 Sistema com *split*

As evaporadoras devem ser posicionadas de acordo com a necessidade de cada cômodo, como podemos observar na Figura 30. Após a seleção de máquinas foi elaborado o projeto para ilustrar o local ideal para evaporadoras na residência e como ficaria o caminho das tubulações, assim como a localização das condensadoras.

Figura 30: Planta baixa SPLIT.



Fonte: Autor, 2023.

4.5.3 Custos do sistema de Split Inverter

Após fazer o orçamento dos custos dos Ar Condicionados Inverter para a residência, chega-se a um valor total de R\$29.694,00 em equipamentos. Para fazer a instalação foi cobrado R\$1.600,00 por equipamento, o que resultou num total de R\$9.600,00 para instalar todos os equipamentos. O custo total para instalação do sistema foi de R\$ 39.294,00. Não foi considerado nos orçamentos as obras civis, para esconder a tubulação, e reforço se necessário para fixação das condensadoras, que ficam penduradas no poço de luz, conforme determinado em projeto.

4.5.4 Gasto energético do sistema de *Split* inverter

Somando as potências de todos *splits* instalados na casa, obtém-se 8560W, que resultam num gasto energético de 205,44kWh se todos aparelhos estiverem sendo utilizados ao mesmo tempo.

4.5.5 Orçamento de *VRF* na residência

Com o objetivo de analisar mais de um sistema, para definir o ideal para a edificação residencial, foi elaborado um orçamento para instalação de *VRF*, que é um sistema econômico, e tem a capacidade de variar a eficiência das máquinas simultaneamente, conforme a necessidade, quantidade de calor e energia em cada ambiente, pois é totalmente integrado.

O sistema para orçamento foi da Hitachi, uma das maiores no mercado, oferecendo um bom pós-vendas se houver a necessidade de manutenções futuras. Há uma grande vantagem na instalação, por ser ramificada a instalação das máquinas, assim levando somente uma tubulação e derivando a mesma. Abaixo na 8, pode-se analisar a capacidade de mercado existente que se equivale com a carga obtida para cada ambiente, o sistema tem a capacidade de trabalhar nos ciclos quente e frio, voltagem 220V monofásico.

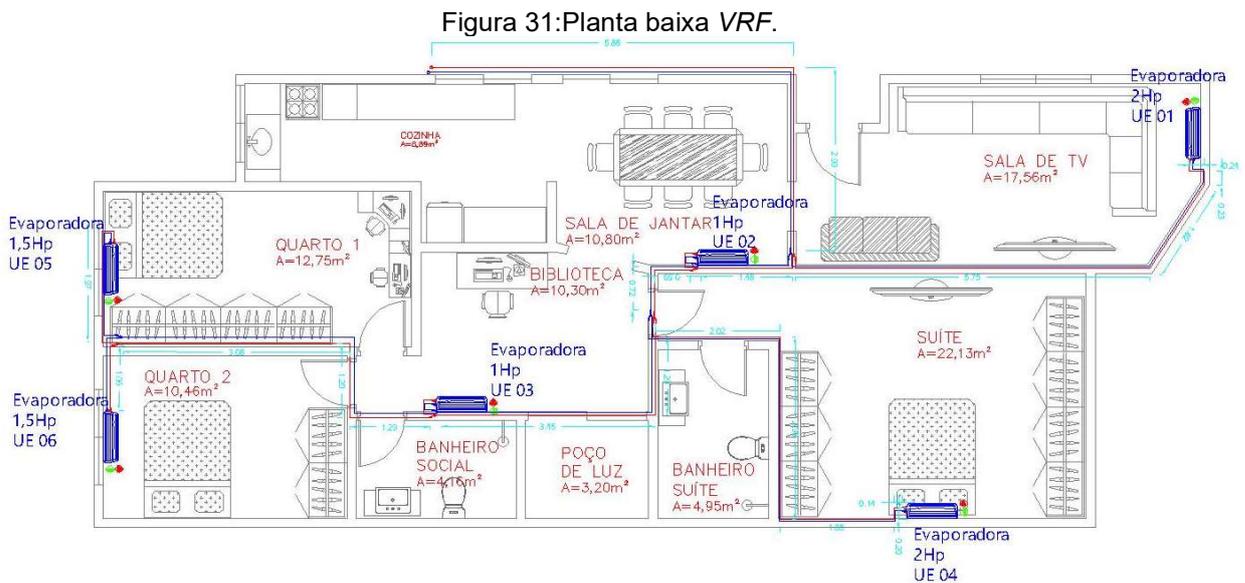
Tabela 8: Seleção de máquinas *VRF*.

Item EVAP	Local	Capacidade do mercado (HP)	Corrente (A)	Potência (W)	Peso (kg)
1	Sala de TV	2	0,2	60	15
2	Sala de jantar	1	0,2	30	10
3	Biblioteca	1	0,2	30	10
4	Suíte	2	0,2	60	15
5	Quarto 1	1,5	0,4	60	11
6	Quarto 2	1,5	0,4	60	11
CONDENSADORA:		10	35	5.700	190

Fonte: Autor, 2023.

4.5.6 Sistema com VRF

As máquinas evaporadoras devem obter uma posição que o ar se espalhe de maneira mais regular e de forma homogênea, posicionadas de acordo com a necessidade de refrigeração de cada ambiente, como pode-se observar na Figura 31, foi elaborado o projeto das posições para cada evaporadora no local, a passagem das tubulações, distribuição dos *refnet*, ponto de eletricidade e dreno. Conferir projeto no apêndice.



Fonte: Autor, 2023.

A localização da condensadora foi apontada na Figura 32, ficando em ambiente externo, apoiada em uma estrutura metálica na parede.

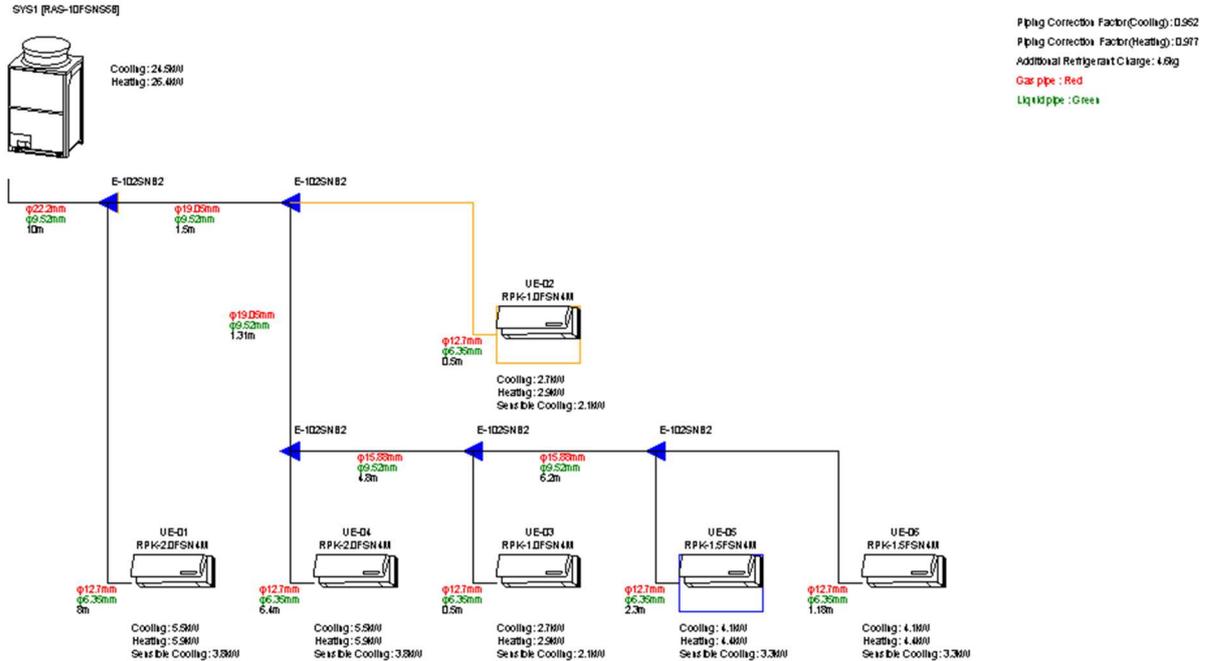
Figura 32: Planta VRF condensadora.



Fonte: Autor, 2023.

O VRF tem uma única condensadora para várias evaporadoras, como pode ser visto na Figura 33, no diagrama da tubulação.

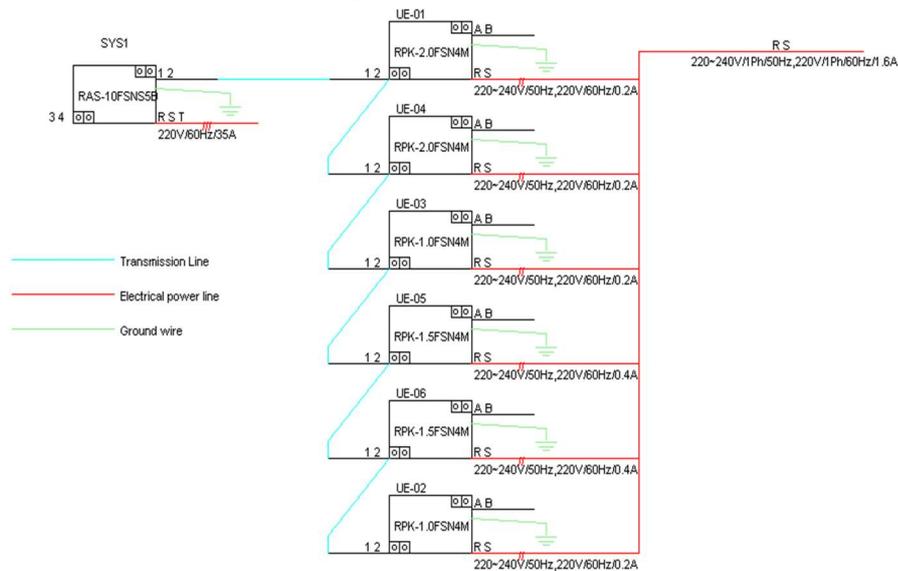
Figura 33:Diagrama da tubulação.



Fonte: Software hitachi VRF.

A seção mínima recomendada para as ligações elétricas são de 2x0,75mm², conectado ao terra em um ponto, par de cabo blindado não polar e trançado. Pode-se conferir o diagrama elétrico na Figura 34.

Figura 34:Diagrama elétrico das instalações.



Fonte: Software hitachi VRF.

4.5.7 Custos do sistema VRF

O orçamento para instalar o sistema de ar condicionado *VRF* na residência foi de R\$42.875,00 em maquinários, e R\$20.000,00 para deixar o sistema funcionando, o que inclui o preenchimento de gás na rede, as instalações das evaporadoras, a instalação da condensadora e todos materiais necessários para que seja feito o serviço da melhor forma. O custo total para instalação do sistema foi de R\$ 62.875,00. Não incluído nos orçamentos as obras civis para esconder a tubulação, e reforço se necessário para fixação da condensadora, que ficará em uma base fixada na parede externa ao oeste da casa.

4.5.8 Gasto energético do sistema de VRF

O consumo do *VRF* é um pouco diferente, pois ele faz equivalências de eficiência conforme a necessidade do equipamento e do usuário no momento. Somando as potências do sistema, onde a potência fica na condensadora, e é distribuída das evaporadoras conforme a necessidade de refrigeração ou aquecimento, obtém-se 6000W, valor que pode variar, uma vez que sistema inteligente se regula, resultam num gasto energético de 144kWh se todos aparelhos estiverem sendo utilizados ao mesmo tempo.

4.6 CONSIDERAÇÕES

Após análise dos sistemas, apesar de ambos suprirem as necessidades da casa, foi optado por utilizar o sistema de *VRF*, pois sua eficiência no uso diário traz vantagens para o usuário, uma vez que o motivo da instalação é a mudança na incidência de calor na casa, além disso a diferença de custo para instalação dos sistemas, pode ser recuperada em 4 anos apenas com a diferença de energia utilizando os valores de uso simulados, por ser um sistema mais eficiente gera uma economia de 30% a menos nos custos de energia.

Visto que a tarifa média em Porto alegre é de R\$ 0,656 por kWh e se considerarmos 12h por dia de uso, 30 dias no mês, no sistema de *split* inverter que o custo é de R\$ 39.294,00 o gasto em energia seria de R\$ 1.617,22, e no sistema *VRF*, com o custo de R\$ 62.875,00 o gasto em energia seria de R\$ 1.133,57. Uma diferença de valor de R\$ 483,65 mensais, onde em 49 meses o valor de R\$ 23.581,00 acaba por ser abatido apenas com a diferença no custo mensal visto que não foi considerado

a depreciação, nem a inflação do período, pois não era o foco do trabalho, sendo realizado apenas uma análise econômica simplificada para ter noção dos custos.

5 CONCLUSÃO E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

O presente trabalho propôs a implementação de um sistema de ar condicionado, em uma edificação residencial motivado pela retirada de uma árvore de sombreamento. Onde ficou definido após os devidos cálculos de cargas, que será utilizado um sistema central que utiliza da tecnologia *VRF*, para o seu funcionamento. Essa definição se obteve após uma pesquisa bibliográfica embasada nas normas da ABNT vigentes, assim como na literatura nacional e internacional, com o auxílio de *softwares* para cálculo de carga térmica e para a elaboração dos projetos.

Os *softwares* utilizados foram o *software Microsoft Excel*, e a calculadora de btus para ambientes da Frigelar, como um balizador dos resultados, para a carga térmica elaborada no *Excel*, seguindo as normas ABNT NBR 16655-3 (2019) onde obtemos 89.000 Btus/h para calculadora da Frigelar e 80.545 Btus/h para a carga térmica elaborada no *Excel*, já para a elaboração dos projetos de ambos os sistemas foi utilizado o *software* da *Autodesk, Autocad*.

Foram analisados dois sistemas diferentes, considerados os principais sistemas para residências, utilizando sempre as melhores marcas do mercado, até a escolha do ideal, onde foi visto o sistema de *split inverter* individual, e o sistema *VRF* que unifica toda refrigeração da residência em uma grande condensadora.

Nas considerações finais foi deduzido os fatores que determinaram a escolha do sistema, visto que por serem os sistemas mais utilizados e atuais, a escolha de ambos consegue atender a necessidade da edificação residencial. O sistema de *split* instalado tem um custo de R\$39.294,00 e o sistema de *VRF* tem um custo de R\$62.875,00. Apesar do custo 37,5% mais caro, optou-se pelo *VRF*, pois possui um custo menor na sua utilização, tendo um gasto de energia reduzido em aproximadamente 40%, sendo menos prejudicial ao meio ambiente e gerando economia para o proprietário, fazendo com que o *payback* da diferença dos sistemas seja de apenas 4 anos, com a economia de energia, pode-se gerar o retorno, recuperando os R\$23.581,00 a mais investidos no sistema *VRF*, o *payback* total do investimento pode ser obtido em 12 anos.

Os objetivos inicialmente propostos foram cumpridos, e ao que se propõe a responder à seguinte questão de pesquisa: Como dimensionar corretamente um sistema de ar-condicionado de acordo com as necessidades propostas? Foi respondido ao longo do desenvolvimento do trabalho, trazendo normas e literaturas

que nos auxiliaram a desenvolver uma carga térmica, com as cargas de cada cômodo, para um dimensionamento correto do sistema, atingindo a necessidade de resfriar a casa após a retirada da árvore de sombreamento. Com a execução de um projeto adequado, o consumo de energia e eficiência do sistema seria extremamente inferior comparado a sistemas que foram mal dimensionados e sem o acompanhamento de um profissional.

Para trabalhos futuros pode-se sugerir a implementação da refrigeração para a área externa da casa, localizada aos fundos do terreno, sendo uma área de lazer coberta e fechada.

REFERÊNCIAS

ANVISA. **RESOLUÇÃO- RE N° 09**, de 16 de janeiro de 2003. Ministério da Saúde-MS.

ARAUJO, A. M. P. C. **Modernização de Sistemas de Climatização de Andares de Edifício Comercial Antigo no Rio de Janeiro com Base no Conforto Térmico dos Ocupantes**, 2011. Disponível em: <<https://www.yumpu.com/pt/document/read/16294370/modernizacao-nos-sistemas-de-climatizacao-alarm>>

ARAUJO, E.D.P. **Apostila de ar-condicionado e exaustão**. Apostila, FATECS, 2011. Disponível em: <Centro Universitário de Brasília - UniCEUB: Apostila de ar condicionado e exaustão>

ARAÚJO, Victor Giovanni Avelino. **PROJETO DE CLIMATIZAÇÃO DE UMA RESIDÊNCIA EM NATAL/RN**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018.

ASHRAE, American Society of Heating, Refrigerating and Air- Conditioning Engineers. **Fundamentals Handbook**, 2001.

ASHRAE, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. **ASHRAE HANDBOOK 2022 FUNDAMENTALS**, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16401-1: Instalações de ar condicionado – Sistemas centrais e unitários. Parte 1: Projetos de Instalações**. Rio de Janeiro, p. 2. 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16401-2: Instalações de ar-condicionado – Sistemas centrais e unitários. Parte 2: Parâmetros de conforto térmico**. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16401-3: Instalações de ar-condicionado – Sistemas centrais e unitários. Parte 3: Qualidade do ar interior**. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16655-1: Instalações de sistemas residenciais de ar-condicionado – Split e compacto. Parte 1: Projeto e instalação**. Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16655-3: Instalações de sistemas residenciais de ar-condicionado – Split e compacto. Parte 3: Método de cálculo da carga térmica residencial**. Rio de Janeiro, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão**. Rio de Janeiro, 2004.

BALDASSO, Gabriel Luiz. **ANÁLISE DE CARGA TÉRMICA E MELHORIA NA EFICIÊNCIA TÉRMICA DE UMA RESIDÊNCIA DE ALTO PADRÃO**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Energia) – Universidade Federal da Grande Dourados, Mato Grosso do Sul, 2017.

BEDIN, J. et al. **Levantamento de carga térmica em apartamento residencial, na cidade de Cascavel, Paraná, para implantação de sistema de condicionamento de ar**. Acta Iguazu, Cascavel. V.1, n.4, p.36-46, 2012.

BRASIL. **Consolidação das Leis Trabalhistas nº 6.514**, 1977.

BRASIL. **PORTARIA Nº 5.523**, DE 28 DE AGOSTO DE 1998. Ministério da Saúde.

BRASÍLIA. **Lei Nº. 13.589** de janeiro de 2018- “Dispõe sobre a manutenção de instalações e equipamentos de sistemas de climatização de ambientes.” Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2015-2018/2018/lei/l13589.htm>. Acesso em 25 de março de 2023.

CALCULADORA DE BTU'S AR-CONDICIONADO. **Frigelar**, 2023. Disponível em: <[https://www.frigelar.com.br/calculadora-de-btus?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=s_g:Calculadora BTU Linha A&utm_content=calculadora de BTU&qclid=CjwKCAjw-IWkBhBTEiwA2exyO8aLPZd_YwxrsUi4sGLP2idAnkeLI1pQaV-Y6NZjKSdCpX52Wi_vNhoCgwkQAvD_BwE](https://www.frigelar.com.br/calculadora-de-btus?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=s_g:Calculadora%20BTU%20Linha%20A&utm_content=calculadora%20de%20BTU&qclid=CjwKCAjw-IWkBhBTEiwA2exyO8aLPZd_YwxrsUi4sGLP2idAnkeLI1pQaV-Y6NZjKSdCpX52Wi_vNhoCgwkQAvD_BwE)>. Acesso em 20 de abril de 2023.

CARRIER. **The Invention That Changed the World**, 2012. Disponível em: <<https://www.carrier.com/truck-trailer/pt/br/sobre-a-carrier/historia/#:~:text=A%20inven%C3%A7%C3%A3o%20do%20ar%20condicionado,O%20Pai%20do%20Ar%20Condicionado.%22>>. Acesso em 10 de out de 2022.

Carvalho, N.A, Et al. **Eficiência Energética: Fundamentos e Aplicações**. 1ª Edição. São Paulo. Editora: Contraste Brasil, 2012. Disponível em: <https://www.voltimum.com.br/sites/www.voltimum.com.br/files/pdflibrary/01_livro_eficiencia_energetica.pdf> Acesso em 25 de março de 2023.

COSTA, E. C. **Refrigeração**, 3. ed. -São Paulo - SP: Editora: Edgar Blücher Ltda, 2011. p.1-330.

CREDER, H. **Instalações de Ar-Condicionado**, 6ª edição. Rio de Janeiro: Editora: LTC, 1997.

DUFRIO. **Refrigeração Dufrio. Ar-condicionado janela: tire suas dúvidas sobre este equipamento**, 2017. Disponível em: <<https://www.dufrio.com.br/blog/ar-condicionado/residencial/ar-condicionado-janela-tire-suas-duvidas-sobre-este-equipamento/>>Acesso em 10 de out de 2022.

FERRAZ, G. **O Histórico da Refrigeração**, 2008. Disponível em: <<https://fabioferrazdr.files.wordpress.com/2008/08/ref1.pdf>>. Acesso em 01 de out de 2022.

GRASS, Jorge Cláiton de Souza. **EFICIÊNCIA DE SISTEMAS DE AR CONDICIONADO EM UM PRÉDIO RESIDENCIAL**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto alegre, 2013.

HOWSTUFFWORKS – **How air conditioners work** – Atlanta, GA, USA – Sem data. Disponível em: <http://home.howstuffworks.com/ac.htm>.

MACHADO F, A. **Qual o melhor ar condicionado split para a praia?**, 2021. Disponível em: < <https://andrefelipemachado.blogspot.com/2021/01/qual-o-melhor-ar-condicionado-split.html>>. Acesso em 10 de out de 2022.

MILLER, R & MILLER, M, R. **Ar-condicionado e Refrigeração**, 2014. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/books/978-85-216-2612-1>>. Acesso em 01 de out de 2022.

NOTA TÉCNICA EPE 030/2018: Uso de Ar Condicionado no Setor Residencial Brasileiro: Perspectivas e contribuições para o avanço em eficiência energética. Ministério de Minas e Energia, 2018. Disponível em: < https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-341/NT%20EPE%20030_2018_18Dez2018.pdf>

OLIVEIRA, D. F.; MARTINS, J. C. **Metodologia para análise e escolha de sistemas de condicionamento de ar**. British Journal of Psychiatry, Vitória, v. 205. 2014. Disponível em:<https://mecanica.ufes.br/sites/engenhariamecanica.ufes.br/files/field/anexo/2014-1_danilo_e_juliana-1.pdf>

PAZZE, Bruna Morais. **PROJETO E ANÁLISE ENERGÉTICA DE UM SISTEMA DE AR CONDICIONADO EM EDIFÍCIO RESIDENCIAL**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) – Universidade Regional do Nordeste do Estado do Rio Grande do Sul, Panambi, 2020.

POZZA, F. **Análise térmica e energética de uma edificação residencial climatizada com sistema de fluxo de refrigerante variável – VRF**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, jul. 2011. Disponível em:<http://hdl.handle.net/10183/34759>

SILVA, J.C. – **Refrigeração comercial e climatização industrial**. 1ª edição. São Paulo: Editora Hemus, 2004; 231p.

SOUZA, W.D.S. **Comparação entre Dois Sistemas de Ar-Condicionado para Prédio Histórico, 2010**. Monografia apresentada ao departamento de Engenharia Mecânica da Escola da Universidade Federal Do Rio Grande do Sul, UFRGS. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/27745/000766505.pdf?sequence=1>>

SOUZA, Welder Boeno. **COMPARAÇÃO ENTRE DOIS SISTEMAS DE AR-CONDICIONADO PARA UM PRÉDIO HISTÓRICO**. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

STOECKER, W.F. **Refrigeração e Ar Condicionado**. São Paulo. Editora: McGraw-Hill, 1985.

TOCCHIO, Gabriel Guilhen. **PROJEÇÃO DA DEMANDA POR AR CONDICIONADO NO SETOR RESIDENCIAL BRASILEIRO**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Mecânica) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2020.

YORK - **Catálogos de Self contained** - Rio de Janeiro - Sem data. Disponível em: <https://www.johnsoncontrols.com/-/media/jci/be/united-states/hvac-equipment/indoorpackaged-equipment/files/be_eng-guide_aircooled-self-contained_2-to-20-tr.pdf?la=en>

APÊNDICES

Apêndice A:

Carga Térmica Com Árvore - Sala de jantar				
Origem do calor	Tamanho			
1 - Parede	Largura	Altura	Fator	Total
1.1 - Internas	9,34	2,6	55	1335,62
1.2 - Norte	0	2,6	204	0
1.3 - Leste	0	2,6	678	0
1.4 - Sul	0	2,6	128	0
1.5 - Oeste	0	2,6	678	0
1.6 - Sem insolação	3,75	2,6	125	1218,75
2 - Teto	Área		Fator	Total
2.1 - Laje	10,8		315	3402
2.2 - Em laje, c/2,5 cm de isolamento ou mais			125	0
2.3 - Entre andares			52	0
2.4 - Sob telhado isolado			72	0
2.5 - Sob telhado sem isolamento			160	0
3 - Janelas c/ isolamento	Área da janela	Fator de Somb.	Fator	Total
3.1 - Norte	3,255	0,87	1000	2831,85
3.2 - Leste	0	0,87	1130	0
3.3 - Sul	0	0,87	0	0
3.4 - Oeste	0	0,87	2100	0
4 - Iluminação e aparelhos	Quantidade		Fator	Total
4.1 - Lâmpadas led	1		9	9
4.3 - Aparelhos Elétricos	0		860	0
4.4 - Monitores/ televisão	0		250	0
4.5 - Número de Computadores	0		135	0
5 - Pessoas			Fator	Total
5.1 - Em Atividade Normal		Nº pessoas	150	0
Em Movimento	8	Nº pessoas	375	3000
			SubTotal	11797,22
	Fator Climático da região Sul			0,9
	Carga Térmica Total Btu/h			10065
	TR			0,84

Apêndice B:

Carga Térmica Com Árvore - Biblioteca				
Origem do calor	Tamanho			
1 - Parede	Largura	Altura	Fator	Total
1.1 - Internas	14,39	2,6	55	2057,77
1.2 - Norte	0	2,6	204	0
1.3 - Leste	0	2,6	678	0
1.4 - Sul	0	2,6	128	0
1.5 - Oeste	0	2,6	678	0
1.6 - Sem insolação		2,6	125	0
2 - Teto				
	Área		Fator	Total
2.1 - Laje	10,3		315	3244,5
2.2 - Em laje, c/2,5 cm de insolação ou mais			125	0
2.3 - Entre andares			52	0
2.4 - Sob telhado isolado			72	0
2.5 - Sob telhado sem insolação			160	0
3 - Janelas c/ insolação				
	Área da janela	Fator de Somb.	Fator	Total
3.1 - Norte		0,87	1000	0
3.2 - Leste		0,87	1130	0
3.3 - Sul	3,255	0,87	0	0
3.4 - Oeste	0	0,87	2100	0
4 - Iluminação e aparelhos				
	Quantidade		Fator	Total
4.1 - Lâmpadas led	2		9	18
4.3 - Aparelhos Elétricos	3		860	2580
4.4 - Monitores/ televisão	1		250	250
4.5 - Número de Computadores	2		135	270
5 - Pessoas				
			Fator	Total
5.1 - Em Atividade Normal	3	Nº pessoas	150	450
Em Atividade Física (Dançando)		Nº pessoas	375	0
			SubTotal	8870,27
			Fator Climático da região Sul	0,9
			Carga Térmica Total Btu/h	7568
			TR	0,63

Apêndice C-1:

Carga Térmica Com Árvore - Suite				
Origem do calor	Tamanho			
1 - Parede	Largura	Altura	Fator	Total
1.1 - Internas	12,9	2,6	55	1844,7
1.2 - Norte	0	2,6	204	0
1.3 - Leste	0	2,6	678	0
1.4 - Sul	0	2,6	128	0
1.5 - Oeste	0	2,6	678	0
1.6 - Sem insolação	9,15	2,6	125	2973,75
2 - Teto				
	Área		Fator	Total
2.1 - Laje	22,13		315	6970,95
2.2 - Em laje, c/2,5 cm de isolamento ou mais			125	0
2.3 - Entre andares			52	0
2.4 - Sob telhado isolado			72	0
2.5 - Sob telhado sem isolamento			160	0
3 - Janelas c/ isolamento				
	Área da janela	Fator de Somb.	Fator	Total
3.1 - Norte	2,492	0,87	1000	2168,04
3.2 - Leste	0	0,87	1130	0
3.3 - Sul	0	0,87	0	0
3.4 - Oeste	0	0,87	2100	0
4 - Iluminação e aparelhos				
	Quantidade		Fator	Total
4.1 - Lâmpadas led	2		9	18
4.3 - Aparelhos Elétricos	1		860	860
4.4 - Monitores/ televisão	1		250	250
4.5 - Número de Computadores	0		135	0
5 - Pessoas				
			Fator	Total
5.1 - Em Atividade Normal	2	Nº pessoas	150	300
Em Atividade Física (Dançando)		Nº pessoas	375	0
			SubTotal	15385,44
			Fator Climático da região Sul	0,9
			Carga Térmica Total Btu/h	13127
			TR	1,09

Apêndice C-2:

Carga Térmica Sem Árvore - Suite				
Origem do calor	Tamanho			
1 - Parede	Largura	Altura	Fator	Total
1.1 - Internas	12,9	2,6	55	1844,7
1.2 - Norte	0	2,6	204	0
1.3 - Leste	4,15	2,6	678	7315,62
1.4 - Sul	5	2,6	128	1664
1.5 - Oeste	0	2,6	678	0
1.6 - Sem insolação	0	2,6	125	0
2 - Teto				
	Área		Fator	Total
2.1 - Laje	17,56		315	5531,4
2.2 - Em laje, c/2,5 cm de isolamento ou mais			125	0
2.3 - Entre andares			52	0
2.4 - Sob telhado isolado			72	0
2.5 - Sob telhado sem isolamento			160	0
3 - Janelas c/ isolamento				
	Área da janela	Fator de Somb	Fator	Total
3.1 - Norte	2,492	0,87	1000	2168,04
3.2 - Leste	0	0,87	1130	0
3.3 - Sul	0	0,87	0	0
3.4 - Oeste	0	0,87	2100	0
4 - Iluminação e aparelhos				
	Quantidade		Fator	Total
4.1 - Lâmpadas led	2		9	18
4.3 - Aparelhos Elétricos	1		860	860
4.4 - Monitores/ televisão	1		250	250
4.5 - Número de Computadores	0		135	0
5 - Pessoas				
			Fator	Total
5.1 - Em Atividade Normal	2	Nº pessoas	150	300
Em Atividade Física (Dançando)		Nº pessoas	375	0
SubTotal				
			SubTotal	19951,76
Fator Climático da região Sul				0,9
Carga Térmica Total Btu/h				17023
TR				1,42

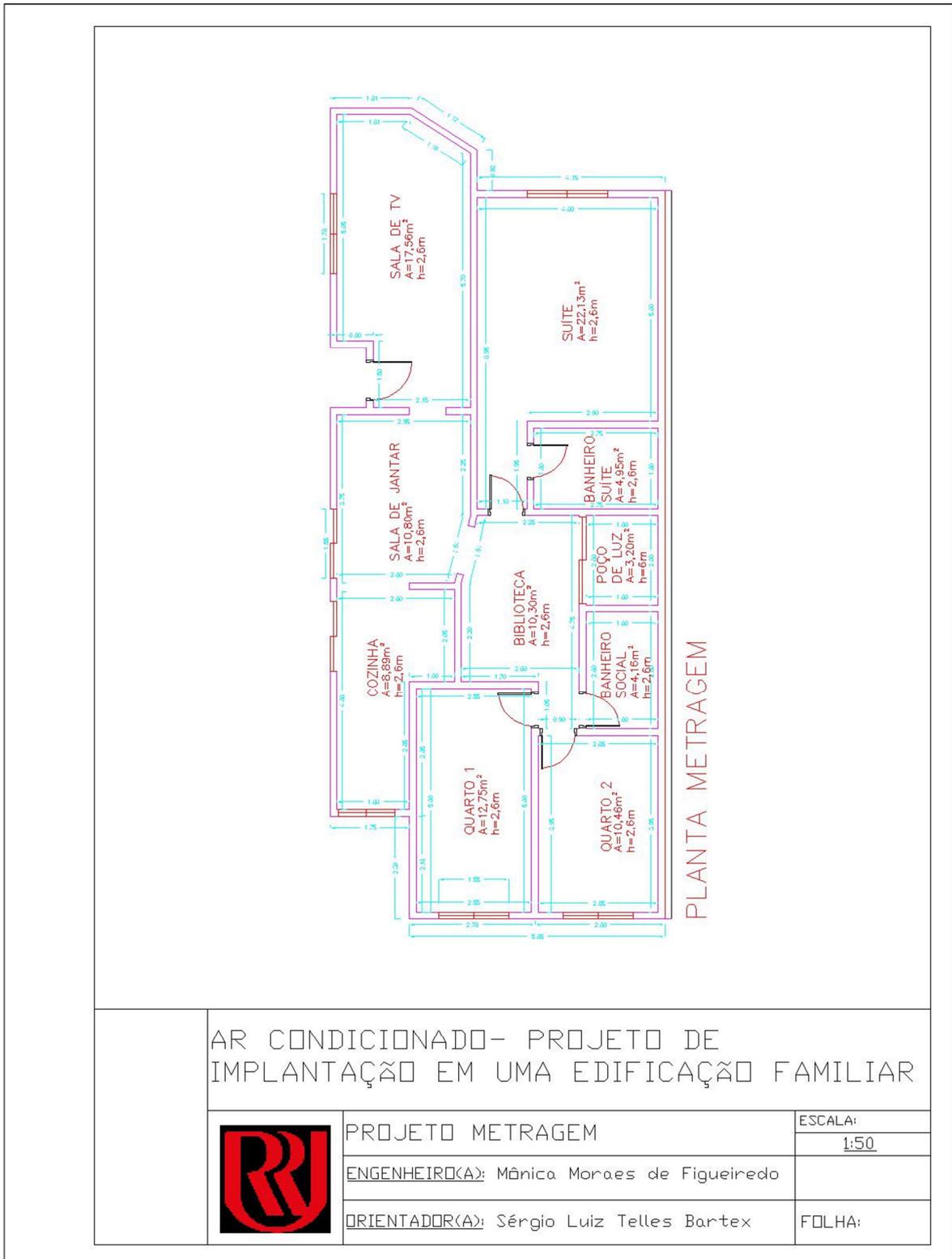
Apêndice D:

Carga Térmica Sem Árvore - Quarto 1				
Origem do calor	Tamanho			
1 - Parede	Largura	Altura	Fator	Total
1.1 - Internas	10,4	2,6	55	1487,2
1.2 - Norte	2,16	2,6	204	1145,664
1.3 - Leste	0	2,6	678	0
1.4 - Sul	0	2,6	128	0
1.5 - Oeste	2,55	2,6	678	4495,14
1.6 - Sem insolação	0	2,6	125	0
2 - Teto				
	Área		Fator	Total
2.1 - Laje	12,75		315	4016,25
2.2 - Em laje, c/2,5 cm de isolamento ou mais			125	0
2.3 - Entre andares			52	0
2.4 - Sob telhado isolado			72	0
2.5 - Sob telhado sem isolamento			160	0
3 - Janelas c/ isolamento				
	Área da janela	Fator de Somb.	Fator	Total
3.1 - Norte	0	0,87	1000	0
3.2 - Leste	0	0,87	1130	0
3.3 - Sul	0	0,87	0	0
3.4 - Oeste	2,17	0,87	2100	3964,59
4 - Iluminação e aparelhos				
	Quantidade		Fator	Total
4.1 - Lâmpadas led	2		9	18
4.3 - Aparelhos Elétricos	1		860	860
4.4 - Monitores/ televisão	3		250	750
4.5 - Número de Computadores	3		135	405
5 - Pessoas				
			Fator	Total
5.1 - Em Atividade Normal	2	Nº pessoas	150	300
Em Atividade Física (Dançando)		Nº pessoas	375	0
			SubTotal	17441,84
Fator Climático da região Sul				0,9
Carga Térmica Total Btu/h				14881
TR				1,24

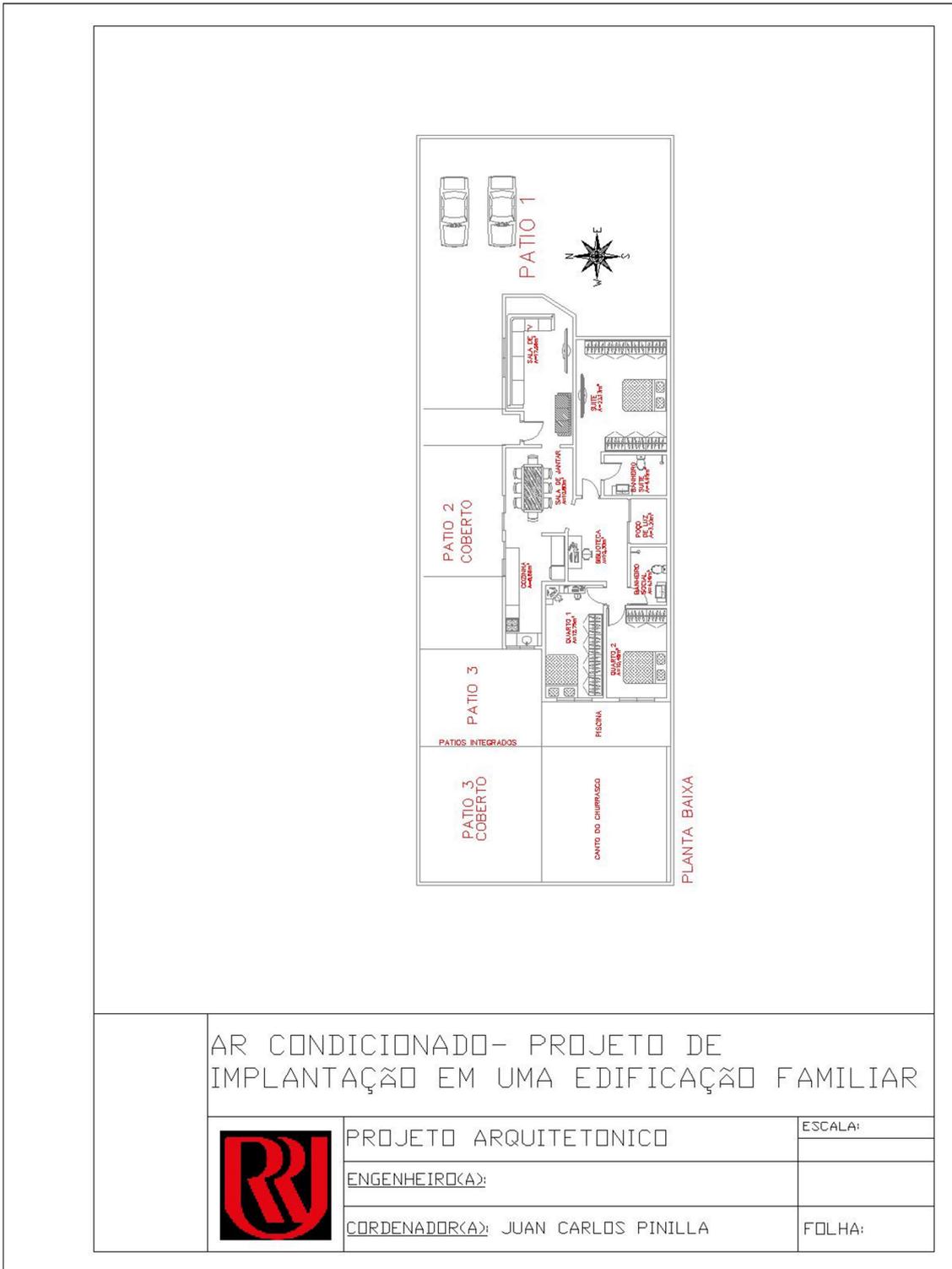
Apêndice E:

Carga Térmica Sem Árvore - Quarto 2				
Origem do calor	Tamanho			
1 - Parede	Largura	Altura	Fator	Total
1.1 - Internas	6,6	2,6	55	943,8
1.2 - Norte	0	2,6	204	0
1.3 - Leste	0	2,6	678	0
1.4 - Sul	2,95	2,6	128	981,76
1.5 - Oeste	2,65	2,6	678	4671,42
1.6 - Sem insolação	0	2,6	125	0
2 - Teto	Área		Fator	Total
2.1 - Laje	10,46		315	3294,9
2.2 - Em laje, c/2,5 cm de isolamento ou mais			125	0
2.3 - Entre andares			52	0
2.4 - Sob telhado isolado			72	0
2.5 - Sob telhado sem isolamento			160	0
3 - Janelas c/ isolamento	Área da janela	Fator de Somb.	Fator	Total
3.1 - Norte	0	0,87	1000	0
3.2 - Leste	0	0,87	1130	0
3.3 - Sul	0	0,87	0	0
3.4 - Oeste	2,17	0,87	2100	3964,59
4 - Iluminação e aparelhos	Quantidade		Fator	Total
4.1 - Lâmpadas led	2		9	18
4.3 - Aparelhos Elétricos	0		860	0
4.4 - Monitores/ televisão	0		250	0
4.5 - Número de Computadores	0		135	0
5 - Pessoas			Fator	Total
5.1 - Em Atividade Normal	2	Nº pessoas	150	300
Em Atividade Física (Dançando)		Nº pessoas	375	0
			SubTotal	14174,47
	Fator Climático da região Sul			0,9
	Carga Térmica Total Btu/h			12094
	TR			1,01

Apêndice F



Apêndice G



AR CONDICIONADO- PROJETO DE IMPLANTAÇÃO EM UMA EDIFICAÇÃO FAMILIAR



PROJETO ARQUITETONICO

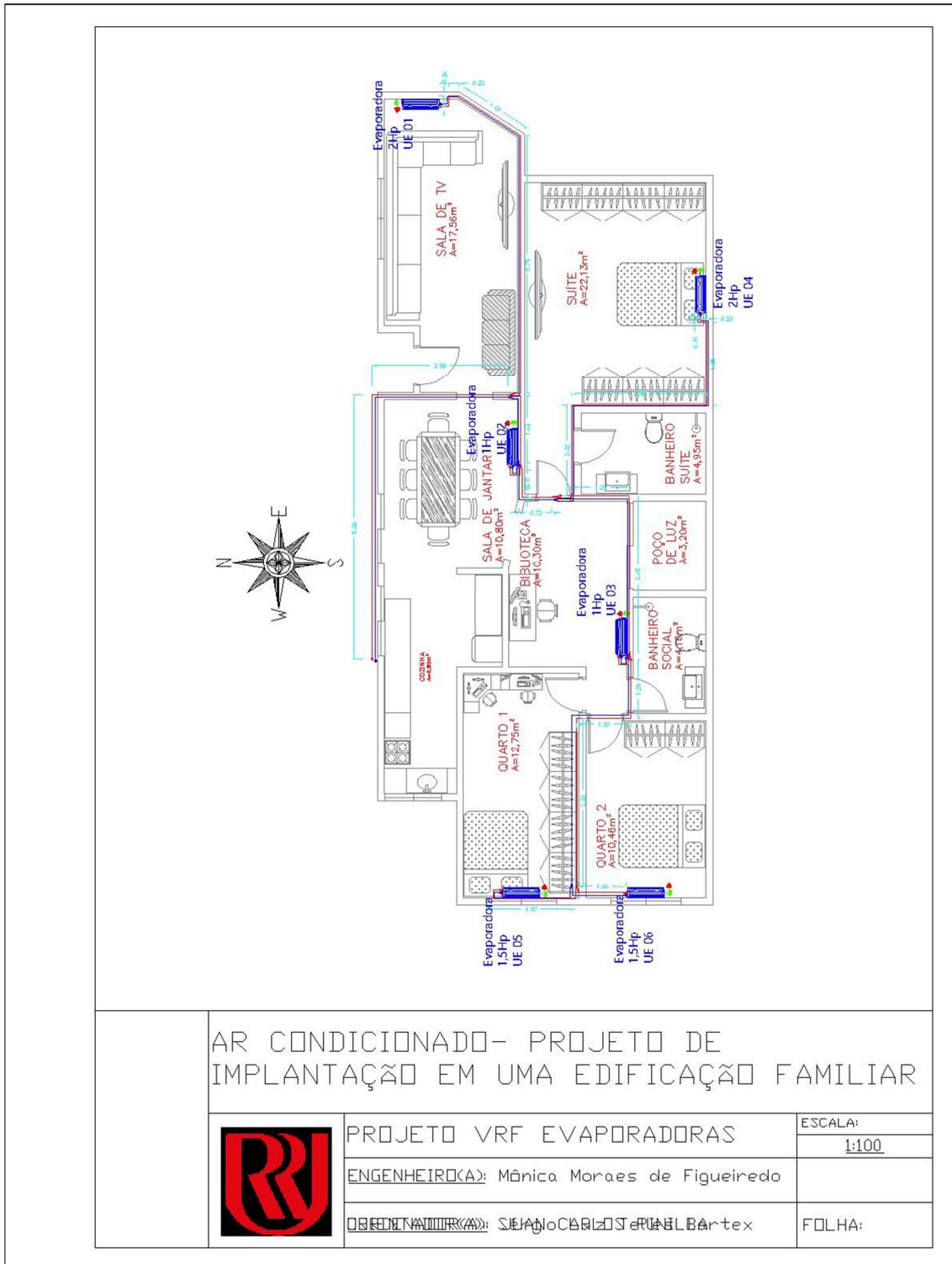
ESCALA:

ENGENHEIRO(A):

CORDENADOR(A): JUAN CARLOS PINILLA

FOLHA:

Apêndice H



AR CONDICIONADO- PROJETO DE IMPLANTAÇÃO EM UMA EDIFICAÇÃO FAMILIAR



PROJETO VRF EVAPORADORAS

ENGENHEIRO(A): Mônica Moraes de Figueiredo

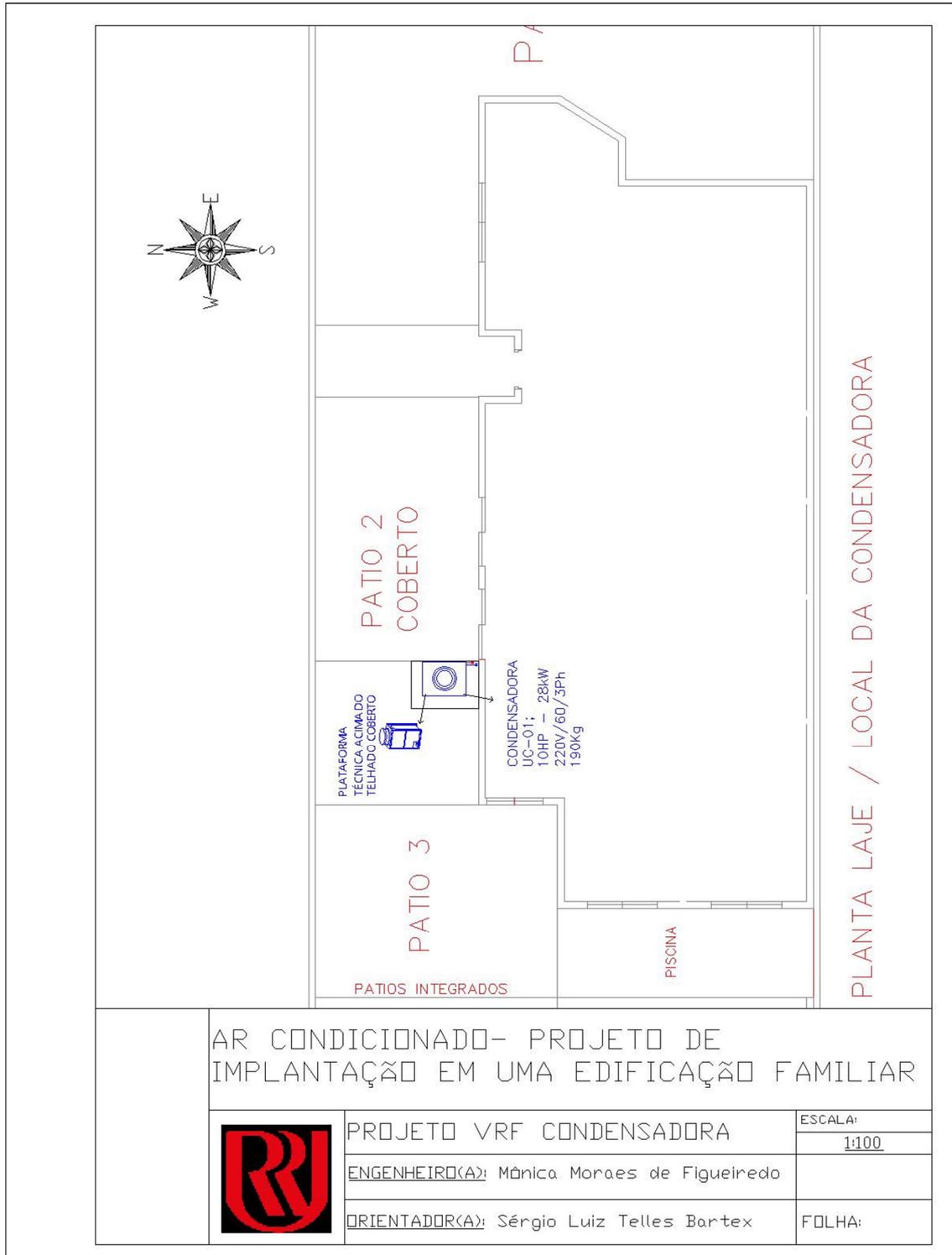
OBRIGADO(A): SIA/Projeto/Arquiteto/Engenheiro

ESCALA:

1:100

FOLHA:

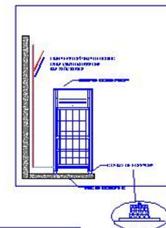
Apêndice I



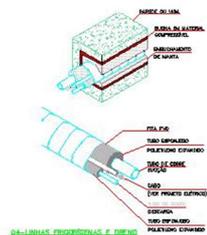
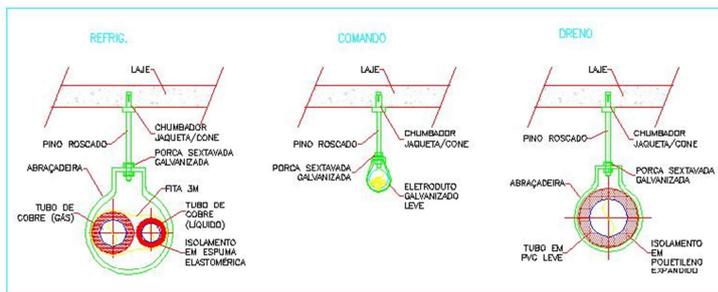
Apêndice J

Item	Local	Área (m²)	Capacidade de projeto (BTU/h)	Capacidade de projeto (TR)	Capacidade de mercado (HP)	Capacidade de mercado (HP)
1	Sala de TV	17,56	18.914	1,58	1,97	2
2	Sala de jantar	10,80	10.000	0,83	1,037	1
3	Biblioteca	10,30	7.500	0,625	0,78	1
4	Suíte	22,13	17.023	1,46	1,82	2
5	Quarto 1	12,75	14.881	1,24	1,55	1,5
6	Quarto 2	10,46	13.110	1,09	1,36	1,5
Resumo total:		84	81.428	6,825	8,517	9

LEGENDA	
SÍMBOLO	DESCRIÇÃO
— LL —	LINHA FREGORRADA DE LÍQUIDO—TUBULAÇÃO EM COBRE, SEM COSTURA, COM ISOLAMENTO TÉRMICO EM TUBOS DE ESPUMA ELASTOMÉTRICA
— LS —	LINHA FREGORRADA DE SUÇÃO—TUBULAÇÃO EM COBRE, SEM COSTURA, COM ISOLAMENTO TÉRMICO EM TUBOS DE ESPUMA ELASTOMÉTRICA
	PONTO DE FORÇA 220V - 1F - 3Ph - 60Hz C/ ATERRAMENTO
	PONTO DE DRENAGEM - #25mm - ISOLADOS
	REFNET- TUBO DE PNEUMÁTICO PARA TUBULAÇÃO DE REFRIGERANTE DO SISTEMA VRF.
	CONTROLE REMOTO SEM FIO



- OBS. 1:
-AS BÍTOLAS DAS TUBULAÇÕES DE REFRIGERAÇÃO DEVERÃO SER ADEQUADAS AS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DOS EQUIPAMENTOS DE ACORDO COM A MARCA, QUANDO DE SUA AQUISIÇÃO.
- OBS. 2:
-OS PONTOS DE FORÇA E INTERLIGAÇÕES ELÉTRICAS ENTRE OS EQUIPAMENTOS DEVERÃO SER COMPATIBILIZADOS CONFORME A MARCA DO EQUIPAMENTO QUANDO DE SUA AQUISIÇÃO, DEVEDO POSSUIR SOBRES NO COMPRIMENTO DOS CABOS POSSIBILITANDO A LIGAÇÃO SEM EMENDAS AOS EQUIPAMENTOS E COMPONENTES.
- OBS. 3:
-A ALTURA DOS PONTOS DE DRENAGEM DEVERA SER COMPATIBILIZADA CONFORME A MARCA DO EQUIPAMENTO, QUANDO DE SUA AQUISIÇÃO.
- OBS. 4:
-OS PESOS DOS EQUIPAMENTOS DEVERÃO SER REVISADOS QUANDO DA AQUISIÇÃO DOS MESMOS.
- OBS. 5:
-ANTES DE INICIAR A EXECUÇÃO, AS MEDIDAS DEVERÃO SER VERIFICADAS NA OBRA.
- OBS. 6:
-RESPEITAR MEDIDA MÍNIMA ENTRE REFINETES E REFINETES—MÁQUINA DE 0,5m.



DETALHE FIXAÇÃO TUBULAÇÃO DE REFRIGERANTE E, COMANDO E DRENO SEM ESCALA

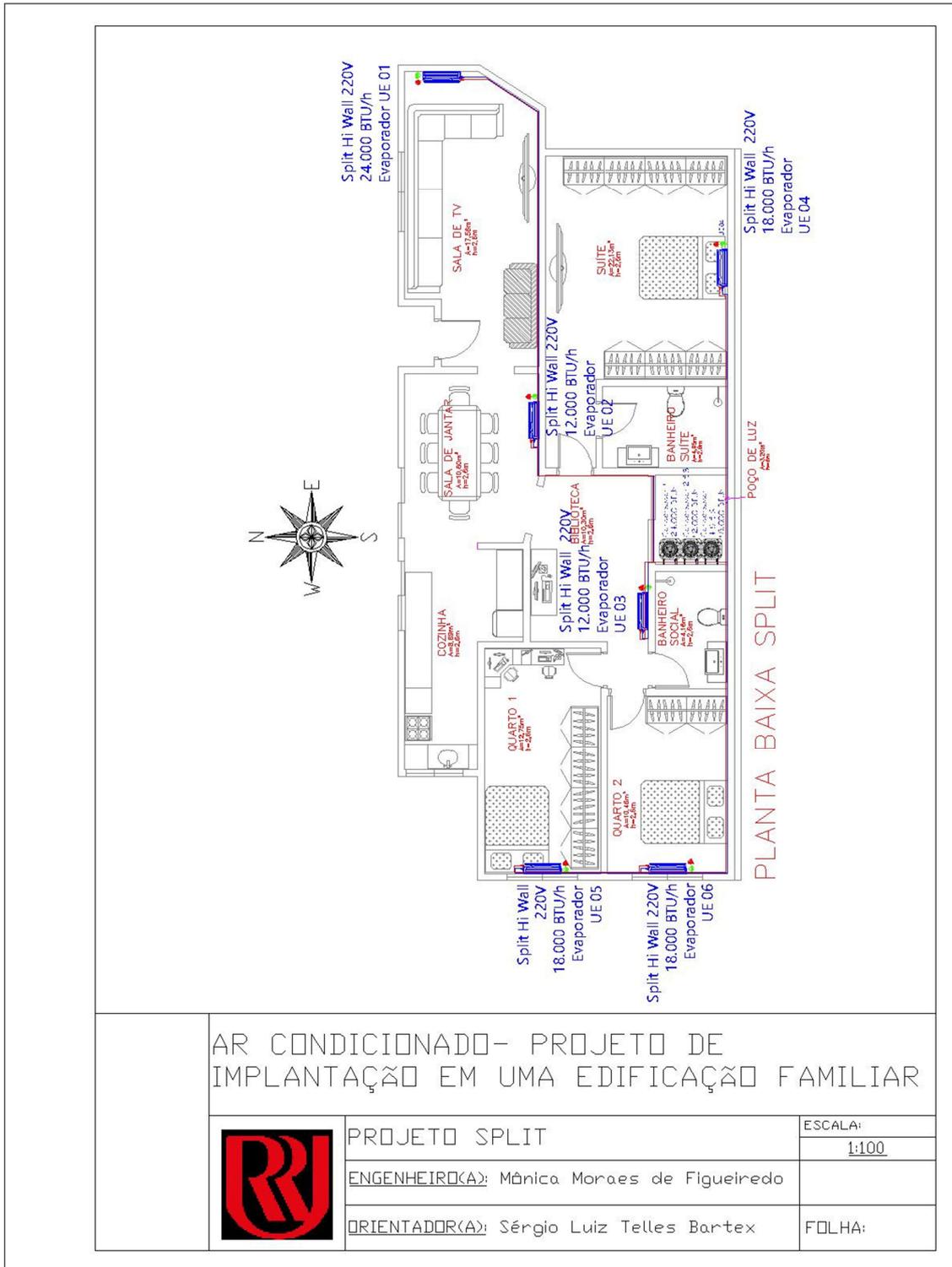
AR CONDICIONADO- PROJETO DE IMPLANTAÇÃO EM UMA EDIFICAÇÃO FAMILIAR



DETALHES VRF
 ENGENHEIRO(A): Mônica Moraes de Figueiredo
 ORIENTADOR(A): Sérgio Luiz Telles Bartex

ESCALA:
 s/ escala
 FOLHA:

Apêndice K



AR CONDICIONADO- PROJETO DE IMPLANTAÇÃO EM UMA EDIFICAÇÃO FAMILIAR



PROJETO SPLIT

ENGENHEIRO(A): Mônica Moraes de Figueiredo

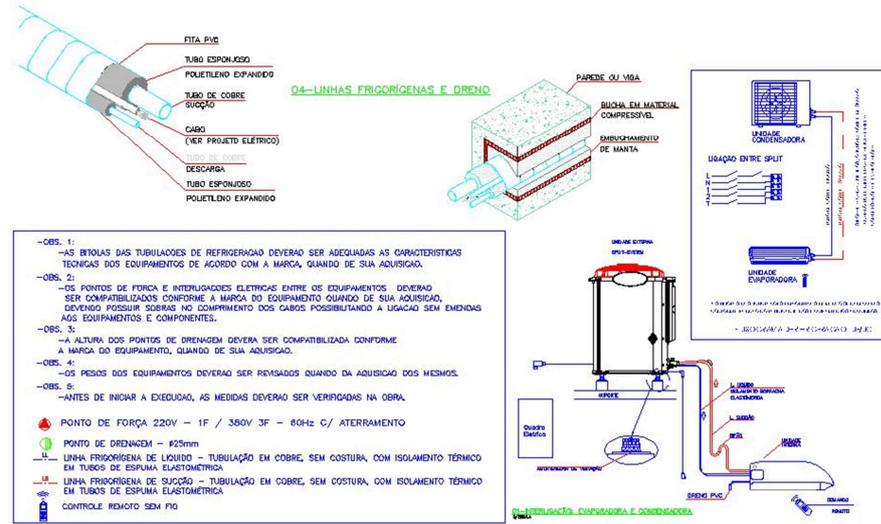
ORIENTADOR(A): Sérgio Luiz Telles Bartex

ESCALA:

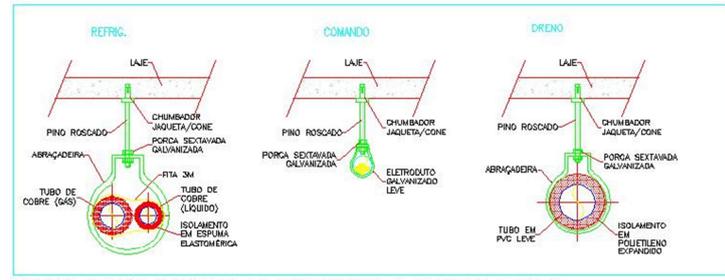
1:100

FOLHA:

Item	Local	Área (m²)	Capacidade de projeto (BTU/h)	Capacidade de mercado (BTU/h)	Corrente (A)	Potência (W)	Sucção (Ø)	Líquido (Ø)	Peso Cond/Evap (kg)
1	Sala de TV	17,56	18.914	24.000	9,10	2.014	5/8"	1/4"	13/50
2	Sala de jantar	10,80	10.000	12.000	4,7	1.026	3/8"	1/4"	08/50
3	Biblioteca	10,30	7.500	12.000	4,7	1.026	3/8"	1/4"	08/50
4	Suíte	22,13	17.023	18.000	7,3	1.498	1/2"	1/4"	13/48
5	Quarto 1	12,75	14.881	18.000	7,3	1.498	1/2"	1/4"	13/48
6	Quarto 2	10,46	13.110	18.000	7,3	1.498	1/2"	1/4"	13/48
Resumo total:		84	81.428	102.000					



- OBS. 1: -AS BÍOULAS DAS TUBULAÇÕES DE REFRIGERAÇÃO DEVERÃO SER ADEQUADAS AS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DOS EQUIPAMENTOS DE ACORDO COM A MARCA, QUANDO DE SUA ADQUIÇÃO.
 - OBS. 2: -OS PONTOS DE FORÇA E INTERLIGAÇÕES ELÉTRICAS ENTRE OS EQUIPAMENTOS DEVERÃO SER COMPATIBILIZADOS CONFORME A MARCA DO EQUIPAMENTO QUANDO DE SUA ADQUIÇÃO, DEVENDO POSSUIR SOBRESA NO COMPRIMENTO DOS CABOS POSSIBILITANDO A LIGAÇÃO SEM EMENDAS NOS EQUIPAMENTOS E COMPONENTES.
 - OBS. 3: -A ALTURA DOS PONTOS DE DRENAGEM DEVERÁ SER COMPATIBILIZADA CONFORME A MARCA DO EQUIPAMENTO, QUANDO DE SUA ADQUIÇÃO.
 - OBS. 4: -OS PESOS DOS EQUIPAMENTOS DEVERÃO SER REVISADOS QUANDO DA ADQUIÇÃO DOS MESMOS.
 - OBS. 5: -ANTES DE INICIAR A EXECUÇÃO, AS MEDIDAS DEVERÃO SER VERIFICADAS NA OBRA.
- PONTO DE FORÇA 220V - 1F / 380V 3F - 60Hz C/ ATERRAMENTO
- PONTO DE DRENAGEM - Ø25mm
- LINHA FRIGORÍGENA DE LÍQUIDO - TUBULAÇÃO EM COBRE, SEM COSTURA, COM ISOLAMENTO TÉRMICO EM TUBOS DE ESPUMA ELASTOMÉTRICA
- LINHA FRIGORÍGENA DE SUÇÃO - TUBULAÇÃO EM COBRE, SEM COSTURA, COM ISOLAMENTO TÉRMICO EM TUBOS DE ESPUMA ELASTOMÉTRICA
- CONTROLE REMOTO SEM FIO



DETALHE FIXAÇÃO TUBULAÇÃO DE REFRIGERANTE E, COMANDO E DRENO
SEM ESCALA

AR CONDICIONADO- PROJETO DE IMPLANTAÇÃO EM UMA EDIFICAÇÃO FAMILIAR



DETALHES SPLIT

ENGENHEIRO(A): Mônica Moraes de Figueiredo

ORIENTADOR(A): Sérgio Luiz Telles Bartex

ESCALA:
s/ escala

FOLHA: