

DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO DO EDIF. FÁBIO RUSCHI

Eduardo Porfírio Casotto
Orientador: Leonardo Barbosa de Moraes

RESUMO

O estudo busca realizar um diagnóstico para identificar áreas de melhoria na eficiência energética do Edifício Fábio Ruschi¹, sendo direcionado para a análise da economia de energia elétrica com a substituição do sistema de refrigeração atual, Split, para o VRF². Os resultados indicam que o sistema VRF apresentou uma economia superior em comparação ao sistema Split, com um percentual de economia de 40% destacando sua viabilidade e eficácia na redução do consumo de energia. Neste trabalho será realizado o cálculo simplificado da carga térmica da edificação, com intuito de se obter uma estimativa do consumo de energia elétrica do dois sistemas, visando nortear trabalhos futuros, mais aprofundados, com análise econômico-financeira do investimento. Além disso, este material pode embasar um PEE - Programa de Eficiência Energética, programa federal que obriga todas as Concessionárias de Energia Elétrica a destinar 0,5% do seu faturamento anual para financiar projetos de eficiência energética.

Palavras-chaves: Eficiência Energética, Diagnóstico Energético, Sustentabilidade, VRF, Carga Térmica, Conforto Térmico

Abstract

The study aims to conduct a diagnosis to identify areas for improvement in the energy efficiency of the Fábio Ruschi Building, focusing on analyzing electricity savings by replacing the current split refrigeration system with VRF. The results indicate that the VRF system showed superior savings compared to the Split system, with a savings percentage of 40%, highlighting its feasibility and effectiveness in reducing energy consumption. This work will perform a simplified calculation of the building's thermal load to estimate the electricity consumption of both systems, aiming to guide future, more in-depth studies with economic and financial analysis of the investment. Additionally, this material can support an EEP - Energy Efficiency Program, a federal program that requires all Electricity Concessionaires to allocate 0.5% of their annual revenue to finance energy efficiency projects.

Keywords: Energy Efficiency, Energy Diagnosis, Sustainability, VRF, Variable Refrigerant Flow, Thermal Load, Thermal Comfort

¹ Edifício Fábio Ruschi – é um edifício do Governo do Estado do Espírito Santo, situado no centro de Vitória

² VRF - Variável Refrigerant Flow. O sistema VRF é capaz de lidar com um maior número de unidades internas do que o sistema Split convencional e oferece maior flexibilidade e controle. O VRF é mais comum em edifícios comerciais e grandes instalações, enquanto os sistemas Split são frequentemente encontrados em residências e em locais menores.

1. INTRODUÇÃO

1.1. DELIMITAÇÃO DO TEMA

Com o aumento da preocupação global em relação às mudanças climáticas e a necessidade urgente de reduzir o consumo de energia elétrica, a pesquisa sobre eficiência energética em edificações tornou-se uma prioridade. Este estudo busca não apenas identificar oportunidades de economia de energia, mas também demonstrar de forma prática como estimar a carga térmica de um sistema de refrigeração e implementar medidas para promover projetos nesse sentido, alinhados com os princípios da sustentabilidade.

Considerando o clima quente e úmido da região de Vitória/ES e a carga térmica significativa gerada pela operação do sistema de refrigeração, se mostrou importante explorar estratégias para otimizar o uso de energia elétrica na edificação do Edifício Fábio Ruschi.

Inicialmente, foram analisadas as faturas de energia elétrica, para ver o comportamento da curva de carga da edificação, depois checou se o tipo de iluminação, onde foram identificadas luminárias com lâmpadas fluorescentes, que poderiam ser substituídas por LED, e, em seguida, a pesquisa direcionou-se para a avaliação do sistema de refrigeração, que representa grande parte do consumo de energia elétrica das edificações. Daí foram realizadas simulações, com base na carga térmica, para poder avaliar o quanto de economia poderia ser obtido com a mudança do sistema de refrigeração atual do tipo Split para VRF.

O embasamento para esta pesquisa foi obtido por meio de estudos anteriores que exploraram eficiência energética em edificações, como destacado por Anjos (2022) em seu estudo de caso sobre carga térmica para dimensionamento de um sistema de ar condicionado em uma igreja. Boaventura (2019) também contribuiu com uma comparação da eficiência energética entre sistemas de climatização Chiller e VRF, com enfoque no Sul e Sudeste do Pará.

1.2. CONTEXTO

O Edifício Fábio Ruschi, objeto deste estudo, é um prédio público, que comporta quatro secretarias do Estado do Espírito Santo, localizado na cidade de Vitória/ES, que funciona essencialmente de 8h às 18h, de segunda a sexta-feira, e o clima da região é quente e úmido.

Inicialmente foi feito uma análise nas faturas de energia elétrica, onde foi observado que a demanda contratada estava em 570 kW (Fig. 1), e dispondo o

histórico de consumo de 12/2022 a 07/2023 (Fig. 3), chegamos à uma demanda contratada ideal de 360 kW, que ao valor de R\$30,44 por kW de demanda contratada representou uma diferença anual positiva de R\$40.811,52 (208.209,60 - 167.398,08). Ainda que este item não seja uma medida de eficiência energética, mas apenas uma questão contratual, fica um alerta para que seja monitorado a cada três meses, por exemplo, qual seria a melhor demanda contratada, que se ajusta à operação atual da edificação.


Cliente/ Endereço de Entrega SECRETARIA DE ESTADO DE GESTAO E RECURSOS HUMANOS AV GOVR BLEY 236 29010-150 CENTRO / VITORIA - ES COD. IDENT. 152128200 CÔD.FISCAL DA OPERAÇÃO 5258 ROTEIRO DE LEITURA: T44VT01X00000		Numero da Instalação 9500016 Central de Atendimento 0800 721 5671 07142160 	Conta do Mês Julho/2023 Periodo de Faturamento Emissão: 04/08/2023 Leitura Anterior: 30/06/2023 Leitura Atual: 31/07/2023 Nº dias de Faturamento: 31 PREV. PROXIMA LEITURA: 31/08/2023																																																			
Bandeiras Tarifárias Bandeira Tarifária Vigente na Data de Faturamento: VERDE Nº dias Fal. Bandeira VERDE : 31 dias (01/07/2023 a 31/07/2023) Informações sobre o sistema de bandeiras tarifárias estão disponíveis no site da ANEEL (www.aneel.gov.br)		Local de Consumo SEC EST DE GESTAO E RECURSOS HUMANOS AV GOVR BLEY 236 29010-150 CENTRO / VITORIA - ES CNPJ/CPF/CI: 07162270000148 INSC ESTADUAL: CONTA CONTRATO: 340950001609																																																				
Dados do Contrato Número Contrato: 0495000160 Número Conta Contrato: 340950001609 Grupo: A Subgrupo: A4 Modalidade Tarifária: VERDE Classe/Subclasse: PODER PÚBLICO - ESTADUAL Tipo de Fornecimento: TRIFÁSICO Tensão Nominal: 11.400 V Perdas Transformação: Demanda Ponta: Demanda Fora Ponta: 570,0000 Período de Faturamento: 01/07/2023 A 31/07/2023 Horário de Ponta: 18.00:00 A 21:00:00		Demonstrativo de Valores <table border="1"> <thead> <tr> <th>Descrição</th> <th>Valor R\$</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fornecimento de energia elétrica</td> <td>43.332,45</td> </tr> <tr> <td>Consumo</td> <td>24.157,15</td> </tr> <tr> <td>Demanda</td> <td>9.369,43</td> </tr> <tr> <td>Demanda não utilizada</td> <td>7.981,37</td> </tr> <tr> <td>ERE-Energia Reativa Excedente</td> <td>112,87</td> </tr> <tr> <td>Retenção Demanda Imposto Renda</td> <td>850,18-</td> </tr> <tr> <td>Retenção Imposto de Renda</td> <td>303,47-</td> </tr> <tr> <td>Tributos</td> <td>B. Cálculo</td> <td>Aliquota</td> <td>=</td> <td></td> </tr> <tr> <td>PIS</td> <td>35.022,85</td> <td>X 0,70%</td> <td>=</td> <td>245,15</td> </tr> <tr> <td>PIS demanda não utilizada</td> <td>8.309,60</td> <td>X 0,70%</td> <td>=</td> <td>58,17</td> </tr> <tr> <td>COFINS</td> <td>35.022,85</td> <td>X 3,25%</td> <td>=</td> <td>1.138,25</td> </tr> <tr> <td>COFINS demanda não utilizada</td> <td>8.309,60</td> <td>X 3,25%</td> <td>=</td> <td>270,06</td> </tr> <tr> <td>Crédito Conta Paga</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>1.153,65-</td> </tr> <tr> <td>Contribuição de Ilum. Pública - Lei Municipal 9156/2017</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>354,62</td> </tr> </tbody> </table>		Descrição	Valor R\$	Fornecimento de energia elétrica	43.332,45	Consumo	24.157,15	Demanda	9.369,43	Demanda não utilizada	7.981,37	ERE-Energia Reativa Excedente	112,87	Retenção Demanda Imposto Renda	850,18-	Retenção Imposto de Renda	303,47-	Tributos	B. Cálculo	Aliquota	=		PIS	35.022,85	X 0,70%	=	245,15	PIS demanda não utilizada	8.309,60	X 0,70%	=	58,17	COFINS	35.022,85	X 3,25%	=	1.138,25	COFINS demanda não utilizada	8.309,60	X 3,25%	=	270,06	Crédito Conta Paga				1.153,65-	Contribuição de Ilum. Pública - Lei Municipal 9156/2017				354,62
Descrição	Valor R\$																																																					
Fornecimento de energia elétrica	43.332,45																																																					
Consumo	24.157,15																																																					
Demanda	9.369,43																																																					
Demanda não utilizada	7.981,37																																																					
ERE-Energia Reativa Excedente	112,87																																																					
Retenção Demanda Imposto Renda	850,18-																																																					
Retenção Imposto de Renda	303,47-																																																					
Tributos	B. Cálculo	Aliquota	=																																																			
PIS	35.022,85	X 0,70%	=	245,15																																																		
PIS demanda não utilizada	8.309,60	X 0,70%	=	58,17																																																		
COFINS	35.022,85	X 3,25%	=	1.138,25																																																		
COFINS demanda não utilizada	8.309,60	X 3,25%	=	270,06																																																		
Crédito Conta Paga				1.153,65-																																																		
Contribuição de Ilum. Pública - Lei Municipal 9156/2017				354,62																																																		

Fig. 1 - Fatura de energia de julho/2023

Em seguida foi verificado o histórico da temperatura média de Vitória/ES (Fig. 2), que está correlacionado com o sistema de refrigeração, e foi comparado com o consumo de energia elétrica (Quadro 1). Das curvas de consumo de energia elétrica e temperatura (Fig. 3) é observado que elas são quase paralelas ao longo do meses do ano, ou seja, a curva de consumo de energia elétrica segue à curva de temperatura média de Vitória, o que leva à crer que a maior parte do consumo de energia elétrica da edificação está sendo demandado pelo sistema de refrigeração. Logo é de suma importância o estudo de eficiência energética sobre este viés, e portanto a investigação deste trabalho irá focar em quão expressivo seria a troca do sistema de ar condicionado atual por um mais eficiente.

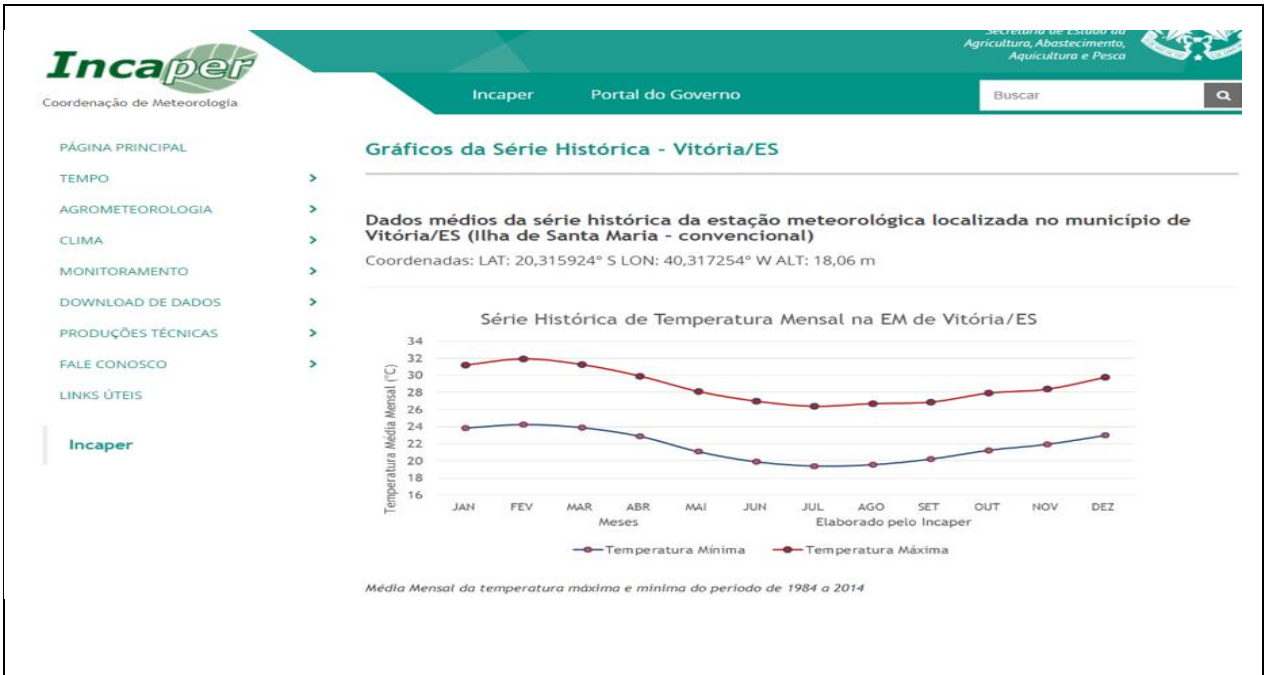


Fig. 2 - Histórico de temperatura em Vitória/ES

Fonte: <https://meteorologia.incaper.es.gov.br/graficos-da-serie-historica-vitoria>

Ano	Mês	Demanda Medida [kW]	Consumo PT [kWh]	Consumo FP [kWh]	Consumo Total [kWh]	Temp Média [C°]
2023	1	446,04	3.799,20	89.542,30	93.341,50	27,45
2023	2	511,90	3.713,90	85.991,80	89.705,70	28,10
2023	3	483,80	4.126,70	97.820,50	101.947,20	27,75
2023	4	443,90	2.665,20	61.539,20	64.204,40	26,35
2023	5	315,40	2.740,20	57.051,30	59.791,50	24,50
2023	6	314,30	2.569,90	51.236,80	53.806,70	23,50
2023	7	307,80	2.528,60	50.117,10	52.645,70	22,90
2022	8	283,00	2.638,20	49.536,10	52.174,30	23,20
2022	9	274,30	2.329,30	44.949,90	47.279,20	23,60
2022	10	372,60	2.820,40	64.512,50	67.332,90	24,75
2022	11	358,60	2.469,20	52.803,90	55.273,10	25,25
2022	12	491,40	3.353,40	69.587,90	72.941,30	27,30

Quadro 1 - Histórico de consumo de energia elétrica e temperatura

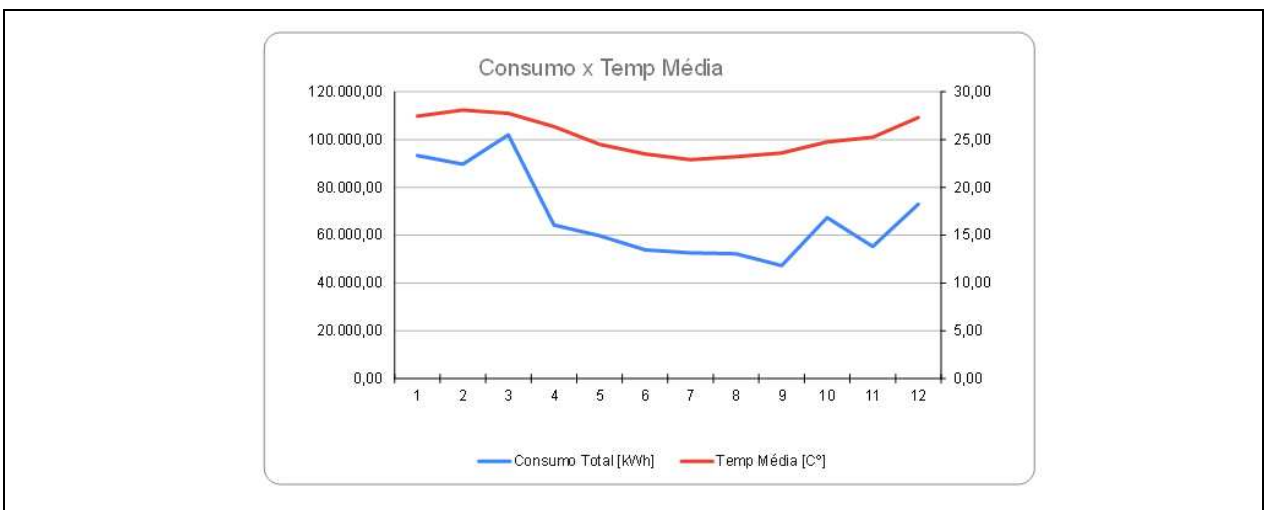


Fig. 3 - Curvas de consumo de energia elétrica x temperatura média

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. TIPOS DE SISTEMAS DE REFRIGERAÇÃO

Existem dois tipos principais de sistemas de refrigeração: o centralizado, onde a produção de ar frio é realizada em uma única central, que distribui o ar para os ambientes através de dutos e tubulações; e o sistema descentralizado, onde cada ambiente possui seu próprio sistema de ar condicionado, sendo responsável por produzir o ar frio necessário para o ambiente.

De acordo com Boaventura (2019), ao comparar sistemas de climatização, o sistema centralizado, como o Chiller, oferece facilidade de controle e manutenção, sendo mais adequado para edifícios maiores devido à distribuição uniforme do ar por meio de dutos. Em contrapartida, sistemas descentralizados, como o VRF, proporcionam eficiência energética, permitindo um controle mais preciso da temperatura e umidade em cada ambiente. Boaventura destaca que "a escolha entre sistemas centralizados e descentralizados depende do porte e das necessidades específicas do edifício." Além disso, esse segundo tipo de sistema é mais eficiente em termos energéticos, já que não há perda de energia durante a distribuição do ar.

Porém, o sistema de refrigeração descentralizado pode ser mais difícil de controlar e gerenciar, considerando todos os ambientes da edificação, já que cada ambiente possui seu próprio sistema de ar condicionado. Além disso, o custo de instalação e manutenção pode ser mais elevado, já que cada ambiente precisa de seu próprio sistema de ar condicionado.

Atualmente o Edif. Fábio Ruschi conta com um sistema de refrigeração do tipo Split (Fig. 4), com as unidades condensadoras em área de serviço do prédio ou fixadas nas paredes externas do prédio, onde cada uma é interligada por tubulações a mais de uma unidade evaporadora que fica nas salas. Desta forma não se tem uma boa gestão do sistema, por não se ter um controle centralizado, e, além disso são adicionadas as perdas nas tubulações, pois as unidades condensadoras e evaporadoras estão distantes umas das outras.

Conforme explicitado anteriormente, o Edif. Fábio Ruschi, por se tratar de uma edificação de grande porte, tendo mais de dez pavimentos, o sistema de refrigeração centralizado seria o mais adequado. E nesta categoria existem dois sistemas: o Chiller e o VRF.

O Chiller trabalha da seguinte forma: resfria a água em seu evaporador, e essa água fria é então bombeada para as unidades internas, onde ocorre a troca térmica com o ar ambiente.

Já o VRF trabalha da seguinte forma: possui um único condensador externo que se conecta a várias unidades internas. Seu funcionamento envolve um compressor *inverter* que ajusta a velocidade de acordo com a demanda, otimizando a eficiência energética.

No sistema Chiller a água gelada não pode ser regulada individualmente por ambiente e sua instalação requer dutos e unidades internas em cada sala, o que ocuparia muito espaço. Por outro lado, o sistema VRF apresenta vantagens como a alocação dos equipamentos, sendo as unidades internas instaladas em cada ambiente, com o controle em cada ambiente que, por se tratar de uma unidade de expansão direta, tem o mesmo controle que um equipamento Split, inclusive com utilização de controle remoto individual. Além disso, o sistema possui boa flexibilidade, podendo operar em condições de utilização de 5% até 130% da carga térmica.

Conclui-se, portanto, que o tipo de sistema de refrigeração mais adequado para o Edif. Fábio Ruschi seria o sistema centralizado do tipo VRF, tendo em vista o aspecto construtivo e o controle individualizado de cada ambiente.



Fig. 4 - Sistema de refrigeração atual do Edif. Fábio Ruschi

2.2. CARGA TÉRMICA

A carga térmica representa a quantidade de calor que deve ser adicionada ou retirada de um espaço para manter as condições desejadas de temperatura e umidade. Esse processo considera diversos fatores, incluindo as condições climáticas locais, características específicas da edificação, níveis de ocupação, equipamentos presentes e a iluminação.

A carga térmica é composta por calor sensível e calor latente. O calor

sensível está intrinsecamente ligado às variações de temperatura do ar, enquanto o calor latente está associado a mudanças de fase, como a evaporação da umidade presente no ambiente. A American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) estabelece diretrizes internacionalmente reconhecidas para o cálculo de carga térmica e para assegurar padrões eficazes em sistemas de HVAC³.

No contexto do calor sensível, é relevante compreender as fontes de dissipação, tanto internas quanto externas. Internamente, o corpo humano é uma considerável fonte de calor sensível, produzindo energia térmica devido a atividades metabólicas. O calor gerado pelo corpo pode ser exemplificado pela variação de temperatura entre o corpo humano e o ambiente ao seu redor. Já as fontes externas incluem a radiação solar, que atravessa elementos da edificação como paredes e janelas, contribuindo para a carga térmica do ambiente.

Com relação ao calor latente é importante observar que este não afeta a temperatura de uma substância, por exemplo, ao adicionar calor à água, provocando o processo de evaporação, passando ela do estado líquido para gasoso, ela permanecerá em 100°C.

Em um processo de refrigeração a capacidade sensível é aquela necessária para baixar a temperatura do ambiente, e a capacidade latente é aquela necessária para remover a umidade do ar.

As normas de conforto térmico, como a ISO 7730 e a ASHRAE Standard 55, fornecem critérios detalhados para garantir ambientes termicamente agradáveis, considerando variáveis como temperatura, umidade e taxa metabólica. A adequada consideração desses fatores é essencial para dimensionar corretamente os sistemas de climatização.

De acordo com Martins et al. (2014), em sua avaliação de sistemas de condicionamento de ar para salas de prédio público, a análise da carga térmica é essencial para a seleção e dimensionamento adequado dos sistemas de climatização, visando à eficiência energética.

2.3. COEFICIÊNCIA DE PERFORMANCE DO EQUIPAMENTO - COP

A classificação da eficiência energética de um equipamento de refrigeração é medido pelo seu COP (coeficiente de performance do equipamento), que é a razão da carga térmica que o equipamento deve fornecer ao ambiente e a potência elétrica suprida. Desta forma quanto maior o COP mais

³ HVAC - Heating, Ventilation and Air Conditioning

eficiente é o sistema.

$$COP = Q/P$$

P é a potência elétrica em watts (W) ou em outra unidade de potência desejada.

Q é a carga térmica em BTU/h.

COP é o Coeficiente de Performance, que é a razão entre a capacidade de resfriamento e a potência elétrica consumida pelo refrigerador.

É importante observar que no selo PROCEL a informação do coeficiente de eficiência energética se trata do ICOP (Coeficiente Integrado de Performance), cuja unidade de medida é W/W, enquanto o COP é BTU/h / W.

Para o cálculo do ICOP (CEE) a carga térmica (Q) é convertida de BTU/h para W ($W / BTU/h = 0,293$). Desta forma o ICOP é igual a $0,293 \times COP$.

CONDICIONADORES DE AR SPLIT PISO-TETO				Data atualização: 31/01/2014			
Classes	Coeficiente de eficiência energética (W/W)		Split Piso-Teto				
			Rotação Fixa		Rotação Variável		
A	3,20	<CEE	22	5,4%	5	33,3%	
B	3,00	<CEE≤ 3,20	35	8,6%	10	66,7%	
C	2,80	<CEE≤ 3,00	135	33,3%	0	0,0%	
D	2,60	<CEE≤ 2,80	141	34,8%	0	0,0%	
E	2,39	≤CEE≤ 2,60	72	17,8%	0	0,0%	

Quadro 2 – Classificação de Eficiência Energética de Ar split piso-teto do PROCEL

3. CÁLCULO DA CARGA TÉRMICA

O dimensionamento do sistema de climatização baseado no cálculo da carga térmica é um procedimento fundamental.

E para isto existem programas de computador para realizar estes cálculos, baseados em transferência de calor, que desempenham um papel crucial na eficiência e precisão do dimensionamento de sistemas de climatização. Essas ferramentas proporcionam uma abordagem mais minuciosa e abrangente, permitindo considerar uma variedade de fatores que influenciam diretamente a carga térmica de um edifício.

Os métodos computacionais baseados em transferência de calor, como os empregados por programas especializados, consideram detalhes complexos, como as características da envoltória do edifício, orientação solar, tipo de atividade desenvolvida nos ambientes, quantidade de ocupantes, equipamentos elétricos, entre outros. Esses elementos são fundamentais para uma análise

precisa da carga térmica, que é essencial para a escolha adequada e dimensionamento correto do sistema de climatização.

Conforme citado os programas permitem resultados mais apurados, desde que sejam fornecido a maior quantidade de variáveis possíveis. Porém, o objetivo deste estudo é de forma rápida e simplificada ter um resultado estimado na melhora do consumo de energia elétrica da edificação, que terá como base a carga térmica, servindo como diagnóstico.

Servindo, além disso, para subsidiar a contratação de uma empresa para realização do projeto de engenharia e/ou uma empresa de consultoria para elaborar um PEE - Programa de Eficiência Energética – para pleitear o financiamento da obra pela Concessionárias de Energia Elétrica.

E, desta forma, foi escolhido como ferramenta o formulário da norma ABNT NBR 5858/1983 (Quadro 3), que embora tenha sido cancelada, é uma boa referência para o cálculo simplificado de carga térmica, conforme destacado por Santos, R. A. em sua dissertação de Mestrado, "Análise da eficiência energética e viabilidade econômica de um condicionador de ar split inverter" (2021). Observando que o item 10. Carga térmica total do formulário é 9. Subtotal vezes o fator geográfico, que é 1 para o Espírito Santo, conforme figura 5.

No estudo comparativo entre o software de simulação EnergyPlus e a tabela de cálculo simplificada na ABNT NBR 5858/1983, conforme discutido por Medeiros et al. (2020), observou-se uma discreta diferença nos resultados, variando de -11% a +14%. A carga térmica total da biblioteca calculada por meio da simulação computacional foi apenas 2% menor em comparação com o método simplificado. Essa pequena discrepância, alinhada com achados anteriores, respalda sugestões de inclusão de tabelas simplificadas em normativas. Ressalta-se ainda que o EnergyPlus, apesar de sua precisão, é uma ferramenta complexa que demanda considerável quantidade de dados e configurações, exigindo tempo e expertise de profissionais qualificados para alcançar resultados condizentes com a realidade.

Calor recebido de:	Quantidade	Fatores			(Quantidade x Fator)	BTU/h Quantidade x Fator
		Sem proteção	Com proteção interna	Com proteção externa		
1. Janelas: Insolação						
Norte	m2	978	469,44	283,62		
Nordeste	m2	978	391,2	283,62		
Leste	m2	1105,14	537,9	371,64		

Sudeste	m2	821,52	352,08	283,62		
Sul	m2	0	0	0		
Sudoeste	m2	1056,24	655,26	469,44		
Oeste	m2	2053,8	899,76	616,14		
Noroeste	m2	1467	616,14	391,2		
2. Janelas: Transmissão						
Vidro comum	m2	205,38				
Tijolo de vidro	m2	102,69				
3. Paredes		Construção leve	Construção pesada			
a) Paredes externas						
Orientação - sul	m2	53,79	41,076			
Outra orientação	m2	82,152	48,9			
b) Paredes internas	m2	32,274				
4. Teto						
Em laje	m2	308,07				
Em laje c/ 2,5 cm de isolamento ou mais	m2	122,25				
Entre andares	m2	53,79				
Sob telhado isolado	m2	73,35				
Sob telhado sem isolamento	m2	205,38				
5. Piso (exceto os diretamente sobre o solo)	m2	53,79				
6. Número de pessoas		616,14				
7. Iluminação e aparelhos elétricos		3,912				
8. Portas ou vãos sempre abertos	m2	616,14				
9. Subtotal (somar todos os valores da coluna Quantidade x Fator)						
10. Carga térmica total		(Fator Geográfico, que para ES é 1)				

Quadro 3 - Formulário para cálculo simplificado de carga térmica de verão
conforme referência da norma ABNT NBR 5858/1983

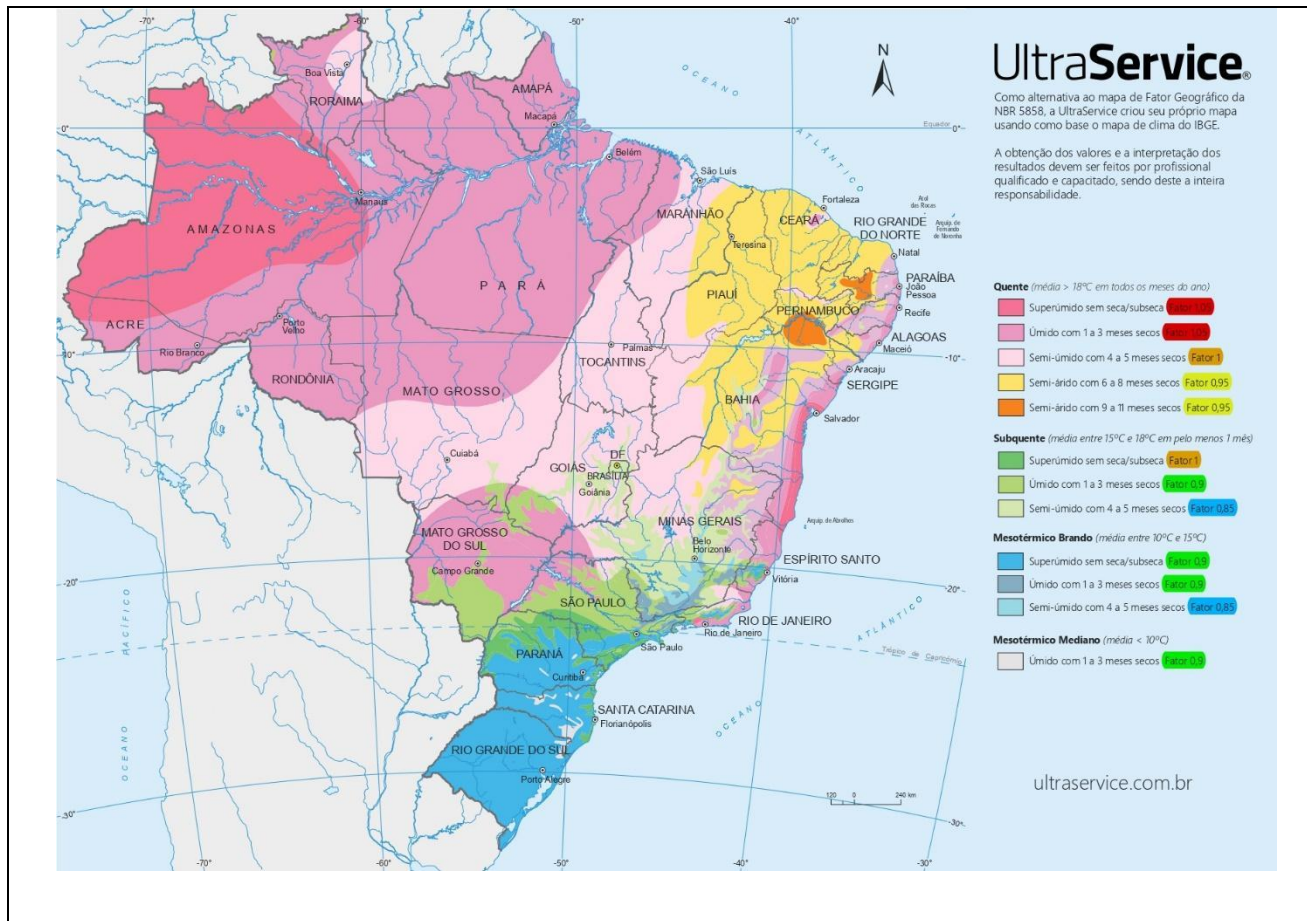


Fig. 5 - Fator Geográfico

4. METODOLOGIA

Este trabalho conduziu a pesquisa de eficiência energética do Edif. Fábio Ruschi para o componente de refrigeração, pois este representa uma parcela significativa do consumo de energia elétrica de edificação comercial. Onde está sendo levantada a hipótese de substituir o sistema de refrigeração atual, do tipo Split, para um sistema centralizado do tipo VRF.

A metodologia adotada envolve o levantamento das características da edificação e a utilização da ferramenta computacional, mencionada por DINIZ, R. M., para a realização do cálculo da carga térmica.

Posteriormente, são selecionados equipamentos para os sistemas Split e VRF. Com base na carga térmica calculada, é determinado o quantitativo necessário de equipamentos.

Por fim, são utilizados resultados laboratoriais do consumo de energia elétrica dos equipamentos selecionados, que com base no espediente da edificação, é encontrado o consumo total da edificação para o sistema de refrigeração Split e VRF, podendo assim analisar a vantajosidade entre eles.

5. CARACTERÍSTICAS DA EDIFICAÇÃO

Ao considerar o estudo de Carneiro et al. (2012), ressalta-se a relevância de considerar as características da edificação na eficiência energética. Os autores sublinham a interconexão do sistema de ar condicionado, particularmente com fluxo de refrigerante variável, com as condições físicas e operacionais do ambiente.

Entretanto, será elaborado um modelo simples, aproximado, com base na configuração atual, uma vez que se trata de um prédio da administração geral do Governo, com uma dinâmica muito grande de mudanças de setores, com mudança de leiaute de salas e quantitativo de pessoas anualmente.

Como este trabalho visa apenas diagnosticar, fazer previsões, apresentar uma metodologia de cálculo e propor trabalhos futuros, é necessário realizar um levantamento mais detalhado. Isso se deve à importância de ter um modelo confiável das características da edificação, que são utilizadas no cálculo de carga térmica. Alguns dos principais fatores relacionados são:

- **Área e Volume:** O tamanho do espaço influencia diretamente na carga térmica. Áreas maiores exigem mais energia para manter as condições de temperatura desejadas.
- **Orientação:** A orientação da edificação em relação ao sol pode afetar a quantidade de radiação solar direta que atinge as paredes e janelas, impactando a carga térmica.
- **Material da Envoltória:** As propriedades térmicas dos materiais utilizados na construção das paredes, janelas e cobertura são cruciais. Materiais com alta resistência térmica reduzem a transferência de calor.
- **Isolamento Térmico:** A presença e a qualidade do isolamento térmico nas paredes, telhados e pisos são determinantes para minimizar as trocas de calor com o ambiente externo.
- **Janelas e Portas:** A quantidade, tamanho, tipo e orientação das aberturas influenciam diretamente na entrada de radiação solar e na ventilação natural, afetando a carga térmica.
- **Infiltrações de Ar:** A presença de frestas, vãos e falhas na vedação contribui para a entrada indesejada de ar externo, influenciando a carga térmica.
- **Atividades Internas:** A quantidade de ocupantes, equipamentos elétricos, iluminação e outras atividades internas geram calor, sendo

consideradas no cálculo.

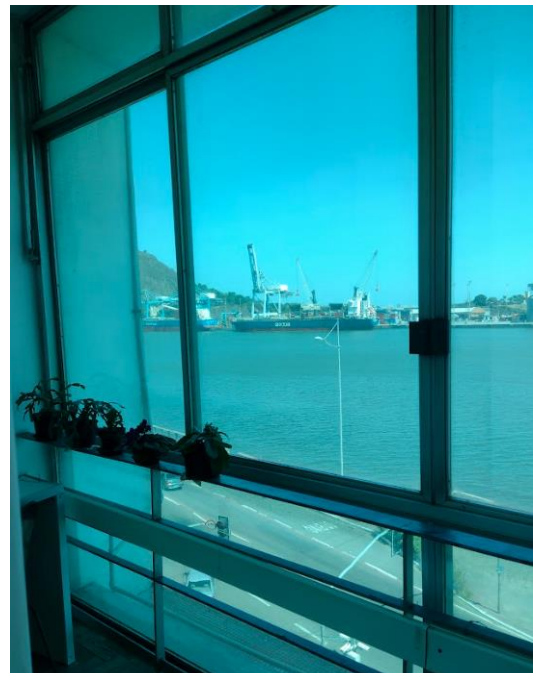
- Uso do Espaço: Diferentes usos do espaço, como cozinhas, salas de reunião ou áreas de trabalho, podem demandar condições térmicas distintas, influenciando a carga térmica.

Foi prototipado um modelo com as seguintes características:

- Selecionar salas de trabalho e auditório;
- Área dos ambientes;
- Orientação das paredes com relação ao sol;
- Paredes (Fig. 6) em:
 - alvenaria;
 - drywall;
 - drywall e vidro;
 - vidro;
- Identificar parede com porta e janela;
- Desprezar à questão de infiltrações;
- Atividade de escritório;
- Quantidade de pessoas por ambiente;
- Equipamento por pessoa: uma CPU de computador (fonte de 65W), com dois monitores de 24" (25W cada);
- Uma luminária com duas lâmpadas fluorescentes tubular T8 40W a cada 8m² de área.



drywall e vidro



vidro



Fig. 6 - Paredes

O próximo passo foi identificar os ambientes por andar (Fig. 7), de onde foram levantados:

- Térreo:
 - sala do protocolo de 7x14m, no centro do prédio, com 8 pessoas;
 - duas salas de apoio de 3x5m, no centro do prédio, com 3 pessoas cada.
- Sobreloja:
 - sala de 7x7m, na lateral direita do prédio, com 6 pessoas;
 - três salas de 7x3,5m, na lateral direita do prédio, com 3 pessoas cada;
 - sala do CAS de 13x12m, de frente para o mar, com 6 atendentes, e, um público médio de 20 pessoas diariamente.
- 1º Pavimento:
 - auditório de 19x13,5m, na lateral direita do prédio, com à média de público de 50 pessoas, 2 vezes por semana, e duração de 2 horas;
 - sala do subsecretário geral de 24x11m, de frente para o mar, com 10 pessoas;

- sala do gabinete de 13x6,5m, de frente para o mar, com 8 pessoas.
- Do 2º ao 11º Pavimento:
 - quatro salas de 7x6,5m, para frente do prédio, com 6 pessoas;
 - uma sala de 7x7,5m, para frente do prédio, com 8 pessoas cada;
 - sala de reunião 7x10m, para frente do prédio, que reúne em média 8 pessoas, com duração de 1h, 10 vezes ao mês;
 - três salas de 7x8m, de frente para o mar, com 6 pessoas;
 - uma sala de 7x10m, de frente para o mar, com 8 pessoas;
 - uma sala de 6x12m, de frente para o mar, com 10 pessoas;
 - sala de reunião 7x8m, de frente para o mar, que reúne em média 8 pessoas, com duração de 1h, 10 vezes ao mês.

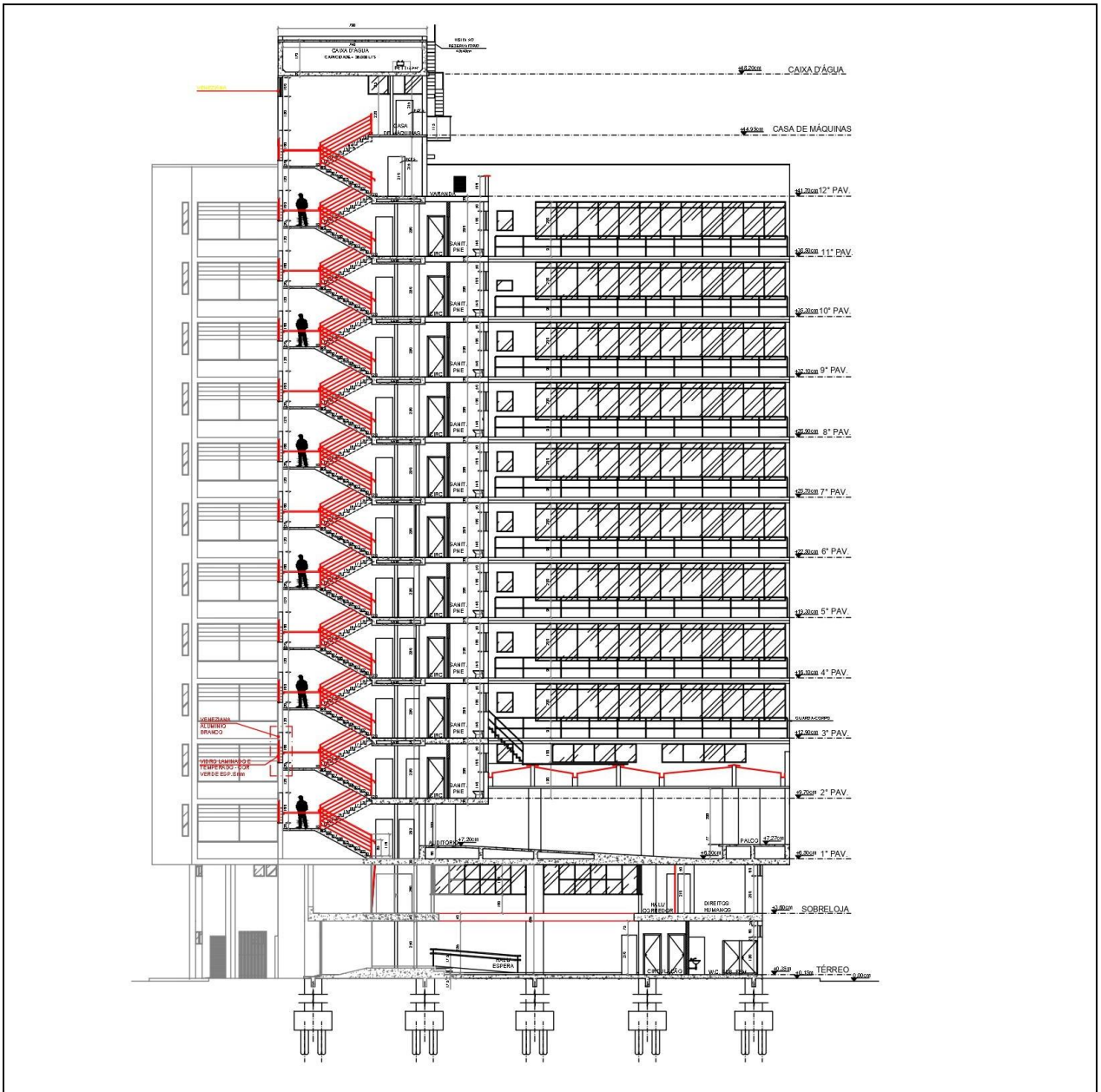


Fig. 7 - Diagrama vertical da edificação

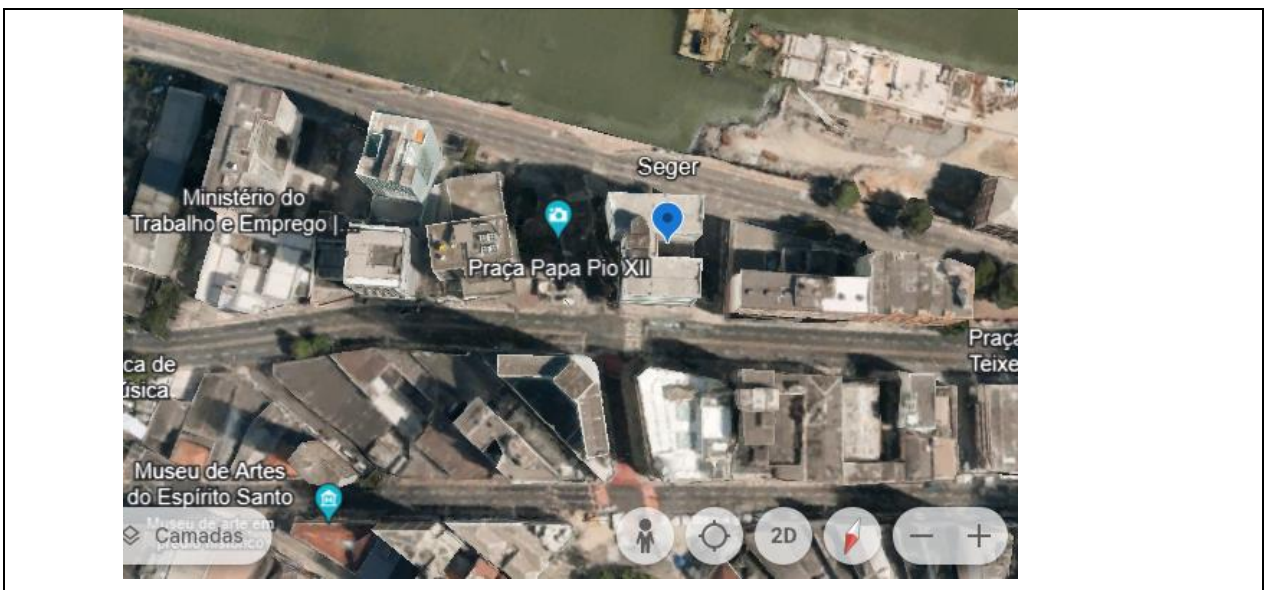


Fig. 8 - Orientação do norte geográfico

Em seguida foram levantadas as características de cada ambiente (dimensões, orientação geográfica, número de pessoas, equipamentos e atividade desenvolvida no local), conforme quadro a seguir:

6. RESULTADOS OBTIDOS

6.1. CARGA TÉRMICA DA EDIFICAÇÃO

Foi calculado a carga térmica de cada ambiente, entrando com a característica de cada um, e, por fim foi obtido a carga térmica total da edificação.

A seguir apresentamos o cálculo de um ambiente do Térreo, TR_PROT (Quadro 4), utilizando o formulário da norma ABNT NBR 5858/1983, apresentada no item 3 - CÁLCULO DA CARGA TÉRMICA.

Calor recebido de:	Quantidade	Fatores			(Quantidade x Fator)	BTU/h Quantidade x Fator
1. Janelas: Insolação		Sem proteção	Com proteção interna	Com proteção externa		
Norte	m2	978	469,44	283,62		
Nordeste	1,47	978	391,2	283,62	103,04	416,92
Leste	m2	1105,14	537,9	371,64		
Sudeste	m2	821,52	352,08	283,62		
Sul	m2	0	0	0		
Sudoeste	m2	1056,24	655,26	469,44	10.816,00	
Oeste	m2	2053,8	899,76	616,14		
Noroeste	m2	1467	616,14	391,2		
2. Janelas: Transmissão						
Vidro comum	1,47	205,38				301,91
Tijolo de vidro	m2	102,69				
3. Paredes		Construção leve		Construção pesada		
a) Paredes externas						
Orientação - sul	39,9	53,79		41,076		1.638,93
Outra orientação	19,95	82,152		48,9		975,56
b) Paredes internas	59,85	32,274				1.931,60
4. Teto						
Em laje	m2	308,07				
Em laje c/ 2,5 cm de isolamento ou mais	m2	122,25				
Entre andares	98	53,79				5.271,42
Sob telhado isolado	m2	73,35				
Sob telhado sem isolamento	m2	205,38				

5. Piso (exceto os diretamente sobre o solo)	98	53,79	5.271,42
6. Número de pessoas	8	616,14	4.929,12
7. Iluminação e aparelhos elétricos	1.400	3,912	5.476,80
8. Portas ou vãos sempre abertos	0 m2	616,14	0,00
9. Subtotal (somar todos os valores da coluna Quantidade x Fator)			26.213,68
10. Carga térmica total		1 (fator de região - ES)	26.213,68

Quadro 4 – Formulário de cálculo do ambiente TR_PROT

Seguem os resultados da carga térmica calculada para cada ambiente e da edificação:

Pavimento	Ambiente	Carga Térmica Amb [BTU/h]	Repetição	Carga Térmica Total [BTU/h]
Térreo	TR_PROT	26.213,68	1	26.213,68
Térreo	TR_APO1	6.596,41	1	6.596,41
Térreo	TR_APO2	6.596,41	1	6.596,41
Sobreloja	SL_SL1	24.572,84	1	24.572,84
Sobreloja	SL_SL2	16.133,67	1	16.133,67
Sobreloja	SL_SL3	16.017,98	1	16.017,98
Sobreloja	SL_SL4	16.017,98	1	16.017,98
Sobreloja	SL_CAS	58.693,69	1	58.693,69
1º Pav	PV1_GAB	37.492,12	1	37.492,12
1º Pav	PV1_SUB	92.487,99	1	92.487,99
1º Pav	PV1_AUD	85.770,75	1	85.770,75
2º Pav	PV2_SL1	41.659,38	10	416.593,77
2º Pav	PV2_SL2	35.941,65	10	359.416,47
2º Pav	PV2_SL3	35.941,65	10	359.416,47
2º Pav	PV2_SL4	35.941,65	10	359.416,47
2º Pav	PV2_SL5	22.947,55	10	229.475,48
2º Pav	PV2_SL6	24.067,99	10	240.679,93
2º Pav	PV2_SL7	38.600,19	10	386.001,93
2º Pav	PV2_SL8	38.421,51	10	384.215,12
2º Pav	PV2_SL9	40.609,79	10	406.097,87
2º Pav	PV2_SL10	35.514,60	10	355.146,03
2º Pav	PV2_RN1	22.175,95	10	221.759,54
2º Pav	PV2_RN2	23.131,75	10	231.317,54
Edificação				4.336.130,14

Quadro 5 – Carga Térmica da Edificação

6.2. EQUIPAMENTO DO SISTEMA SPLIT

Em campo foi observado equipamentos de várias marcas instalados no Edif. Fábio Ruschi, predominando as marcas Elgin e Gree, de 30.000 BTU/h, com alguns modelos com inverter e outros não. Desta forma será adotado um equipamento único, com selo PROCEL intermediário, próximo da classe C (Quadro 2).

Através da tabela do INMETRO (Quadro 6) foi selecionado o equipamento Elgin OUQE30B2CC, de 30.000 BTU/h, com ICOP de 3,03W/W. Desta tabela também obtemos que o consumo do equipamento escolhido é de 60,09 kWh/mês, com base nos resultados do ciclo normalizado pelo INMETRO, de 1 hora por dia por mês.

FORNECEDOR	MODELO (somente para split)		TENSÃO (V)	ROTAÇÃO	FLUIDO REFRIGERANTE	Nº de Registro	DADOS DECLARADOS (PET)						CLASSE DE DESEMPENHO
	UNIDADE INTERNA	UNIDADE EXTERNA					Capacidade de Refrigeração nominal		Carga Total (100%) 35°C		CEE (*) (calculado com base nos dados declarados)	CONSUMO DE ENERGIA (**)	
							Btu/h	W	Capacidade	Consumo	Wh/Wh	kWh/mês	
									ØTOTAL(35)	POTAL(35)			
ELGIN	HWFI30B2IB	HWFE30B2NB	220	Velocidade Fixa	R-410A	001970/2012	30.000	8.760	8.760	2715,00	3,24	57,0	A
ELGIN	HWQI30B2IB	HWQE30B2NB	220	Velocidade Fixa	R-410A	001975/2012	30.000	8.760	8.760	2707,00	3,25	56,8	A
ELGIN	HVFI30B2IB	HVFE30B2NB	220	Velocidade Variável	R-410A	006724/2014	30.000	8.760	8.760	2594,00	3,39	54,5	A
ELGIN	HVQI30B2IB	HVQE30B2NB	220	Velocidade Variável	R-410A	006154/2015	30.000	8.760	8.760	2650,00	3,32	55,7	A
ELGIN	PTFI30B2ID	OUFPE30B2CB	220	Velocidade Fixa	R-410A	001969/2012	30.000	8.760	8.760	2709,00	3,24	56,9	A
ELGIN	PTQI30B2ID	OUGE30B2CB	220	Velocidade Fixa	R-410A	001968/2012	30.000	8.760	8.760	2698,00	3,29	56,0	A
ELGIN	PEFI30B2NC	OUFPE30B2CB	220	Velocidade Fixa	R-410A	001969/2012	30.000	8.760	8.760	2715,00	3,24	57,0	A
ELGIN	PEQI30B2NC	OUGE30B2CB	220	Velocidade Fixa	R-410A	001968/2012	30.000	8.760	8.760	2717,00	3,24	57,1	A
ELGIN	PEFI30B2NC	OUFPE30B2CC	220V	Velocidade Fixa	R-410A	001969/2012	30.000	8.760	8.760	2891,00	3,04	60,7	B
ELGIN	PEQI30B2NC	OUGE30B2CC	220V	Velocidade Fixa	R-410A	001968/2012	30.000	8.760	8.760	2901,00	3,03	60,9	B

Quadro 6 – Tabela do INMETRO Versão 22/12/2023

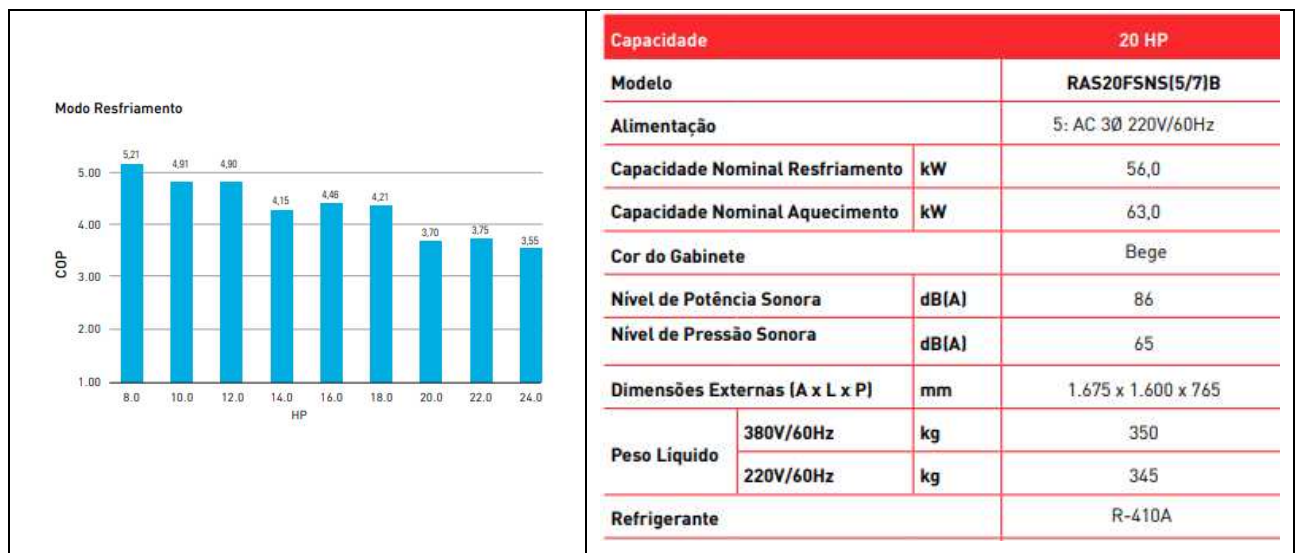
6.3. EQUIPAMENTO DO SISTEMA VRF

Do catálogo da Hitachi foi selecionado o modelo RAS20FSNS5B, de 20HP, com ICOP de 3,7W/W (Quadro 7).

Sua capacidade de refrigeração é de 191.126 BTU/h (56.000 W / 0,293 W/BTU/h) e consome 15.135 W (56.000 W / 3,7 W/W).

No contexto do cálculo do consumo de energia de sistemas de ar-condicionado, segundo ANEEL ("Aprenda a calcular o consumo de seu aparelho e economize energia"), destaca-se a abordagem de considerar metade do tempo com o compressor ligado e a outra metade apenas com o ventilador em funcionamento, resultando em uma potência de 100 a 200 para o cálculo do consumo. Embora essa prática seja inicialmente indicada para outros sistemas, como splits, sua adoção pode ser uma estratégia simplificada para estimar o consumo de energia do VRF (Volume de Refrigerante Variável), e, portanto utilizaremos neste trabalho.

Utilizando a metodologia da ANEEL, com base no ciclo normalizado pelo INMETRO, de 1 hora por dia por mês, para este equipamento teremos um consumo de 228,52 kWh/mês ($[15.135 \text{ W} \times 0,5\text{h} + 100\text{W} \times 0,5\text{h}] \times 30\text{d}$).



Quadro 7 – Catálogo da Hitachi, Sistemas VRF SET FREE Σ

6.4. CONSUMO ESTIMADO PARA O SISTEMA DO TIPO SPLIT

Dado a carga térmica de 4.336.130,14 BTU/h do Edif. Fábio Ruschi necessitaria de 145 unidades do equipamento escolhido ($4.336.130,14 / 30.000$).

Uma unidade deste equipamento para o expediente desta edificação terá um consumo mensal de 440,66 kWh/mês (10 horas/dia x 22 dias úteis x 228,52 kWh/mês / 30 dias).

Desta forma o consumo total da edificação estimado para o sistema do tipo Split seria de 63.895,70 kWh/mês ($145 \times 440,66$ kWh/mês).

Analisando que a planilha simplificada trata do cálculo da carga térmica no período de verão, e, que o consumo no verão, do histórico do Edif. Fábio Ruschi, é cerca de 90.000 kWh, temos assim um percentual de 71% ($64/90$) em refrigeração, que está dentro do previsto, corroborando com a tese de que grande parte do consumo da edificação é com conforto térmico, e, por esta razão o consumo de energia elétrica é paralela a temperatura média da região.

6.5. CONSUMO ESTIMADO PARA O SISTEMA DO TIPO VRF

Dado a carga térmica de 4.336.130,14 BTU/h do Edif. Fábio Ruschi necessitaria de 23 unidades do equipamento escolhido ($4.336.130,14 / 191.126$).

Uma unidade deste equipamento para o expediente desta edificação terá um consumo mensal de 1.675,81 kWh/mês (10 horas/dia x 22 dias úteis x 60,09 kWh/mês / 30 dias).

Desta forma o consumo total da edificação estimado para o sistema do tipo VRF seria de 38.543,71 kWh/mês ($23 \times 1.675,81$ kWh/mês).

O consumo do VRF representa 60% do consumo do Split ($38.543,71 / 63.895,70$), o que está alinhado com estudo de Carneiro et al. (2012), que informa que espera-se um consumo menor para o VRF, em torno de 37% em comparação com outras tecnologias. Essa constatação reforça a eficiência energética associada aos sistemas VRF, destacando a importância de considerar esses fatores ao realizar estimativas de consumo e tomar decisões relacionadas ao dimensionamento e seleção de sistemas de climatização.

7. CONCLUSÃO

Em conclusão, o sistema VRF demonstrou ser consideravelmente mais econômico em comparação ao sistema Split, alinhando-se com os objetivos iniciais delineados na introdução deste estudo.

Ao longo do estudo, foram explorados aspectos da eficiência energética em edifícios, incluindo a análise dos padrões de consumo de energia e a avaliação de diferentes sistemas de refrigeração, com a estimativa de economia de energia potencial. A comparação entre sistemas de refrigeração centralizados e descentralizados destacou as vantagens dos sistemas VRF em fornecer controle de temperatura individualizado, mantendo a eficiência energética.

No entanto, é importante reconhecer as limitações do estudo, especialmente em relação à metodologia simplificada usada para avaliar a transição potencial entre os sistemas de refrigeração. Pesquisas adicionais são necessárias para aprofundar análises de engenharia mais detalhadas, como cálculos precisos de carga térmica e avaliações financeiras abrangentes, para fornecer uma base mais robusta para a tomada de decisões.

Uma opção viável para essa abordagem mais aprimorada seria a utilização do programa EnergyPlus, mencionado em artigos do LabEEE (Laboratório de Eficiência Energética em Edificações) da UFSC, no qual foi desenvolvido o tutorial "O método do balanço térmico através de simulação computacional no programa EnergyPlus" pelos autores Ana Paula Melo e Roberto Lamberts. Esta ferramenta oferece a capacidade de realizar simulações computacionais detalhadas para avaliar o desempenho energético de edificações, permitindo uma análise mais precisa e abrangente das estratégias de eficiência energética.

Além disso, o estudo destaca a aplicação potencial de políticas públicas voltadas para a promoção de iniciativas de eficiência energética, como a implementação de Programas de Eficiência Energética (PEE). Ao aproveitar tais programas, os interessados podem acessar oportunidades de financiamento para apoiar projetos destinados a melhorar a eficiência energética em edifícios, contribuindo assim para objetivos mais amplos de sustentabilidade.

REFERÊNCIAS

Anjos, M. F. D. (2022). Carga Térmica para o Dimensionamento de um Sistema de Ar Condicionado de uma Igreja: Estudo de Caso.

DINIZ, R. M.; MOURA, T. G. Análise por Comparação Energética do Sistema de Arrefecimento de Ar do Bloco 0 do Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Cachoeiro de Itapemirim. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Mecânica) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, Campus Cachoeiro de Itapemirim, Cachoeiro de Itapemirim, 2022.

Santos, R. A. (2021). Análise da eficiência energética e viabilidade econômica de um condicionador de ar split inverter. Dissertação de Mestrado, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Campus Divinópolis, Programa de Pós-Graduação em Sistemas e Dispositivos Mecatrônicos.

MEDEIROS, H. G. et al. Comparativo no Uso da Simulação Computacional com Método Prescritivo no Cálculo da Carga Térmica. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA EM AR CONDICIONADO - ENTAC, 10., 2020, Porto Alegre.

Boaventura, R. D. (2019). Comparação da Eficiência Energética entre os Sistemas de Climatização Chiller e VRF para Implantação no Sul e Sudeste do Pará.

Martins, G. M.; Cauduro, C. R.; Brondani, M.. Avaliação de sistemas de condicionamento de ar para salas de prédio público. 2014. Monografia (Aperfeiçoamento/Especialização em Eficiência Energética Aplicada aos Processos Produ) - Universidade Federal de Santa Maria.

Carneiro, M. C., Arouca, L. B. P., Costa, T. C., & Almeida, A. G. S. (2012). Análise técnica e econômica de um sistema de ar condicionado com fluxo de refrigerante variável.

ANEEL. Aprenda a calcular o consumo de seu aparelho e economize energia. Disponível

em:<<https://biblioteca.aneel.gov.br/Busca/Download?codigoArquivo=177335>>.

Acesso em: 24 de janeiro de 2024.

ANEXO: CARACTERÍSTICAS DOS AMBIENTES

Pavimento	Ambiente	Parede	Material	Altura [m]	Comprimento [m]	Porta (L x H) [m x m]	Janela (L x H) [m x m]	Azimute [graus]	Externa	Qtd Pessoas	Equipamentos	Atividade
Térreo	TR_P ROT	1	Drywall 15cm	2,85	14,00	1,60 x 2,10	0,92 x 1,60	70	Não	8	8 x CPU's (65W), com dois monitores de 24" (25W cada) 12 x Lâmpadas fluorescentes T8 40W	Atividade de escritório / administrativo
		2	Drywall 15cm	2,85	7,00	---	---	160	Não			
		3	Alvenaria 25cm	2,85	14,00	---	---	-110	Sim			
		4	Alvenaria 25cm	2,85	7,00	---	---	-20	Sim			
Térreo	TR_A PO1	1	Drywall 15cm	2,85	3,00	0,80 x 2,10	---	70	Não	3	3 x CPU's (65W), com dois monitores de 24" (25W cada) 2 x Lâmpadas fluorescentes T8 40W	Atividade de escritório / administrativo
		2	Drywall 15cm	2,85	5,00	---	---	160	Não			
		3	Drywall 15cm	2,85	3,00	---	---	-110	Não			
		4	Drywall 15cm	2,85	5,00	---	---	-20	Não			
Térreo	TR_A PO2	1	Drywall 15cm	2,85	3,00	---	---	70	Não	3	3 x CPU's (65W), com dois monitores de 24" (25W cada) 2 x Lâmpadas fluorescentes T8 40W	Atividade de escritório / administrativo
		2	Drywall 15cm	2,85	5,00	---	---	160	Não			
		3	Drywall 15cm	2,85	3,00	0,80 x 2,10	---	-110	Não			
		4	Drywall 15cm	2,85	5,00	---	---	-20	Não			
Sobreloja	SL_S L1	1	Drywall 15cm	2,60	7,00	---	---	70	Não	6	6 x CPU's (65W), com dois monitores de 24" (25W cada) 6 x Lâmpadas fluorescentes T8 40W	Atividade de escritório / administrativo
		2	Drywall 15cm	2,60	7,00	0,80 x 2,10	---	160	Não			
		3	Alvenaria 25cm	2,60	7,00	---	3 de 0,80 x 2,60	-110	Sim			
		4	Alvenaria 25cm	2,60	7,00	---	---	-20	Sim			
Sobreloja	SL_S L2	1	Drywall 15cm	2,60	3,50	---	---	70	Não	3	3 x CPU's (65W), com dois monitores de 24" (25W cada) 3 x Lâmpadas fluorescentes T8 40W	Atividade de escritório / administrativo
		2	Drywall 15cm	2,60	7,00	0,80 x 2,10	---	160	Não			
		3	Alvenaria 25cm	2,60	3,50	---	3 de 0,80 x 2,60	-110	Sim			
		4	Drywall 15cm	2,60	7,00	---	---	-20	Não			
Sobreloja	SL_S L3	1	Drywall 15cm	2,60	3,50	---	---	70	Não	3	3 x CPU's (65W), com dois monitores de 24" (25W cada) 3 x Lâmpadas fluorescentes T8 40W	Atividade de escritório / administrativo
		2	Drywall 15cm	2,60	7,00	0,80 x 2,10	---	160	Não			
		3	Alvenaria 25cm	2,60	3,50	---	3 de 0,80 x 2,60	-110	Sim			
		4	Drywall 15cm	2,60	7,00	---	---	-20	Não			
Sobreloja	SL_S L4	1	Drywall 15cm	2,60	3,50	---	---	70	Não	3	3 x CPU's (65W), com dois monitores de 24" (25W cada) 3 x Lâmpadas fluorescentes T8 40W	Atividade de escritório / administrativo
		2	Drywall 15cm	2,60	7,00	0,80 x 2,10	---	160	Não			
		3	Alvenaria 25cm	2,60	3,50	---	3 de 0,80 x 2,60	-110	Sim			
		4	Drywall 15cm	2,60	7,00	---	---	-20	Não			
Sobreloja	SL_C AS	1	Drywall 15cm	2,60	13,00	---	---	70	Não	26 (6 + 20)	6 x CPU's (65W), com dois monitores de 24" (25W cada) 20 x Lâmpadas	Atendimento ao público, 20 pessoas
		2	Alvenaria 25cm	2,60	12,00	---	6 de 0,80 x 2,60	160	Sim			
		3	Drywall 15cm	2,60	13,00	---	---	-110	Não			

		4	Drywall 15cm	2,60	12,00	0,90 x 2,10	---	-20	Não		fluorescentes T8 40W	
1º Pav	PV1_GAB	1	Alvenaria 25cm	2,90	13,00	---	1,70 x 1,70	70	Sim	8	8 x CPU's (65W), com dois monitores de 24" (25W cada) 10 x Lâmpadas fluorescentes T8 40W	Atividade de escritório / administrativo
		2	Alvenaria 25cm	2,90	6,50	---	5 de 0,80 x 2,60	160	Sim			
		3	Drywall 15cm	2,90	13,00	0,80 x 2,10	---	-110	Não			
		4	Alvenaria 25cm	2,90	4,00	---	---	-20	Não			
1º Pav	PV1_SUB	1	Drywall 15cm	2,90	11,00	0,80 x 2,10	---	70	Não	10	10 x CPU's (65W), com dois monitores de 24" (25W cada) 33 x Lâmpadas fluorescentes T8 40W	Atividade de escritório / administrativo
		2	Alvenaria 25cm	2,90	24,00	---	16 de 0,80 x 2,60	160	Sim			
		3	Drywall 15cm	2,90	11,00	---	---	-110	Não			
		4	Drywall 15cm	2,90	24,00	---	---	-20	Não			
1º Pav	PV1_AUD	1	Alvenaria 25cm	2,90	13,50	2 de 1,80 x 2,10	---	70	Não	50 pessoas, 2 vezes por semana, e duração de 2 horas	1 x CPU (65W), com um monitor de 24" (25W) 1 x amplificador de 2.000W 1 x mesa de som de 50W 1 x Projetor Multimídia 429W	Apresentações
		2	Drywall 15cm	2,90	19,00	---	---	160	Não			
		3	Alvenaria 25cm	2,90	13,50	---	10 de 0,88 x 0,98	-110	Sim			
		4	Drywall 15cm	2,90	19,00	---	---	-20	Não			
2º Pav	PV2_SL1	1	Alvenaria 25cm	2,90	7,00	---	---	70	Sim	6	6 x CPU's (65W), com dois monitores de 24" (25W cada) 6 x Lâmpadas fluorescentes T8 40W	Atividade de escritório / administrativo
		2	Drywall 15cm	2,90	6,50	0,80 x 2,10	---	160	Não			
		3	Drywall 15cm	2,90	7,00	---	---	-110	Não			
		4	Alvenaria 25cm	2,90	6,50	---	6 de 0,80 x 2,60	-20	Sim			
2º Pav	PV2_SL2	1	Drywall 15cm	2,90	7,00	---	---	70	Não	6	6 x CPU's (65W), com dois monitores de 24" (25W cada) 6 x Lâmpadas fluorescentes T8 40W	Atividade de escritório / administrativo
		2	Drywall 15cm	2,90	6,50	0,80 x 2,10	---	160	Não			
		3	Drywall 15cm	2,90	7,00	---	---	-110	Não			
		4	Alvenaria 25cm	2,90	6,50	---	6 de 1,05 x 2,90	-20	Sim			
2º Pav	PV2_SL3	1	Drywall 15cm	2,90	7,00	---	---	70	Não	6	6 x CPU's (65W), com dois monitores de 24" (25W cada) 6 x Lâmpadas fluorescentes T8 40W	Atividade de escritório / administrativo
		2	Drywall 15cm	2,90	6,50	0,80 x 2,10	---	160	Não			
		3	Drywall 15cm	2,90	7,00	---	---	-110	Não			
		4	Alvenaria 25cm	2,90	6,50	---	6 de 1,05 x 2,90	-20	Sim			
2º Pav	PV2_SL4	1	Drywall 15cm	2,90	7,00	---	---	70	Não	6	6 x CPU's (65W), com dois monitores de 24" (25W cada) 6 x Lâmpadas fluorescentes T8 40W	Atividade de escritório / administrativo
		2	Drywall 15cm	2,90	6,50	0,80 x 2,10	---	160	Não			
		3	Alvenaria 25cm	2,90	7,00	---	---	-110	Sim			
		4	Alvenaria 25cm	2,90	6,50	---	6 de 1,05 x 2,90	-20	Sim			
2º Pav	PV2_SL5	1	Drywall 15cm	2,90	7,00	---	---	70	Não	8	8 x CPU's (65W), com dois monitores de 24" (25W cada)	Atividade de escritório / administrativo
		2	Alvenaria 25cm	2,90	7,50	---	4 de 1,10 x 1,00	160	Sim			

		3	Alvenaria 25cm	2,90	7,00	---	---	-110	Sim		7 x Lâmpadas fluorescentes T8 40W	
		4	Drywall 15cm	2,90	7,50	0,80 x 2,10	---	-20	Não			
2º Pav	PV2_SL6	1	Drywall 15cm	2,90	7,00	---	---	70	Não	6	6 x CPU's (65W), com dois monitores de 24" (25W cada) 7 x Lâmpadas fluorescentes T8 40W	Atividade de escritório / administrativo
		2	Drywall 15cm	2,90	8,00	0,80 x 2,10	---	160	Não			
		3	Drywall 15cm	2,90	7,00	---	---	-110	Não			
		4	Alvenaria 25cm	2,90	8,00	---	4 de 1,10 x 1,00	-20	Sim			
2º Pav	PV2_SL7	1	Drywall 15cm	2,90	7,00	---	---	70	Não	6	6 x CPU's (65W), com dois monitores de 24" (25W cada) 7 x Lâmpadas fluorescentes T8 40W	Atividade de escritório / administrativo
		2	Alvenaria 25cm	2,90	8,00	---	7 de 1,05 x 2,90	160	Sim			
		3	Alvenaria 25cm	2,90	7,00	---	---	-110	Sim			
		4	Drywall 15cm	2,90	8,00	0,80 x 2,10	---	-20	Não			
2º Pav	PV2_SL8	1	Drywall 15cm	2,90	7,00	---	---	70	Não	6	6 x CPU's (65W), com dois monitores de 24" (25W cada) 7 x Lâmpadas fluorescentes T8 40W	Atividade de escritório / administrativo
		2	Alvenaria 25cm	2,90	8,00	---	7 de 1,05 x 2,90	160	Sim			
		3	Drywall 15cm	2,90	7,00	---	---	-110	Não			
		4	Drywall 15cm	2,90	8,00	0,80 x 2,10	---	-20	Não			
2º Pav	PV2_SL9	1	Drywall 15cm	2,90	7,00	---	---	70	Não	7	7 x CPU's (65W), com dois monitores de 24" (25W cada) 7 x Lâmpadas fluorescentes T8 40W	Atividade de escritório / administrativo
		2	Alvenaria 25cm	2,90	9,00	---	7 de 1,05 x 2,90	160	Sim			
		3	Drywall 15cm	2,90	7,00	---	---	-110	Não			
		4	Drywall 15cm	2,90	9,00	0,80 x 2,10	---	-20	Não			
2º Pav	PV2_SL10	1	Alvenaria 25cm	2,90	10,00	---	---	70	Sim	10	10 x CPU's (65W), com dois monitores de 24" (25W cada) 9 x Lâmpadas fluorescentes T8 40W	Atividade de escritório / administrativo
		2	Alvenaria 25cm	2,90	6,00	---	5 de 1,05 x 2,90	160	Sim			
		3	Drywall 15cm	2,90	10,00	0,80 x 2,10	---	-110	Não			
		4	Alvenaria 25cm	2,90	6,00	---	---	-20	Sim			
2º Pav	PV2_RN1	1	Alvenaria 25cm	2,90	7,00	---	---	70	Não	8 pessoas, durante 1h, 10 vezes ao mês	1 x CPU (65W), com um monitor de 24" (25W) 9 x Lâmpadas fluorescentes T8 40W	Reunião
		2	Alvenaria 25cm	2,90	10,00	---	4 de 1,10 x 1,00	160	Sim			
		3	Drywall 15cm	2,90	7,00	---	---	-110	Não			
		4	Drywall 15cm	2,90	10,00	0,80 x 2,10	---	-20	Não			
2º Pav	PV2_RN2	1	Drywall 15cm	2,90	7,00	---	---	70	Não	8 pessoas, durante 1h, 10 vezes ao mês	1 x CPU (65W), com um monitor de 24" (25W) 7 x Lâmpadas fluorescentes T8 40W	Reunião
		2	Drywall 15cm	2,90	8,00	0,80 x 2,10	---	160	Não			
		3	Alvenaria 25cm	2,90	7,00	---	---	-110	Sim			
		4	Alvenaria 25cm	2,90	8,00	---	4 de 1,10 x 1,00	-20	Sim			