



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO

PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

RUANNA DE PAIVA SANTOS

DIMENSIONAMENTO DA CARGA TÉRMICA DE UMA ACADEMIA

CARAÚBAS – RN

2019

RUANNA DE PAIVA SANTOS

DIMENSIONAMENTO DA CARGA TÉRMICA DE UMA ACADEMIA

Trabalho de conclusão de curso apresentado a
Universidade Federal Rural do Semi-Árido
como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Me. Rafael Bezerra Azevedo
Mendes

CARAÚBAS – RN

2019

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

S237d Santos, Ruanna de Paiva.
Dimensionamento da carga térmica de uma
academia / Ruanna de Paiva Santos. - 2019.
51 f. : il.

Orientador: Me. Rafael Bezerra Azevedo Mendes.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia
Mecânica, 2019.

1. Conforto térmico. 2. Ar-condicionado. 3.
Carga térmica. I. Mendes, Me. Rafael Bezerra
Azevedo, orient. II. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

RUANNA DE PAIVA SANTOS

DIMENSIONAMENTO DA CARGA TÉRMICA DE UMA ACADEMIA

Trabalho de conclusão de curso apresentado a
Universidade Federal Rural do Semi-Árido
como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Mecânica.
Orientador: Prof. Me. Rafael Bezerra Azevedo
Mendes

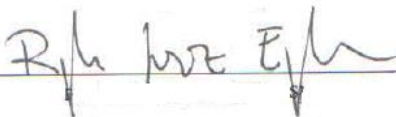
APROVADA EM: 19 / 03 / 2019

BANCA EXAMINADORA



Prof. Me. Rafael Bezerra Azevedo Mendes

Presidente



Prof. Dr. Rafael Luz Espindola

Primeiro Membro



Prof. Dr. Rudson de Souza Lima

Segundo Membro

RESUMO

Para que um ambiente esteja dentro dos parâmetros de conforto térmico é necessário que se conheça a quantidade de calor sensível e latente que deve ser adicionado ou retirado do local, chamado de carga térmica. Diversos fatores afetam o cálculo da carga térmica como a iluminação, ocupantes, condução de calor para as paredes e janelas. Com o objetivo de dimensionar a carga térmica de uma academia e selecionar um aparelho com capacidade adequada, foram feitos os cálculos necessários. Percebeu-se que a carga térmica devido aos ocupantes e devido a condução e insolação do telhado apresentaram maiores valores se comparados aos demais fatores analisados. Ao final concluiu-se que para a área de 259,53 m² serão necessários oito aparelhos condicionadores de ar com capacidade de 48.000 BTUs cada um.

Palavras-chave: conforto térmico; ar-condicionado; carga térmica

ABSTRACT

For an environment to be within the parameters of thermal comfort it is necessary to know the amount of sensible and latent heat that must be added or removed from the place, called thermal load. Several factors affect the calculation of thermal load such as lighting, occupants, conducting heat to the walls and windows. With the objective of dimensioning the thermal load of a gym and selecting a device with adequate capacity, the necessary calculations were made. It was noticed that the thermal load due to the occupants and due to the conduction and insolation of the roof presented higher values when compared to the other factors analyzed. At the end it was concluded that for an area of 259.53 m², eight air-conditioning units with a capacity of 48,000 BTUs each one.

Palavras-chave: thermal confort; air-conditioning; thermal load.

LISTA DE SÍMBOLOS

Q	fluxo de calor (kcal/h)
A	área (m ²)
ΔT	diferença de temperatura (°C)
U	coeficiente global de transmissão de calor (kcal/h · m ² · °C)
t_e	temperatura do exterior (°C)
t_i	temperatura do interior (°C)
q_s	calor sensível
Δt	acréscimo do diferencial de temperatura

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 Objetivos Gerais	11
1.2 Objetivos específicos.....	11
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1 CONFORTO TÉRMICO.....	12
2.2 CARGA TÉRMICA	13
2.2.1 Carga de condução	13
2.2.2 Carga devido à insolação	13
2.2.3 Carga devido às pessoas.....	14
2.2.4 Carga devido a infiltração	14
2.2.5 Carga devido a equipamentos	15
2.3 PSICROMETRIA.....	15
2.4 CICLO DE REFRIGERAÇÃO POR COMPRESSÃO DE VAPOR.....	16
2.4.1 Componentes do ciclo.....	18
2.5 SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO	20
2.6 NORMAS REGULAMENTADORAS	25
2.7 PLANO DE MANUTENÇÃO, OPERAÇÃO E CONTROLE	25
3 METODOLOGIA.....	27
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
5 CONCLUSÃO.....	43
REFERÊNCIAS	44
ANEXO A.....	46
ANEXO B	47
ANEXO C	48
ANEXO D.....	49

ANEXO E 50

ANEXO F 51

ANEXO G.....52

ANEXO H.....53

1 INTRODUÇÃO

De acordo com Stoecker e Jones (1985), a aplicação mais disseminada da refrigeração é o condicionador de ar. Um dos principais motivos para instalação desses aparelhos comumente chamados de “ar-condicionado” é proporcionar conforto térmico aos ocupantes do recinto. O condicionamento de ar para conforto é definido como o processo que objetiva o controle da temperatura do ar, umidade, pureza e distribuição no sentido de proporcionar bem-estar aos ocupantes do espaço condicionado.

Para que um ambiente esteja dentro dos parâmetros de conforto térmico é necessário que se conheça a quantidade de calor sensível e latente que deve ser adicionado ou retirado do local, chamado de carga térmica, e dessa forma definir a potência de refrigeração do equipamento a ser utilizado. De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (2008) o dimensionamento da carga térmica depende de fatores como: pessoas, iluminação, equipamentos de escritório, motores elétricos, infiltrações, dentre outros.

Existem diversas Normas Brasileiras que regulamentam a instalação e dimensionamento de aparelhos condicionadores de ar, devendo ser obedecidas para que os procedimentos sejam realizados com segurança, qualidade e economia. O processo de escolha de um sistema em detrimento a outro envolve etapas que passam pela execução de um projeto, onde o sistema será dimensionado e escolhido, coleta de propostas e a fase de contratação. O responsável pela escolha deve ser um responsável técnico habilitado (ABRAVA, 2017).

Segundo Faria (2016), o papel do engenheiro enquanto projetista é idealizar e produzir soluções corretas que evitem dimensionamentos falhos, evitando assim situações de desconforto, aumento desnecessário no consumo de energia elétrica, que atendam às exigências de desempenho e qualidade do contratante, além de obedecer às normas brasileiras regulamentadoras e gerar maior economia para o cliente.

Diante da importância de um engenheiro, bem como de sua responsabilidade técnica de acordo com o Conselho Federal de Engenharia e Agronomia – CONFEA para atividades relativas à sistemas de refrigeração e ar-condicionado e seus serviços afins e correlatos, o presente trabalho visa dimensionar a carga térmica de uma academia localizada na cidade de Mossoró – RN, bem como selecionar um aparelho condicionador de ar com a capacidade correta para proporcionar condições de conforto aos ocupantes do espaço, e ainda promover eficiência energética.

1.1 Objetivos Gerais

- Dimensionar a carga térmica de uma academia de ginástica localizada na cidade de Mossoró-RN;

1.2 Objetivos específicos

- Fazer uma abordagem teórica acerca do dimensionamento de ambientes climatizados;
- Apresentar as normas regulamentadoras acerca do tema ar-condicionado;
- Analisar a influência dos diferentes tipos de carga térmica na carga térmica total;
- Estimar o número de aparelhos necessários para promover conforto térmico.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CONFORTO TÉRMICO

O corpo humano é capaz de suportar condições térmicas bastante adversas. Entretanto as condições externas de temperatura e umidade podem variar entre limites que ultrapassam a capacidade de adaptação do corpo. Dessa forma, é necessário um controle das condições internas de modo a propiciar um ambiente confortável (STOECKER E JONES, 1985).

Conforto térmico pode ser definido como uma condição mental que expressa satisfação com a temperatura do ambiente em que se encontra uma pessoa (ASHRAE, 2017).

Quando as trocas de calor entre o corpo humano e o ambiente ocorrem sem maior esforço, a sensação do indivíduo é de conforto térmico e sua capacidade de trabalho, desse ponto de vista, é máxima. Se as condições térmicas ambientais causam sensações de frio ou calor, há perda de rendimento no trabalho, podendo chegar à perda total de produtividade e/ou problemas de saúde (FROTA; SCHIFFER, 2003).

Dentre os fatores que devem ser levados em conta para definir as condições de conforto térmico, deve-se destacar: a taxa metabólica, o isolamento por meio das roupas, temperatura do ar, temperatura radiante, velocidade do ar, umidade do ar (ASHRAE, 2010).

A quantidade de roupas usadas por uma pessoa tem impacto substancial no conforto térmico, pois determina a resistência térmica média à troca de calor do corpo com o ambiente, sendo expressa em “clo” ($1 \text{ clo} = 0,155 \text{ m}^2 \text{ K/W}$) (ABNT, 2008).

Segundo Ruas (1999), quando a temperatura do ar for inferior à da pele, a remoção de calor por convecção será proporcionalmente maior. A umidade relativa (razão entre o número de gramas de vapor d’água existente em uma determinada massa e a quantidade máxima de gramas de vapor d’água que determinada massa pode conter) têm grande influência na remoção de calor por evaporação, pois a baixa umidade relativa permite ao ar relativamente seco absorver a umidade da pele rapidamente, e com isso promover a rápida remoção de calor do corpo. Com relação a velocidade do ar, quando a ventilação aumenta o processo de evaporação aumenta, porque a umidade do corpo é retirada mais rapidamente, e o processo de convecção também aumenta porque a velocidade de troca do ar que rodeia o corpo é maior. Já quando a ventilação diminui, os processos de convecção e evaporação também diminuem.

2.2 CARGA TÉRMICA

Processos comuns de condicionamento de ar envolvem a transferência de calor. O calor sensível é aquele que produz uma variação da temperatura do ar sem alteração do conteúdo de umidade. O calor latente é o calor de evaporação ou condensação do vapor de água do ar, que produz uma variação do conteúdo de umidade do ar sem alteração da temperatura (ABNT, 2008).

De acordo com Creder (2004), carga térmica é a quantidade de calor sensível e latente que deve ser retirada ou colocada em um recinto a fim de proporcionar as condições de conforto desejadas. A carga térmica pode ser introduzida no recinto por condução, insolação, ventilação, pessoas, infiltração, equipamentos.

2.2.1 Carga de condução

A transferência de calor do ar para uma superfície ou vice-versa ocorre por meio da condutância da superfície de contato, que é a quantidade de calor transferido em Kcal/h, do ar para a superfície, por m² e por °C de diferença de temperatura (CREDER, 2004). Nos cálculos de carga térmica pode-se usar a Equação 1:

$$Q = AU\Delta T \quad (1)$$

Onde:

Q = fluxo de calor (kcal/h)

A = área (m²)

ΔT = diferença de temperatura (°C)

U = coeficiente global de transmissão de calor (kcal/h · m² · °C)

2.2.2 Carga devido à insolação

A energia radiante oriunda do sol que incide em uma superfície transparente se divide em três partes: uma que é refletida, uma que é absorvida, e outra que atravessa a superfície (CREDER, 2004).

De acordo com Creder (2004), a carga térmica devido à insolação em uma superfície transparente é dada pela Equação 2:

$$Q = A \times U \quad (2)$$

Onde:

Q = fluxo de calor (kcal/h)

A = área (m²)

U = coeficiente global de transmissão de calor (kcal/h · m² · °C)

De acordo com Creder (2004), a energia solar que incide em superfícies opacas é transmitida para o interior dos recintos, e pode ser calculada através da Equação 3:

$$Q = A \times U[(t_e - t_i) + \Delta t] \quad (3)$$

Onde:

Q = fluxo de calor (kcal/h)

A = área (m²)

U = coeficiente global de transmissão de calor (kcal/h · m² · °C)

t_e = temperatura do exterior (°C)

t_i = temperatura do interior (°C)

Δt = acréscimo do diferencial de temperatura

2.2.3 Carga devido às pessoas

As pessoas liberam tanto calor sensível quanto calor latente a depender do tipo de atividade desenvolvida. A Tabela 1 refere-se à quantidade de calor sensível e latente dissipados pelas pessoas.

Tabela 1 - Quantidade de calor dissipado por pessoas

Nível de atividade	Local	Calor total (W)		Calor sensível (W)	Calor latente (W)	% radiante do calor sensível	
		Homem adulto	Ajustado M/F			Baixa velocidade do ar	Alta velocidade do ar
Sentado no teatro	teatro matinê	115	95	65	30		
Sentado no teatro, noite	teatro noite	115	105	70	35	60	27
Sentado trabalho leve	escritórios, hotéis, apartamentos	130	115	70	45		
Atividade moderada em trabalhos de escritório	escritórios, hotéis, apartamentos	140	130	75	55		
Parado em pé, trabalho moderado, caminhando	loja de varejo ou departamentos	160	130	75	55	58	38
Caminhando, parado em pé	farmácia, agência bancária	160	145	75	70		
Trabalho sedentário	restaurante	145	160	80	80		
jogando boliche	boliche	440	425	170	255		
Trabalho pesado	fábrica	440	425	170	255	54	19
praticando esportes	ginásio, academia	585	525	210	315		

Fonte: ABNT, 2008, adaptado

2.2.4 Carga devido a infiltração

O movimento do ar exterior ao recinto permite a sua infiltração através de frestas nas portas, janelas e outras aberturas, adicionando carga térmica ao recinto. Embora essa carga não

possa ser calculada com precisão, é possível calcular a carga devido à infiltração pelo método da troca de ar que leva em consideração o número de janelas (CREDER, 2004). A carga devido à infiltração é mostrada na Equação 4:

$$q_s = 1,08Q(t_e - t_i) \quad (4)$$

Onde:

q_s = calor sensível

Q = fluxo de calor (kcal/h)

t_e = temperatura do exterior (°C)

t_i = temperatura do interior (°C)

2.2.5 Carga devido a equipamentos

A dissipação efetiva de calor e umidade dos equipamentos comerciais de cozinha, lanchonete, médicos, laboratórios, entre outros, devem ser considerados (ABNT, 2008). A Tabela 2 mostra as taxas típicas de dissipação de calor e umidade de alguns desses equipamentos.

Tabela 2- Taxas típicas de dissipação de calor e umidade

Equipamento	Tamanho	Potência W	Ganho de calor W			
			Sem coifa			Com coifa
		Plena Carga	Sensível	Latente	Total	Sensível
Elétrico (sem exigência de coifa)						
Cafeteira	12 xícaras	1660	1100	560	1660	530
Congelador (grande)	2,07 m³	1340	540	-	540	0
Congelador (pequeno)	0,51 m³	810	320	-	320	0
Forno de microondas (resistente, comercial)	20L	2630	2630	-	2630	0
Forno de microondas (tipo residencial)	30L	600 a 1400	600 a 1400	-	600 a 1400	0
Torradeira (pequeno automático)	4 fatias	2470	1310	1160	2470	790

Fonte: ABNT, 2008, adaptado

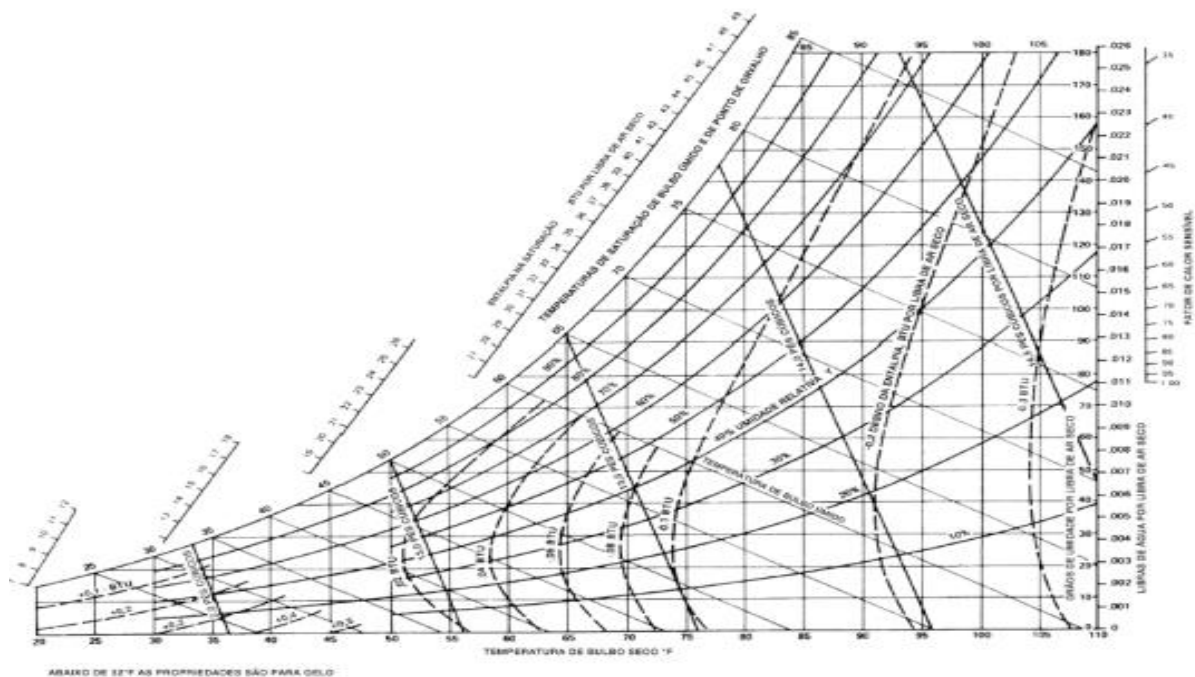
2.3 PSICROMETRIA

Psicrometria é o estudo das misturas de ar e vapor de água. Existem quatro propriedades do ar que explicam o seu funcionamento: temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo úmido, temperatura de ponto de orvalho e umidade relativa. A temperatura e pressão determinam a quantidade de vapor de água que o ar pode reter, temperaturas mais elevadas significam que o ar possui maior capacidade de reter água em suspensão (MILLER; MILLER, 2014).

A temperatura de bulbo seco é a temperatura do ar que é determinada por um termômetro comum. A temperatura de bulbo úmido é menor que a temperatura de bulbo seco, e representa a menor temperatura que um corpo molhado com água irá possuir quando exposto a uma corrente de ar. A temperatura do ponto de orvalho é a temperatura abaixo do qual a umidade contida no ar se condensará, sendo importante em um projeto de sistema de umidificação para conforto, pois se a umidade for muito elevada em um recinto ela irá se condensar e acumular nas janelas. A umidade relativa é uma medida de quanto de ar está presente comparada com a quantidade de umidade que o ar pode reter naquela temperatura (MILLER; MILLER, 2014).

As cartas psicrométricas são representações gráficas das propriedades do ar. A Figura 1 mostra uma carta psicrométrica. As linhas verticais indicam a temperatura de bulbo seco, as linhas inclinadas no interior do gráfico indicam a porcentagem de umidade relativa, as linhas diagonais indicam as temperaturas de bulbo úmido (MILLER; MILLER, 2014).

Figura 1- Carta psicrométrica



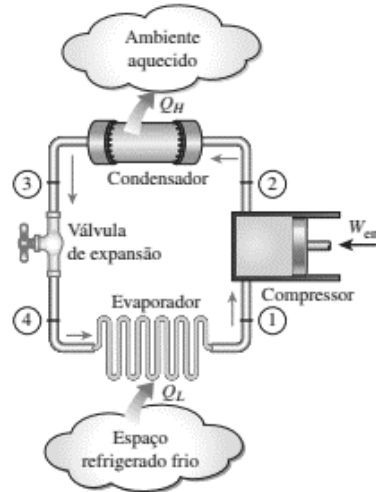
Fonte: Miller; Miller, 2014

2.4 CICLO DE REFRIGERAÇÃO POR COMPRESSÃO DE VAPOR

Dispositivos de condicionamento de ar funcionam segundo o ciclo de refrigeração por compressão de vapor, que consiste em quatro processos: compressão isentrópica no

compressor, rejeição de calor a pressão constante no condensador, estrangulamento em um dispositivo de expansão e absorção de calor à pressão constante no evaporador (ÇENGEL; BOLES, 2013). A Figura 2 ilustra o esquema do ciclo de refrigeração por compressão de vapor.

Figura 2- Ciclo de refrigeração por compressão de vapor

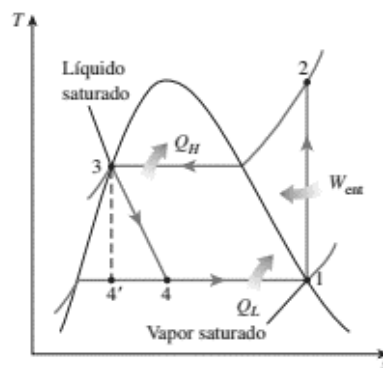


Fonte: Çengel; Boles, 2013

O refrigerante entra no compressor como vapor saturado, e é comprimido de forma isentrópica até a pressão do condensador, em seguida entra no condensador como vapor superaquecido e sai como líquido saturado, devido a rejeição de calor para a vizinhança. O refrigerante passa através de uma válvula de expansão e é estrangulado até a pressão do evaporador, então entra no evaporador como mistura saturada com baixo título de vapor e evapora completamente pelo calor que é absorvido do espaço refrigerado. O refrigerante sai do evaporador como vapor saturado e entra novamente no compressor, completando o ciclo (ÇENGEL; BOLES 2013).

A Figura 3 mostra o diagrama T-s para o ciclo por compressão de vapor.

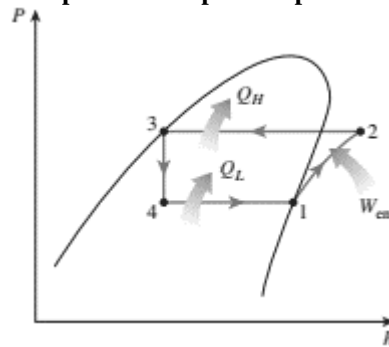
Figura 3 - Diagrama T-s para o ciclo por compressão de vapor ideal



Fonte: Çengel; Boles, 2013

A Figura 4 mostra o diagrama P-h do ciclo de refrigeração por compressão de vapor.

Figura 4 - Diagrama P-h para o ciclo por compressão de vapor ideal



Fonte: Çengel; Boles, 2013

2.4.1 Componentes do ciclo

O compressor, o condensador, o dispositivo de expansão e o evaporador formam o ciclo de refrigeração.

O compressor succiona o fluido refrigerante do evaporador e o comprime, circula-o por todo o ciclo de refrigeração e com o auxílio do dispositivo de expansão promove a elevação de pressão no condensador e a redução de pressão no evaporador. Os compressores podem ser classificados de duas formas: categoria de compressão, que inclui os compressores alternativos, rotativos, scroll, centrífugo e parafuso; e categoria de acoplamento que inclui os compressores herméticos, semi-herméticos e abertos (CASTRO, 2010). A Figura 5 mostra um compressor.

Figura 5 - Compressor



Fonte: Site da Polipartes

O condensador tem a função de rejeitar calor do fluido refrigerante. Com a eliminação de calor o fluido refrigerante que entra no condensador muda do estado de vapor para líquido. O condensador rejeita o calor para o ar ou água. Se o ar estiver absorvendo o calor o condensador será a ar, se for a água, o condensador será a água, se forem ambos que estiverem absorvendo o condensador será chamado de evaporativo (CASTRO, 2010). A Figura 6 mostra um condensador.

Figura 6 – Condensador



Fonte: Site da Confortech

Os dispositivos de expansão são basicamente redutores de pressão e controladores do fluxo do fluido refrigerante no estado líquido do condensador para o evaporador (CASTRO, 2010). A figura 7 mostra uma válvula de expansão.

Figura 7 - Dispositivo de expansão



Fonte: Site da polipartes

O evaporador absorve calor do ambiente interno. Com essa absorção o fluido refrigerante que sai da válvula de expansão como “líquido” evapora. Se for o ar que estiver rejeitando calor para o fluido refrigerante se evaporar, o evaporador será do tipo expansão

direta. Se for a água que estiver rejeitando calor para o fluido refrigerante se evaporar, o evaporador será do tipo casca e tubo (CASTRO, 2010). A Figura 8 mostra um evaporador.

Figura 8 – Evaporador



Fonte: Site da polipartes

2.5 SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO

O condicionador de ar de janela era um equipamento bastante utilizado em residências e escritórios, porém nos dias de hoje vem sendo substituído pelos aparelhos *Split*. É composto pelo evaporador, compressor, condensador, ventilador, filtro e elemento de resfriamento. No condicionador de ar de janela o ventilador succiona o ar úmido e quente para o interior da unidade, o ar atravessa o filtro, onde as partículas de poeira são removidas, e então passa pelo elemento de resfriamento no qual é resfriado e desumidificado, o ventilador por sua vez retorna o ar condicionado para o ambiente (MILLER; MILLER, 2014).

Esses aparelhos são indicados para pequenas áreas devido a uma limitada potência de refrigeração (até 30.000 BTUs), são simples de instalar, porém apresentam alto nível de ruído e consomem mais energia. O preço de um condicionador de ar de janela varia de R\$ 890,00 para equipamentos com capacidade de 7.500 BTUs a R\$ 3.190 para equipamentos com capacidade de 27.000 BTUs. A Figura 9 mostra um condicionador de ar de janela.

Figura 9- Ar condicionado de janela



Fonte: Site da loja Consul

O *self-contained* é destinado a ambientes comerciais de médio e grande porte como restaurantes, lojas e bancos. Reúne a unidade condensadora e evaporadora em um mesmo gabinete e pode operar com condensação a ar ou água. Sua capacidade chega a 60 TR (1 TR = 12.000 BTU). A Figura 10 mostra um *self-contained*.

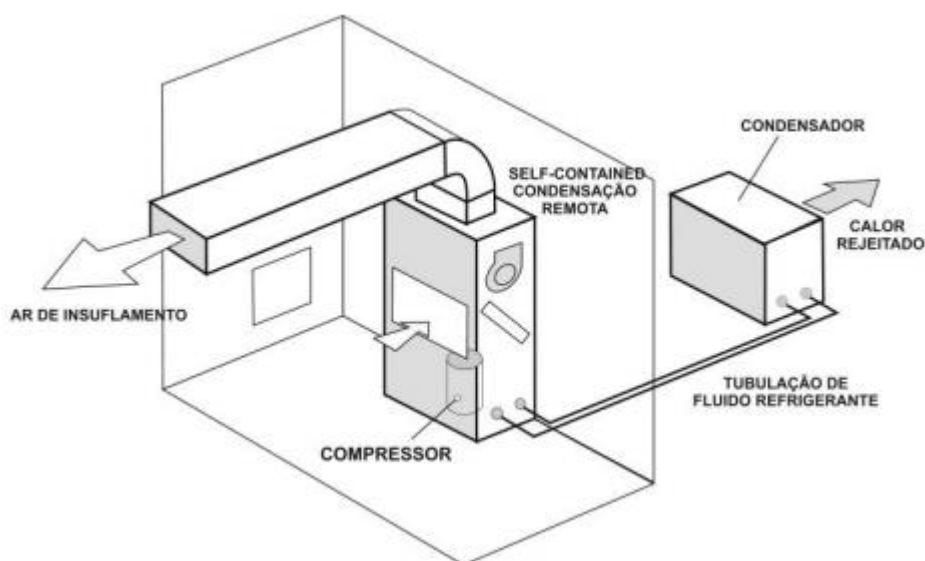
Figura 10 - Self-contained



Fonte: Site da Carrier

O *self-contained* com condensação a ar utiliza um ventilador centrífugo para movimentar o ar entre as aletas do condensador e liberar o calor do fluido refrigerante para o ambiente, podendo ser instalado diretamente no recinto a receber o ar condicionado ou se situar em casas de máquinas (SILVA, 2010). A Figura 11 mostra um *self-contained* com condensação a ar.

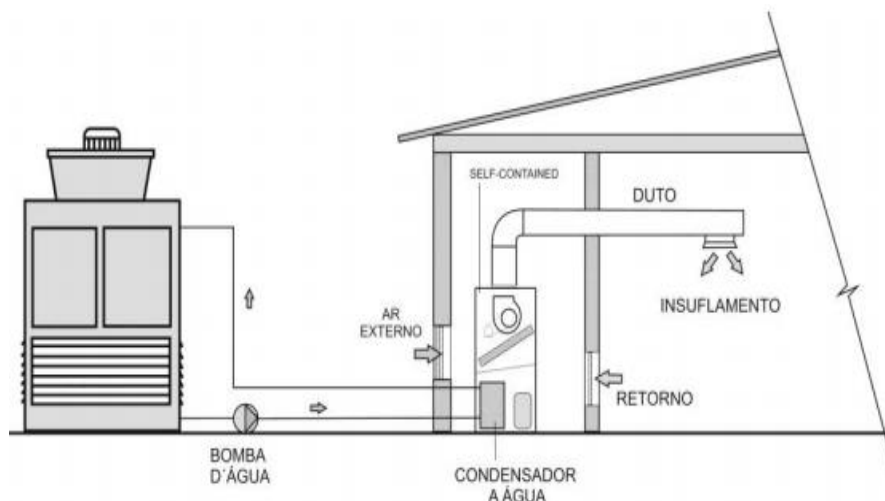
Figura 11 - Self-contained com condensação a ar



Fonte: Silva, 2010

O *self-contained* com condensação a água necessita de uma torre para arrefecimento de água para funcionar. O condensador do *self-contained* troca calor com a água que é circulada por uma torre de arrefecimento. A água que sai do condensador, um pouco mais aquecida, é movimentada até uma torre de resfriamento por uma bomba para liberar o calor retirado do fluido refrigerante para o ar atmosférico (SILVA, 2010). A Figura 12 mostra um *self-contained* com condensação a água.

Figura 12- Self-contained com condensação a água



Fonte: Silva, 2010

Segundo dados da ABRAVA os aparelhos *Split* estão instalados em 72% das residências e empreendimentos no Brasil. São versáteis, funcionam com baixos níveis de ruído e podem ser usados em ambientes pequenos e maiores, dependendo da capacidade (até 80.000 BTU) e do modelo. Existem diversos modelos de aparelhos, como: *Split high wall* que são instalados no alto das paredes e são indicados para residências e pequenas lojas, com capacidade de 7.000 a 18.000 BTU. A Figura 13 mostra um modelo *Split high wall*.

Figura 13 – Condicionador de ar Split high wall



Fonte: Site da Frigelar

Multi-split que são compostos por uma unidade externa e várias unidades internas, são muito usados em locais onde não há muito espaço externo disponível para fixar as unidades condensadoras. A Figura 14 mostra um condicionador de ar *Multi-split*.

Figura 14 – Condicionador de ar *Multi-split*



Fonte: Site da Frigelar

Split window que é uma junção dos modelos *Split high wall* e janela. A Figura 15 mostra um aparelho *Split window*.

Figura 15 – Condicionador de ar *Split window*



Fonte: Site da Frigelar

Split piso e teto são aparelhos usados para ambientes amplos, podem ser instalados tanto no piso quanto no teto, possuem potências que variam de 17.000 a 58.000 BTU; *Split teto* são semelhantes ao do tipo piso e teto, porém só podem ser instalados no teto e tem capacidade de até 80.000 BTU; *Split cassete* são instalados embutidos no teto e sua ventilação ocorre por quatro saídas para melhor ser distribuída no ambiente e gerar uma climatização mais uniforme.

As Figuras 16, 17 e 18 mostram modelos *Split piso e teto*, *Split teto* e *Split cassete*, respectivamente.

Figura 16 – Condicionador de ar *split* piso e teto



Fonte: Site da Frigelar

Figura 17 – Condicionador de ar *split* teto



Fonte: Site da Frigelar

Figura 18 – Condicionador de ar *split* cassete



Fonte: Site da Frigelar

2.6 NORMAS REGULAMENTADORAS

A Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT regulamenta as instalações de condicionador de ar por meio da NBR 15220 – Desempenho térmico de edificações, NBR 16401 – Instalações de ar-condicionado e NBR 16655 – Instalação de sistemas residenciais de ar-condicionado – Split e compacto.

A ABNT NBR 15220 é dividida em cinco partes. A parte 1 compreende as definições, símbolos e unidades pertinentes ao assunto. A parte 2 aborda os métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico, do fator solar de elementos e componentes de edificações. A parte 3 trata do zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. A parte 4 refere-se à medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo princípio da placa quente protegida. E a parte 5 descreve um método para medição da condutividade térmica com auxílio de fluxímetros (ABNT, 2003).

A ABNT NBR 16401 é dividida em três partes. A parte 1, intitulada projeto das instalações, estabelece os parâmetros básicos e os requisitos mínimos de projeto para sistemas de condicionador de ar central e unitário. A parte 2, parâmetros de conforto térmico, especifica os parâmetros do ambiente interno que proporcionem conforto térmico aos ocupantes de recintos providos de ar condicionado. A parte 3, qualidade do ar interior, especifica os parâmetros básicos e os requisitos mínimos para sistemas de ar condicionado, visando a obtenção de qualidade aceitável de ar interior para conforto (ABNT, 2008).

A ABNT NBR 16655 é dividida em três partes. A parte 1 trata da etapa de projeto e instalação. A parte 2 aborda o procedimento para ensaio de estanqueidade, desidratação e carga de fluido frigorífico. A parte 3 apresenta um procedimento simplificado de cálculo de carga térmica de ar-condicionado para instalações residenciais (ABNT, 2018).

2.7 PLANO DE MANUTENÇÃO, OPERAÇÃO E CONTROLE

De acordo com o Ministério da Saúde (1988), os proprietários, locatários e prepostos responsáveis por sistemas de climatização com capacidade acima de 60.000 BTU/H deverão manter um responsável técnico habilitado para implantar um Plano de Manutenção, Operação e Controle - PMOC, adotado para o sistema de climatização. Esse plano deve conter a identificação do estabelecimento que possui os ambientes climatizados, a descrição das atividades a serem desenvolvidas, a periodicidade das mesmas, as recomendações a serem

adotadas em situações de falha do equipamento e de emergência, para garantia de segurança do sistema de climatização e outros de interesse. Devem ser mantidos limpos os componentes dos sistemas de climatização tais como: bandejas, serpentinas, umidificadores, ventiladores e dutos. Verificadas periodicamente as condições física dos filtros e mantê-los em condições de operação, promovendo quando necessária, a sua substituição.

A ABNT, por meio da NBR 13971, que tem como título Sistemas de refrigeração, condicionamento de ar, ventilação e aquecimento – Manutenção programada, estabelece as orientações básicas para as atividades e serviços necessários na manutenção de conjuntos e componentes, em sistemas e equipamentos de refrigeração, condicionamento de ar, ventilação e aquecimento (ABNT, 2014).

A Tabela 3 define o critério de classificação numérica de identificação utilizada nas atividades de manutenção programadas mostradas na Tabela 4.

Tabela 3 - Critério de classificação numérica

X			Identificação do conjunto	P	S
X	Y		Identificação do componente		
X	Y	Z	Descrição da atividade		
Legenda:					
X = número do conjunto					
Y = número do componente					
Z = número da atividade					
P = atividades periódicas					
S = atividades a serem executadas, se necessário					

Fonte: ABNT, 2014, adaptado

Tabela 4 - Trocadores de calor

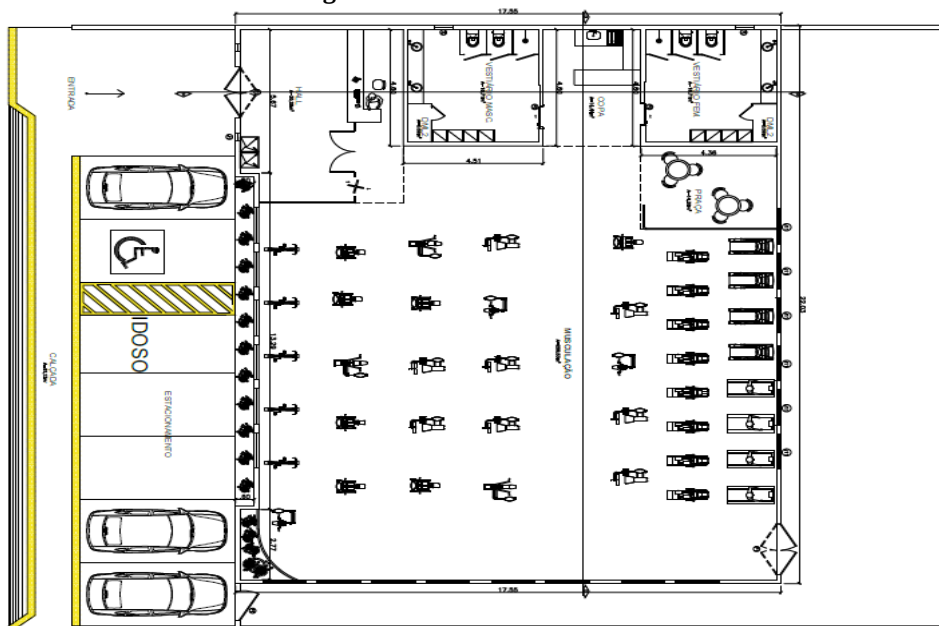
2	3		Trocadores de calor	P	S
2	4		Resfriadores de ar (ar/líquido)		
2	4	1	Verificar a existência de agentes que possam prejudicar a troca térmica	X	
2	4	2	Limpar as superfícies do lado ar	X	
2	4	3	Verificar os fluxos de ar/líquido		
2	4	4	Verificar e eliminar a existência de ar do lado líquido		X
2	4	6	Limpar o sistema de drenagem	X	
2			Trocadores de calor	P	S
2	5		Evaporadores (fluido frigorífico/ ar ou líquido)		
2	5	6	Verificar o isolamento térmico do componente (inspeção visual)	X	
2	5	8	Verificar a operação do sistema de anticongelamento (fluido frigorífico refrigerado a ar)		X
2	5	9	Em caso de soluções aquosas, verificar a concentração do anti congelante	X	
2	5	12	Verificar a existência de vazamentos de fluido frigoríficos, ar ou líquido	X	

Fonte: ABNT, 2014, adaptado

3 METODOLOGIA

A metodologia da pesquisa consistiu em pesquisa bibliográfica e estudo de caso. As principais referências utilizadas foram normas, artigos científicos e livros. No estudo de caso foi analisada a planta de baixa de uma academia, e levantados os dados pertinentes ao cálculo da carga térmica.

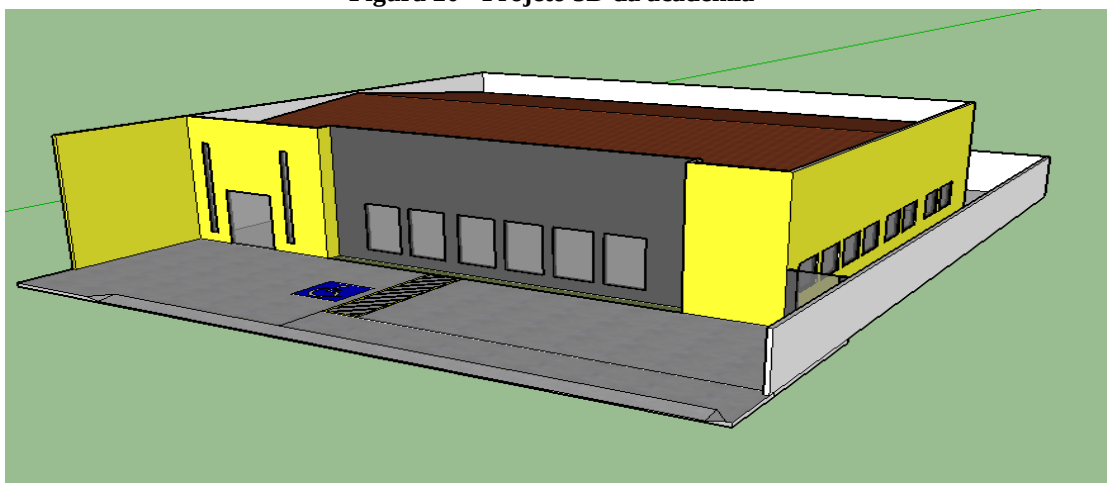
Figura 19 - Planta baixa da academia



Fonte: Autoria própria, 2018

A partir da planta baixa da academia mostrada na Figura 19 foi feita a modelagem 3D do local conforme mostra a Figura 20.

Figura 20 - Projeto 3D da academia



Fonte: Autoria própria, 2019.

Os dados referentes ao local e necessários ao dimensionamento da carga térmica foram organizados nas Tabelas 5, 6 e 7, contendo as considerações, dados do ambiente e dados de projeto, respectivamente.

Tabela 5 - Considerações para o cálculo da carga térmica

Cálculo da carga térmica de uma academia
Considerações
Carga devido aos ocupantes do recinto
Carga de transmissão por meio das paredes, janelas e telhado
Carga de insolação por meio das paredes, janelas e telhado
Carga decorrente da iluminação
Carga decorrente dos equipamentos elétricos

Fonte: Autoria própria, 2019

Tabela 6 - Dados do ambiente para cálculo da carga térmica

Cálculo da carga térmica de uma academia	
Dados do ambiente	
Região	Nordeste
Estado	Rio Grande do Norte
Município	Mossoró
Latitude	05° 11' 15" S
Longitude	37° 20' 39" W
Altitude	16 m
Temperatura de bulbo seco	31,6°C
Temperatura interna desejável	24°C

Fonte: Autoria própria, 2019

Tabela 7 - Dados de projeto para o cálculo da carga térmica

Cálculo da carga térmica de uma academia	
Dados de projeto	
Ambiente	Academia de ginástica
Área do ambiente	259,53 m²
Quantidade de pessoas	84 pessoas
Quantidade de lâmpadas	25 lâmpadas
Horário de funcionamento	5h às 22h
Área das paredes	413,82 m²
Orientação geográfica	Oeste
Área das janelas	38,36 m²
Equipamentos elétricos	1 Cafeteira
	1 Computador
	1 Bebedouro
Dados adicionais	
Composição das paredes	Tijolos
	Argamassa
Composição das janelas	Vidro comum 3 mm
Nível de atividade das pessoas	Praticando esportes
Tipo de iluminação	Fluorescente

Fonte: Autoria própria, 2019.

As cargas provenientes dos ocupantes do recinto; da condução por meio das paredes, janelas e telhado; da insolação através das paredes, janelas e telhado; da iluminação e dos equipamentos eletrônicos foram feitos com o auxílio de um software de planilhas.

Conforme recomendação da ABNT os cálculos foram feitos para a situação mais crítica, sem o acréscimo de fatores de segurança. O mês escolhido para a análise foi o mês de fevereiro, devido ser o mês mais quente de acordo com a ABNT NBR 16401-1. Os valores usados para a temperatura de bulbo seco foram aproximados devido a norma não apresentar dados para a cidade de Mossoró-RN, foram usados os dados da cidade de Natal-RN, apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 - Dados de projeto - Natal/RN

RN	Natal	Latitude	Longitude	Altitude	Pr. Atm	Período		Extrem.	TBU	TBSmx	s	TBSmn	s
Mês>Qt		5,92S	35,25W	52m	100,7	83/01		Anuais	29,9	34,7	2	18,3	2,7
Fev	Freq. Anual	Resfriamento e desumidificação				Baixa umidade		Mês > Fr	Freq. Anual	Aquec.	Umidificação		
		TBS	TBUc	TBU	TBSc	w	TBSc	Jul		TBS	TPO	w	TBSc
	0,40%	32,2	25,3	26,7	29,7	21,6	28,1		99,60%	21	15,8	11,3	27,2
DTmd	1%	32	25,3	26,3	29,6	20,9	27,8		99%	21,6	17,9	12,9	26,4
7	2%	31,6	25,1	26,1	29,5	20,4	27,5						

Fonte: ABNT, 2008

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos dados levantados nas Tabelas 6 e 7 foi calculada a carga térmica para cada fator considerado na Tabela 5 para o mês de fevereiro, de acordo com os dados da Tabela 8. A Tabela 9 mostra a carga térmica devido a transferência de calor do ar para a superfície das paredes.

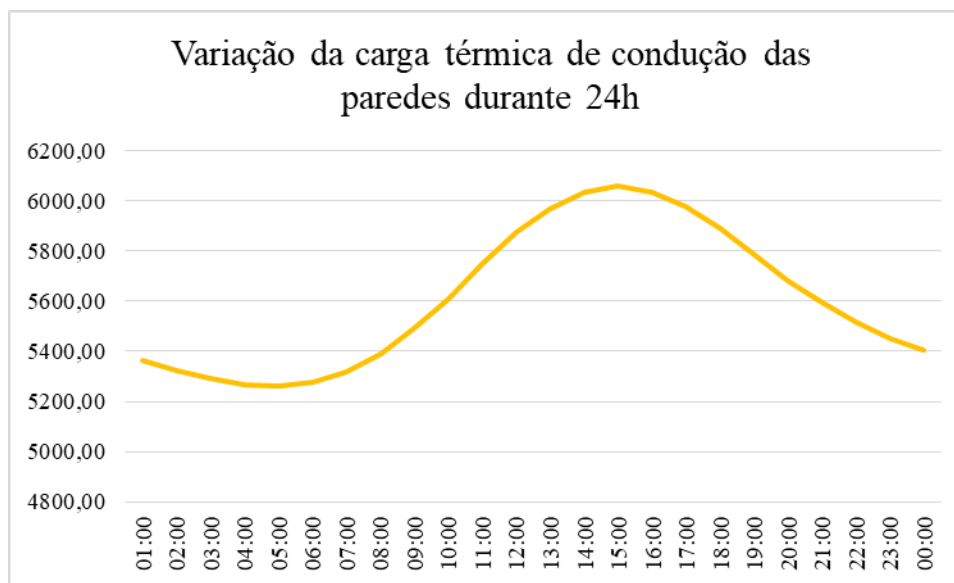
Tabela 9 - Carga de condução para as paredes		
Variáveis para o cálculo de carga térmica - Paredes		Unidades
Área (A)	413,82	m ²
Coeficiente global de transmissão de calor (U)	2,24	W/m ² .K
Temperatura interna	24	°C
Temperatura externa média	31,6	°C
Diferença de temperatura	7,6	°C
Fator de conversão	0,8598	-
Total	6057,18	Kcal/h

Fonte: Autoria própria, 2019

A área das paredes corresponde a soma da área das quatro paredes, sendo as paredes voltadas para oeste e leste com área de 121,16 m² cada, e as paredes norte e sul com área de 96,53 m² cada, diminuídas da área das janelas no total de 38,36 m². O coeficiente global de transmissão de calor foi retirado do ANEXO A e usado um fator de conversão para convertê-lo de W/m².K para Kcal/h.m².°C. A temperatura interna usada corresponde a temperatura desejada para o recinto. A temperatura externa média, se refere a temperatura de bulbo seco dada pela tabela 9. A diferença de temperatura é a diferença entre a temperatura externa e a temperatura interna. O valor total da carga térmica de condução foi obtido substituindo os valores na Equação 1.

O Gráfico 1 mostra a evolução da carga térmica de condução através das paredes ao longo de um dia, os valores para a fração da variação média diária da temperatura foram retirados do ANEXO B, devendo ser subtraídos do valor da temperatura de bulbo seco para se obter o valor correspondente da temperatura a cada hora.

Analisando o Gráfico 1 é possível perceber que o valor máximo da carga térmica de condução é às 15h e o valor mínimo é às 05h, isso pode ser explicado pelo fato da temperatura ser menor entre 00h e 05h, e maior entre 12h e 16h.

Gráfico 1 - Evolução da carga térmica de condução das paredes ao longo de um dia**Fonte: Autoria própria, 2019**

A Tabela 10 mostra a carga térmica devido à insolação. Foi considerado que a parede voltada para oeste era a única com incidência de sol.

Tabela 10 - Carga térmica de insolação da parede

Variáveis para o cálculo de carga térmica - Paredes		Unidades
Área (A)	104,85	m ²
Coeficiente global de transmissão de calor (U)	2,24	W/m ² .K
Temperatura interna	24	°C
Temperatura externa média	31,6	°C
Diferença de temperatura	7,6	°C
Acréscimo do diferencial de temperatura	5,5	°C
Fator de conversão	0,8598	-
Orientação da parede com maior incidência de sol	OESTE	-
Total	2645,36	Kcal/h

Fonte: Autoria própria, 2019

A área foi considerada para a única parede com incidência do sol, o coeficiente global de transmissão de calor foi retirado do anexo A. O acréscimo do diferencial de temperatura foi retirado do ANEXO C. O valor total da carga térmica foi calculado substituindo os valores da Tabela 10 na Equação 3.

A carga térmica de condução para o telhado é mostrada na Tabela 11. Considerou-se a área do telhado como sendo 374,84 m², e o material do telhado fibrocimento. O coeficiente global de transmissão de calor foi retirado do ANEXO D, e a carga térmica total foi calculada substituindo os valores da Tabela 11 na Equação 1.

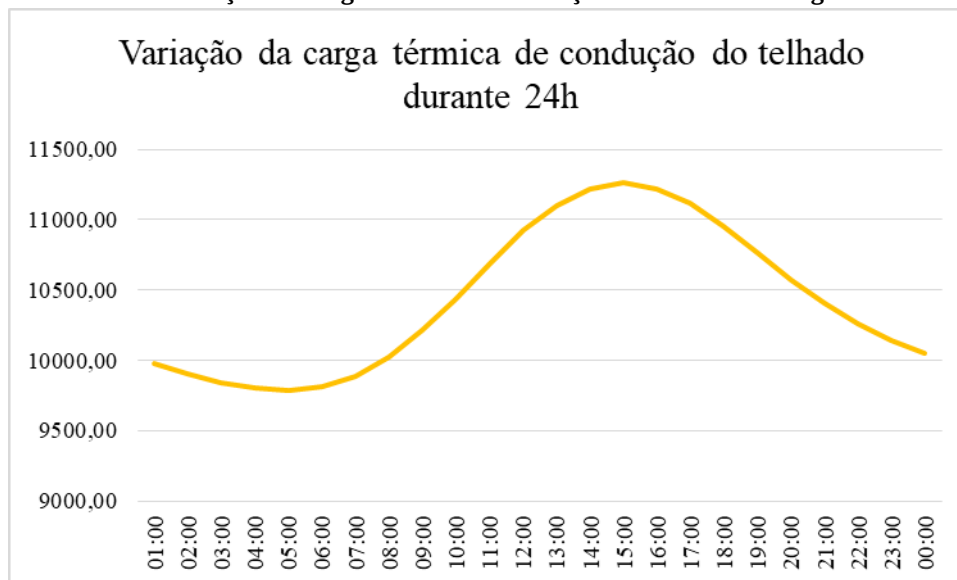
Tabela 11 - Carga térmica de condução para o telhado

Cálculo da carga térmica - Telhado		Unidades
Área (A)	374,84	m ²
Coeficiente global de transmissão de calor (U)	4,6	W/m ² .K
Temperatura interna	24	°C
Média Temperatura externa	31,6	°C
Diferença de temperatura	7,6	°C
Fator de conversão	0,8598	-
Total	11267,24	Kcal/h

Fonte: Autoria própria, 2019

O Gráfico 2 mostra a evolução da carga térmica de condução através do telhado ao longo de um dia, os valores para a fração da variação média diária da temperatura foram retirados do ANEXO B, devendo ser subtraídos do valor da temperatura de bulbo seco para se obter o valor correspondente da temperatura a cada hora.

Gráfico 2 - Evolução da carga térmica de condução do telhado ao longo de um dia



Fonte: Autoria própria, 2019

Analisando o Gráfico 2 é possível perceber que o valor máximo da carga térmica de condução do telhado é às 15h e o valor mínimo é às 05h, isso pode ser explicado pelo fato da temperatura ser menor entre 00h e 05h, e maior entre 12h e 16h, semelhante ao que ocorre com a carga térmica de condução das paredes.

A carga térmica de insolação para o telhado é mostrada na Tabela 12. Considerou-se a área do telhado como sendo 374,84 m², e o material do telhado fibrocimento. O coeficiente global de transmissão de calor foi retirado do ANEXO D, o acréscimo do diferencial de temperatura foi retirado do ANEXO C e a carga térmica total foi calculada substituindo os valores da Tabela 12 na Equação 3.

Tabela 12 - Carga térmica de insolação para o telhado

Variáveis para o cálculo de carga térmica - Telhado		Unidades
Área (A)	374,84	m ²
Coeficiente global de transmissão de calor (U)	3,96	Kcal/h.m ² .°C
Temperatura interna	24	°C
Temperatura externa média	31,6	°C
Diferença de temperatura	7,6	°C
Acréscimo do diferencial de temperatura	8,3	°C
Fator de conversão	0,8598	-
Total	23572,10	Kcal/h

Fonte: Autoria própria, 2019

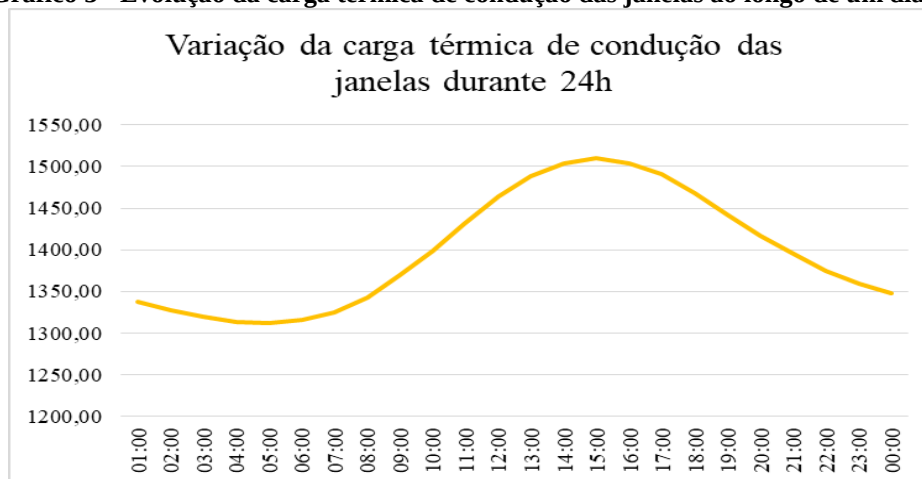
A carga térmica de condução para as janelas é mostrada na Tabela 13. A área das janelas é dada pela soma das áreas das 20 janelas que resulta em 38,36 m². O coeficiente global de transmissão de calor foi retirado do ANEXO E. A carga térmica total foi calculada substituindo os valores da Tabela 13 na Equação 1.

Tabela 13 - Carga térmica de condução das janelas

Cálculo da carga térmica - Janelas		Unidades
Área (A)	38,36	m ²
Coeficiente global de transmissão de calor (U)	5,18	W/m ² .K
Temperatura interna	24	°C
Média Temperatura externa	31,6	°C
Diferença de temperatura	7,6	°C
Fator de conversão	0,8598	-
Total	1510,16	Kcal/h

Fonte: Autoria própria, 2019

O Gráfico 3 mostra a evolução da carga térmica de condução através das janelas ao longo de um dia, os valores para a fração da variação média diária da temperatura foram retirados do ANEXO B, devendo ser subtraídos do valor da temperatura de bulbo seco para se obter o valor correspondente da temperatura a cada hora.

Gráfico 3 - Evolução da carga térmica de condução das janelas ao longo de um dia

Fonte: Autoria própria, 2019

A partir da análise do Gráfico 3 é possível perceber a semelhança com o que ocorre para os Gráficos 1 e 2. O valor máximo da carga térmica de condução para as janelas é às 15h e o valor mínimo às 05h.

A carga térmica de insolação para as janelas é mostrada na Tabela 14. Assim como para a carga térmica devido a insolação da parede foi considerado que a incidência de sol era somente nas janelas voltadas para oeste. Foi considerada apenas a área das 6 janelas voltadas para oeste, com 2,8 m² cada. O coeficiente global de transmissão de calor foi retirado do ANEXO F. A carga térmica total foi calculada substituindo os valores da Tabela 14 na Equação 2.

Tabela 14 - Carga térmica de insolação para as janelas

Cálculo da carga térmica - Janelas		Unidades
Área (A)	16,8	m ²
Coeficiente global de transmissão de calor (U)	448	Kcal/h.m ²
Orientação das janelas	OESTE	-
Total	7526,4	Kcal/h

Fonte: Autoria própria, 2019

A carga térmica devido aos ocupantes é mostrada na Tabela 15. Conforme recomendações da ABNT o valor foi calculado para a situação mais crítica, considerando a ocupação máxima. O valor do calor liberado pelas pessoas foi retirado da Tabela 1.

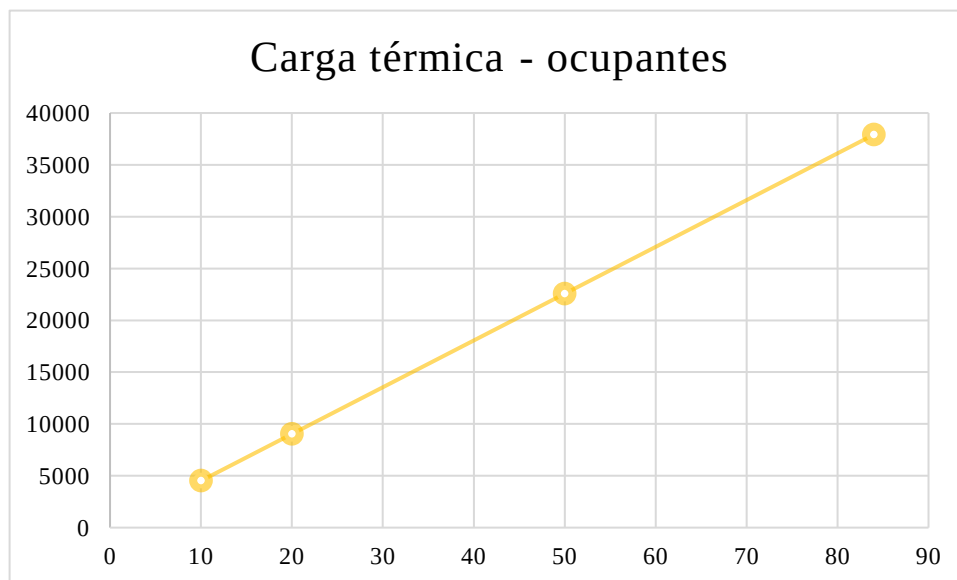
Tabela 15 - Carga térmica devido aos ocupantes

Cálculo da carga térmica - Pessoas		Unidades
Quantidade de pessoas	84	-
Calor liberado	525	W
Total	37917,18	Kcal/h

Fonte: Autoria própria, 2019

Tendo em vista que a quantidade de pessoas não é a mesma em todas as horas do dia, foi considerado que em alguns horários a ocupação não era máxima. O Gráfico 4 mostra a carga térmica devido o número de ocupantes, variando entre 10, 20, 50 e 84 pessoas.

Gráfico 4 - Variação da carga térmica devido aos ocupantes ao longo de um dia



Fonte: Autoria própria, 2019

Analisando o Gráfico 4 é possível perceber que a carga térmica para 10 ocupantes é aproximadamente 4.500 Kcal/h, para 20 pessoas aproximadamente 9.000 Kcal/h, para 50 pessoas aproximadamente 22.500 Kcal/h e para 84 pessoas aproximadamente 38.000 Kcal/h.

A carga térmica devido aos equipamentos elétricos é mostrada na tabela 16. Os valores da potência dissipada foram retirados dos ANEXO G e ANEXO H.

Tabela 16 - Carga térmica devido aos equipamentos elétricos

Cálculo da carga térmica - Equipamentos elétricos		Unidades
Equipamentos	Potência dissipada	W
1 Cafeteira	1500	W
1 Computador	135	W
1 Bebedouro	700	W
Total	2007,63	Kcal/h

Fonte: Autoria própria, 2019

A carga térmica devido a iluminação é mostrada na Tabela 17. Foi considerado nesse caso que todas as lâmpadas estavam acesas, por ser a situação mais crítica.

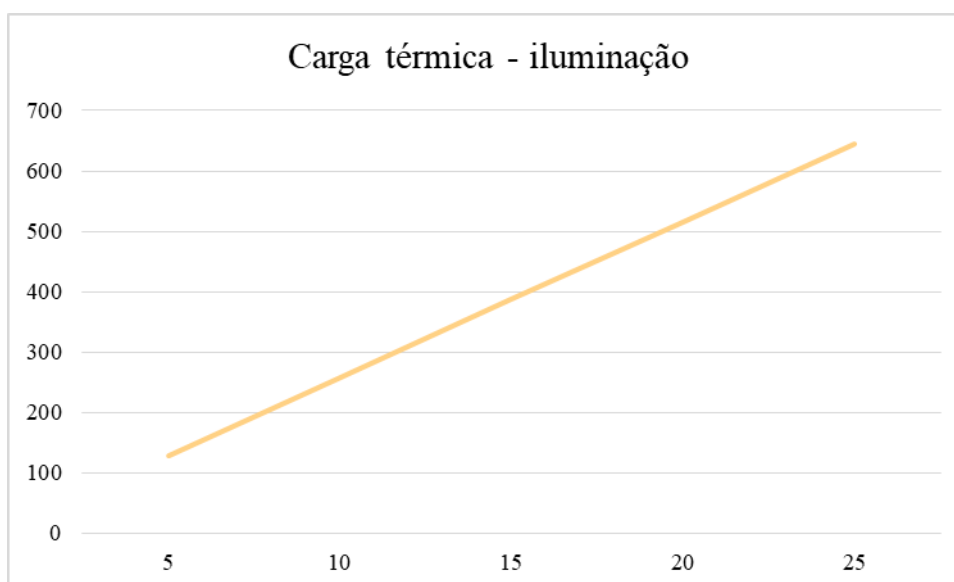
Tabela 17 - Carga térmica de iluminação

Cálculo da carga térmica - Iluminação		Unidades
Quantidade de lâmpadas	25	-
Potência de 1 lâmpada	25	W
Total	644,85	Kcal/h

Fonte: Autoria própria, 2019

Tendo em vista que durante o dia a quantidade de lâmpadas acesas não é a mesma para todas as horas, considerou-se que em alguns momentos do dia haviam 5, 10, 15, 20 e 25 lâmpadas acesas. O Gráfico 5 mostra a variação da carga térmica devido a iluminação ao longo de um dia.

Gráfico 5 - Variação da carga térmica ao longo de um dia devido a iluminação



Fonte: Autoria própria, 2019

Analisando o Gráfico 5 é possível perceber que a carga térmica devido a iluminação é de aproximadamente 130 Kcal/h para 5 lâmpadas acesas, 257 Kcal/h para 10 lâmpadas acesas, 386 Kcal/h para 15 lâmpadas acesas, 516 Kcal/h para 20 lâmpadas acesas e 644 Kcal/h para 25 lâmpadas acesas.

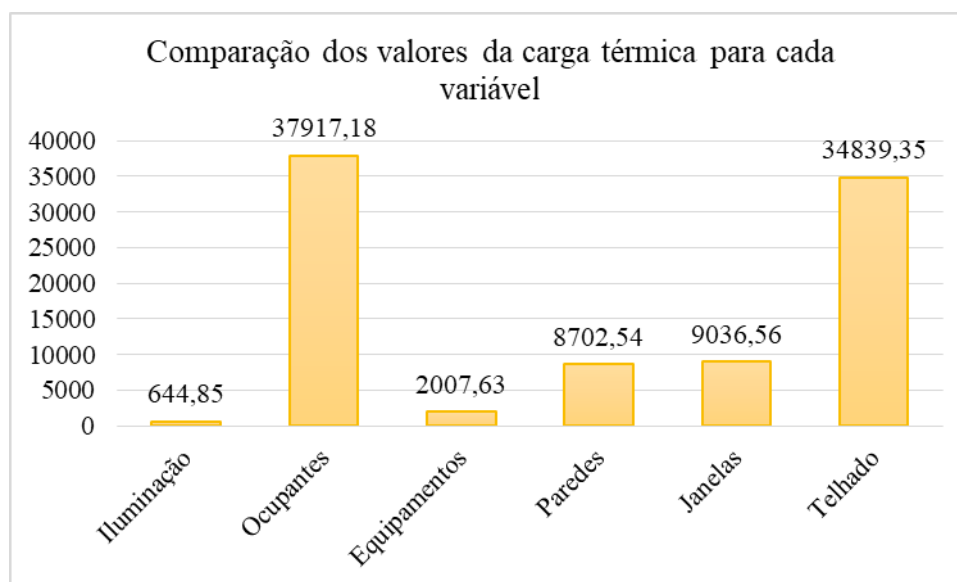
A Tabela 18 mostra o resumo de todos fatores considerados para o cálculo da carga térmica, bem como o somatório de todos os valores das cargas térmicas.

Tabela 18 - Resumo da carga térmica total

Resumo	Total	Unidades
Carga térmica de iluminação	644,85	Kcal/h
Carga térmica dos ocupantes	37917,18	Kcal/h
Carga térmica dos equipamentos	2007,63	Kcal/h
Carga térmica das paredes (insolação + transmissão)	8702,54	Kcal/h
Carga térmica das janelas (insolação + transmissão)	9036,56	Kcal/h
Carga térmica do telhado (insolação + transmissão)	34839,35	Kcal/h
Total	93148,11	Kcal/h
Total	368866,50	Btu/h
Total	30,74	TR

Fonte: Autoria própria, 2019

O Gráfico 6 mostra a comparação entre os valores para a carga térmica

Gráfico 6 - Comparação da carga térmica

Fonte: Autoria própria, 2019

A capacidade requerida para o aparelho condicionador de ar de acordo com a Tabela 18 ou seja, considerando a ocupação máxima, com todas as lâmpadas acesas e no horário em que há a maior carga devido à insolação e condução nas paredes, janelas e telhado é de 368.866,50 BTU/h. Foram analisados aparelhos de 36.000 BTU/h, 48.000 BTU/h e 60.000 BTU/h. Sendo necessários 10,24 aparelhos de 36.000 BTU/h; 7,68 aparelhos de 48.000 BTU/h e 6,14 aparelhos de 60.000 BTU/h.

Um aparelho condicionador de ar com capacidade de 36.000 BTU/h custa em média R\$4.280,00, para 11 aparelhos o custo de aquisição seria R\$ 47.080,00. Um aparelho condicionador de ar com capacidade de 48.000 BTU/h custa em média R\$ 5.720,00, para 8 aparelhos o custo de aquisição seria R\$ 45.760 BTU/h. Um aparelho condicionador de ar com

capacidade de 60.000 BTU/h custa em média R\$ 6.850,00, para 7 aparelhos o custo de aquisição seria de R\$ 47.950 BTU/h.

Baseando-se no custo de aquisição, o aparelho com capacidade de 48.000 BTU/h se mostrou o mais indicado.

Em alguns momentos do dia não haverá necessidade de todos os aparelhos estarem ligados, considerando diferentes horários: 06h, 10h, 12h e 15h, variando a quantidade de pessoas e lâmpadas acesas, e considerando os valores da carga térmica de condução e insolação das paredes, janelas e telhado para cada horário específico, foram construídas as Tabelas 19, 20, 21 e 22.

A Tabela 19 mostra as considerações feitas e a carga térmica para o horário das 06h, para 10, 20, 50 e 84 ocupantes com 10, 15, 20 e 25 lâmpadas acesas.

Tabela 19 – Carga térmica para as 06h

Considerações		Carga térmica total	Unidade
10 pessoas	25 lâmpadas	180938,34	BTU/h
10 pessoas	20 lâmpadas	180427,50	BTU/h
10 pessoas	15 lâmpadas	179916,94	BTU/h
10 pessoas	10 lâmpadas	179406,22	BTU/h
20 pessoas	25 lâmpadas	198813,78	BTU/h
20 pessoas	20 lâmpadas	198302,94	BTU/h
20 pessoas	15 lâmpadas	197792,18	BTU/h
20 pessoas	10 lâmpadas	197281,66	BTU/h
50 pessoas	25 lâmpadas	252439,70	BTU/h
50 pessoas	20 lâmpadas	251928,86	BTU/h
50 pessoas	15 lâmpadas	251418,10	BTU/h
50 pessoas	10 lâmpadas	250907,58	BTU/h
84 pessoas	25 lâmpadas	313215,01	BTU/h
84 pessoas	20 lâmpadas	312704,45	BTU/h
84 pessoas	15 lâmpadas	312193,73	BTU/h
84 pessoas	10 lâmpadas	311683,01	BTU/h

Fonte: Autoria própria, 2019

Para o horário de 06h, considerando 10 ocupantes, independente do número de lâmpadas acesas será necessário ligar 4 aparelhos de 48.000 BTU/h cada um. Para 20 ocupantes, independente do número de lâmpadas acesas será necessário ligar 5 aparelhos de 48.000 BTU/h cada um. Para 50 ocupantes, independente do número de lâmpadas acesas será necessário ligar 6 aparelhos de 48.000 BTU/h cada um. Para 84 ocupantes independente do número de lâmpadas acesas será necessário ligar 7 aparelhos de 48.000 BTU/h.

A Tabela 20 mostra as considerações feitas e a carga térmica para o horário das 10h, para 10, 20, 50 e 84 ocupantes com 10, 15, 20 e 25 lâmpadas acesas.

Tabela 20 – Carga térmica para as 10 h

Considerações		Carga térmica total	Unidade
10 pessoas	25 lâmpadas	187525,88	BTU/h
10 pessoas	20 lâmpadas	187015,16	BTU/h
10 pessoas	15 lâmpadas	186504,44	BTU/h
10 pessoas	10 lâmpadas	185993,72	BTU/h
20 pessoas	25 lâmpadas	205401,12	BTU/h
20 pessoas	20 lâmpadas	204890,40	BTU/h
20 pessoas	15 lâmpadas	204379,68	BTU/h
20 pessoas	10 lâmpadas	203868,96	BTU/h
50 pessoas	25 lâmpadas	259027,05	BTU/h
50 pessoas	20 lâmpadas	258516,32	BTU/h
50 pessoas	15 lâmpadas	258005,60	BTU/h
50 pessoas	10 lâmpadas	257494,88	BTU/h
84 pessoas	25 lâmpadas	319802,67	BTU/h
84 pessoas	20 lâmpadas	319291,95	BTU/h
84 pessoas	15 lâmpadas	318781,23	BTU/h
84 pessoas	10 lâmpadas	318270,51	BTU/h

Fonte: Autoria própria, 2019

Para o horário de 10h, considerando 10 ocupantes, independente do número de lâmpadas acesas será necessário ligar 4 aparelhos de 48.000 BTU/h cada um. Para 20 ocupantes, independente do número de lâmpadas acesas será necessário ligar 5 aparelhos de 48.000 BTU/h cada um. Para 50 ocupantes, independente do número de lâmpadas acesas será necessário ligar 6 aparelhos de 48.000 BTU/h cada um. Para 84 ocupantes independente do número de lâmpadas acesas será necessário ligar 7 aparelhos de 48.000 BTU/h.

A Tabela 21 mostra as considerações feitas e a carga térmica para o horário das 12h, para 10, 20, 50 e 84 ocupantes com 10, 15, 20 e 25 lâmpadas acesas.

Tabela 21 – Carga térmica para as 12h

Considerações		Carga térmica total	Unidade
10 pessoas	25 lâmpadas	205521,54	BTU/h
10 pessoas	20 lâmpadas	205010,82	BTU/h
10 pessoas	15 lâmpadas	204500,10	BTU/h
10 pessoas	10 lâmpadas	203989,38	BTU/h
20 pessoas	25 lâmpadas	223396,79	BTU/h
20 pessoas	20 lâmpadas	222886,07	BTU/h
20 pessoas	15 lâmpadas	222375,34	BTU/h
20 pessoas	10 lâmpadas	221864,62	BTU/h
50 pessoas	25 lâmpadas	277022,71	BTU/h
50 pessoas	20 lâmpadas	276511,99	BTU/h
50 pessoas	15 lâmpadas	276001,27	BTU/h
50 pessoas	10 lâmpadas	275490,55	BTU/h
84 pessoas	25 lâmpadas	337798,34	BTU/h
84 pessoas	20 lâmpadas	337287,61	BTU/h
84 pessoas	15 lâmpadas	336776,89	BTU/h
84 pessoas	10 lâmpadas	336266,17	BTU/h

Fonte: Autoria própria, 2019

Para o horário de 12h, considerando 10 ocupantes, independente do número de lâmpadas acesas será necessário ligar 5 aparelhos de 48.000 BTU/h cada um. Para 20 ocupantes, independente do número de lâmpadas acesas será necessário ligar 5 aparelhos de 48.000 BTU/h cada um. Para 50 ocupantes, independente do número de lâmpadas acesas será necessário ligar 6 aparelhos de 48.000 BTU/h cada um. Para 84 ocupantes independente do número de lâmpadas acesas será necessário ligar 8 aparelhos de 48.000 BTU/h.

A Tabela 22 mostra as considerações feitas e a carga térmica para o horário das 15h, para 10, 20, 50 e 84 ocupantes com 10, 15, 20 e 25 lâmpadas acesas.

Tabela 22 – Carga térmica para as 15h

Considerações		Carga térmica total	Unidade
10 pessoas	25 lâmpadas	236589,41	BTU/h
10 pessoas	20 lâmpadas	236078,69	BTU/h
10 pessoas	15 lâmpadas	235567,97	BTU/h
10 pessoas	10 lâmpadas	235057,24	BTU/h
20 pessoas	25 lâmpadas	254464,65	BTU/h
20 pessoas	20 lâmpadas	253953,93	BTU/h
20 pessoas	15 lâmpadas	253443,21	BTU/h
20 pessoas	10 lâmpadas	252932,49	BTU/h
50 pessoas	25 lâmpadas	308090,57	BTU/h
50 pessoas	20 lâmpadas	307579,85	BTU/h
50 pessoas	15 lâmpadas	307069,13	BTU/h
50 pessoas	10 lâmpadas	306558,41	BTU/h
84 pessoas	25 lâmpadas	368866,20	BTU/h
84 pessoas	20 lâmpadas	368355,48	BTU/h
84 pessoas	15 lâmpadas	367844,76	BTU/h
84 pessoas	10 lâmpadas	367334,04	BTU/h

Fonte: Autoria própria, 2019

Para o horário de 15h, considerando 10 ocupantes, independente do número de lâmpadas acesas será necessário ligar 5 aparelhos de 48.000 BTU/h cada um. Para 20 ocupantes, independente do número de lâmpadas acesas será necessário ligar 6 aparelhos de 48.000 BTU/h cada um. Para 50 ocupantes, independente do número de lâmpadas acesas será necessário ligar 7 aparelhos de 48.000 BTU/h cada um. Para 84 ocupantes independente do número de lâmpadas acesas será necessário ligar 8 aparelhos de 48.000 BTU/h.

A carga térmica devido a iluminação se mostrou ser a menos influente no valor total. Ao longo do dia apenas algumas lâmpadas estavam acesas, feita essa consideração para 5 lâmpadas acesas a carga térmica é de 128,97 Kcal/h o que representa 0,14% do valor total, para 10 lâmpadas 257,94 Kcal/h o que representa 0,28% do valor total, para 15 lâmpadas 386,91

Kcal/h o que representa 0,42% do valor total, para 20 lâmpadas 515,88 Kcal/h o que representa 0,55% do valor total, para 25 lâmpadas 644,85 Kcal/h o que representa 0,70% do valor total.

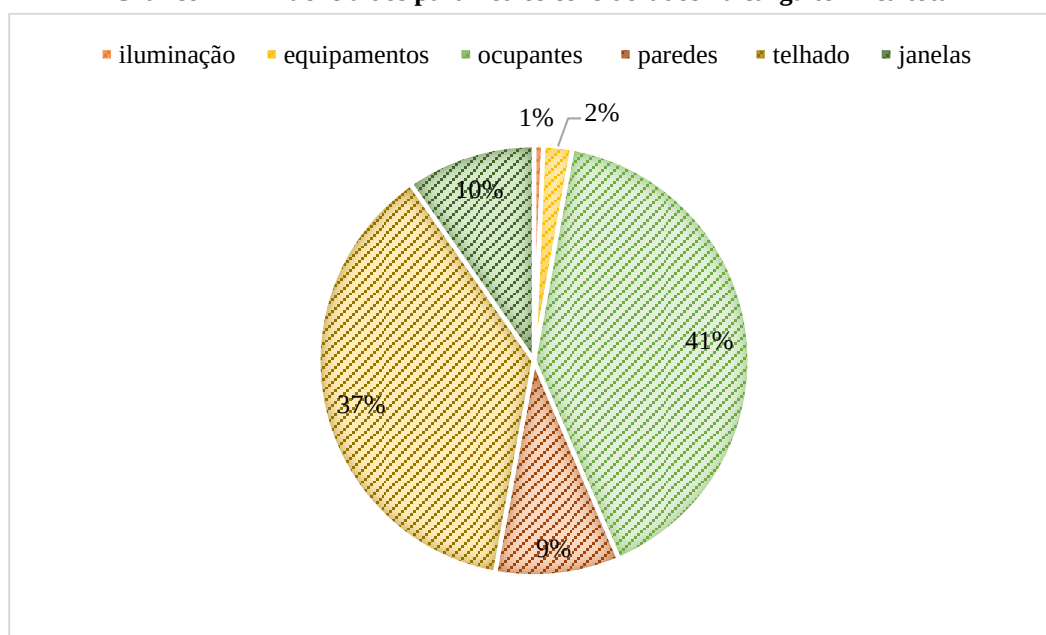
A carga térmica devido aos equipamentos elétricos foi igual a 2007,63 Kcal/h, o que representa 2,16% da carga total.

A carga térmica devido aos ocupantes variava ao longo do dia, feita essa consideração para 10 pessoas a carga térmica é de 4.513,95 Kcal/h o que representa 4,8% do valor total. Para 20 pessoas a carga térmica é de 9.027,9 Kcal/h o que representa 9,7% do valor total. Para 50 pessoas a carga térmica é de 22.596,8 Kcal/h o que representa 24% do valor total. Para 84 pessoas a carga térmica é de 37.917,2 Kcal/h o que representa 40,7% do valor total.

A carga térmica de condução e insolação das paredes é 8.702,54 Kcal/h, o que representa 9,34% do valor total. A carga térmica de condução e insolação do telhado é de 34.839,35 Kcal/h, o que representa 37,4% do valor total. A carga térmica de condução e insolação das janelas é 9.036,56 Kcal/h o que representa 9,7% do valor total.

O Gráfico 7 mostra a influência de cada variável da carga térmica total.

Gráfico 7 – Influência dos parâmetros considerados na carga térmica total



Fonte: Autoria própria, 2019

A partir da análise do Gráfico 7 é possível perceber que a carga térmica devido às pessoas é a mais influente, cerca de 41% do valor total. A carga térmica do telhado é cerca de 37% do valor total. A carga térmica das paredes é cerca de 9% do valor total. A carga térmica das janelas é cerca de 10% do valor total. A carga térmica dos equipamentos elétricos é cerca de 2% do valor total. A carga térmica de iluminação é a menos influente no valor total, cerca de 1%.

Como sugestão para a manutenção dos condicionadores de ar deve ser feito mensalmente a limpeza externa (evaporador e condensador), lavagem dos filtros de ar. A cada trimestre, o reaperto das conexões elétricas no evaporador e condensador, limpeza das bandejas de condensação e desobstrução de dreno. A cada semestre deve ser feita a aplicação de anti-corrosivo e pintura de acabamento, limpeza da serpentina do evaporador e condensador e verificação de aquecimento em fiação elétrica.

5 CONCLUSÃO

A carga térmica devido a iluminação se mostrou ser a menos influente no valor total. Ao longo do dia apenas algumas lâmpadas estavam acesas, feita essa consideração para 5 lâmpadas acesas a carga térmica representa 0,14% do valor total, para 10 lâmpadas a carga térmica representa 0,28% do valor total, para 15 lâmpadas a carga térmica representa 0,42% do valor total, para 20 lâmpadas a carga térmica representa 0,55% do valor total, para 25 lâmpadas a carga térmica representa 0,70% do valor total.

A carga térmica devido aos equipamentos elétricos representa 2,16% da carga total.

A carga térmica devido aos ocupantes variava ao longo do dia, feita essa consideração para 10 pessoas a carga térmica representa 4,8% do valor total. Para 20 pessoas a carga térmica representa 9,7% do valor total. Para 50 pessoas a carga térmica representa 24% do valor total. Para 84 pessoas a carga térmica representa 40,7% do valor total, se mostrando ser a mais influente.

A carga térmica de condução e insolação das paredes representa 9,34% do valor total. A carga térmica de condução e insolação do telhado representa 37,4% do valor total. A carga térmica de condução e insolação das janelas representa 9,7% do valor total.

A carga térmica total para o ambiente é de 93.148,11 Kcal/h para a situação mais crítica analisada, ou seja, no horário em que havia a ocupação máxima, todas as lâmpadas acesas e maior carga devido à condução e insolação para paredes, telhados e janelas. Dessa forma são necessários 8 aparelhos com capacidade de 48.000 BTU/h cada um.

Como sugestão para trabalhos futuros: medir a temperatura do local onde está a academia; fazer uma análise do modelo de condicionador de ar mais adequado; elaborar um plano de manutenção para os aparelhos.

REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING. **ASHRAE Handbook 2017: Fundamentals**. Atlanta: ASHRAE, 2017.

AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING. **ASHRAE Standard: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy**. Atlanta: ASHRAE, 2010.

Ar-condicionado residencial – ABRAVA. Disponível em: <<http://abrava.com.br/departamentos-nacionais/dn-ar-condicionado-residencial/>> Acesso em fev.2019

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13971: Sistemas de refrigeração, condicionamento de ar, ventilação e aquecimento – Manutenção programada**. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16555: Instalação de sistemas residenciais de ar-condicionado – Split e compacto**. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220: Desempenho térmico de edificações**. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16401: Instalações de ar-condicionado**. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

CASTRO, José de. **Refrigeração comercial e climatização industrial**. São Paulo: Leopardo, 2010.

ÇENGEL, Yunus; BOLES, Michael. **Termodinâmica**. 7. ed. Porto Alegre: Mc Graw Hill, 2013.

CREDER, H. **Instalações de ar condicionado**. Tradução. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2004.

FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos. **Manual de Conforto Térmico**. 7. ed. São Paulo: Studio Nobel, 2003.

MILLER, Rex; MILLER, Mark. **Ar condicionado e refrigeração**. São Paulo: Ltc, 2014

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Constituição (1988). Portaria nº 3523, de 28 de agosto de 1988. Brasília.

Normativos CONFEA. Disponível em: <<http://normativos.confea.org.br/ementas/visualiza.asp?idEmenta=266>> Acesso em fev. 2019

PMOC – Plano de manutenção, operação e controle. Disponível em: <<http://abrava.com.br/abrava-cria-canal-de-comunicacao-para-duvidas-sobre-o-pmoc/>> Acesso em fev. 2019.

RUAS, Álvaro César. **Conforto térmico nos ambientes de trabalho**. Campinas: Fundacentro, 1999.

SILVA, Jesue Graciliano da. **Introdução a tecnologia da refrigeração e climatização**. 2. ed. São Paulo: Artliber, 2010.

STOECKER, Wilbert; JONES, Jerold. **Refrigeração e Ar condicionado**. São Paulo: Mc Graw Hill, 1985.

Válvula. Disponível em: < <https://www.polipartes.com.br/valvula-servico-5-8-ar-condicionado-split-springer-38xcb-xcd-18-22-30-36k-07404040/p> > Acesso em fev. 2019.

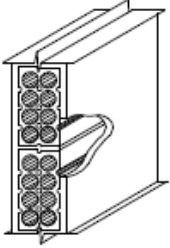
Evaporador. Disponível em: < <https://www.polipartes.com.br/evaporador-ar-consicionado-janela-consul-326030595-326030595/p> > Acesso em fev. 2019.

Condicionador de ar. Disponível em: < <https://loja.consul.com.br/condicionador-de-ar-consul-7500-btu-h-frio-eletronico-ccn07db/p> > Acesso em fev. 2019

Self-Contained. Disponível em: < <http://www.carrierdobrasil.com.br/materiais-apoio> > Acesso em fev. 2019

Tipos de ar. Disponível em: < <https://www.frigelar.com.br/tipos-de-ar> > Acesso em fev. 2019.

ANEXO A – Coeficiente global de transmissão de calor para a parede

Parede	Descrição	U [W/(m ² .K)]	C _T [kJ/(m ² .K)]	φ [horas]
	Parede de tijolos de 8 furos circulares, assentados na menor dimensão Dimensões do tijolo: 10,0x20,0x20,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 15,0 cm	2,24	167	3,7

ANEXO B – Fração da variação média diária da temperatura

hora	f	hora	f	hora	f
01	0,87	09	0,71	17	0,10
02	0,92	10	0,56	18	0,21
03	0,96	11	0,39	19	0,34
04	0,99	12	0,23	20	0,47
05	1,00	13	0,11	21	0,58
06	0,98	14	0,03	22	0,68
07	0,93	15	0,00	23	0,76
08	0,84	16	0,03	24	0,82

ANEXO C – Acréscimo do diferencial de temperatura para paredes e telhado

<i>Superfície</i>	<i>Cor Escura</i>		<i>Cor Média</i>		<i>Cor Clara</i>	
	<i>°F</i>	<i>°C</i>	<i>°F</i>	<i>°C</i>	<i>°F</i>	<i>°C</i>
Telhado	45	25,0	30	16,6	15	8,3
Parede E ou O	30	16,6	20	11,1	10	5,5
Parede N	15	8,3	10	5,5	5	2,7
Parede S	0	0	0	0	0	0

ANEXO D – Coeficiente global de transmissão de calor para o telhado

	Cobertura de telha de fibro-cimento sem forro Espessura da telha: 0,7 cm	4,60	11	0,2
---	--	------	----	-----

ANEXO E – Coeficiente global de transmissão de calor para janelas

Tabela 3.3 Coeficientes Globais de Transmissão de Calor U em $\text{kcal/h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ para Janelas e Paredes

<i>Elementos</i>	<i>U em $\text{kcal/h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$</i>
a) Janelas	
– Janelas de vidros comuns (simples)	5,18
– Janelas de vidros duplos	3,13
– Janelas de vidros triplos	1,66

ANEXO F – Coeficiente global de transmissão de calor

22° 54' Latitude Sul		kcal/h · m² (Fator Solar) de Áreas de Vidro													Valores Máximos em Cada Orientação entre Setembro e Março	
Verão		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
Hora Local																
Dia do Ano	Face do Prédio														kcal/h · m²	W/m²
22 DEZEMBRO	S	87	98	68	54	49	43	41	43	49	54	65	98	87	98	113,5
	SE	260	421	388	290	190	73	41	38	38	38	38	27	11	420	488,8
	E	263	440	475	426	277	122	38	38	38	38	38	27	11	474	551,8
	NE	95	193	222	214	157	84	43	38	38	38	38	27	11	222	358,6
	N	11	27	33	38	41	49	49	49	41	38	38	27	11	49	56,7
	NO	11	27	33	38	38	38	43	84	157	214	217	193	95	217	352,2
	O	11	27	33	38	38	38	38	122	277	426	434	440	263	440	510,8
	SO	11	27	33	38	38	38	41	73	190	290	364	421	260	420	488,8
	CLARABÓIA	41	176	361	515	629	684	738	412	629	515	429	176	41	740	857,8
21 JANEIRO 21 NOVEMBRO	S	60	65	49	41	41	38	38	38	41	41	43	65	60	65	75,6
	SE	228	383	372	279	160	65	38	38	38	35	35	24	11	384	444,6
	E	244	442	480	431	296	130	38	38	38	35	35	24	11	480	558,2
	NE	100	214	260	250	193	109	49	38	38	35	35	24	11	245	302,7
	N	11	24	33	38	46	54	57	54	46	38	35	24	11	57	66,2
	NO	11	24	33	35	38	38	38	109	193	250	247	214	100	250	290,1
	O	11	24	33	35	38	38	38	130	296	431	440	442	244	443	514,0
	SO	11	24	33	35	38	38	38	65	160	279	334	383	228	384	444,6
	CLARABÓIA	30	171	347	515	624	692	733	692	624	515	407	171	30	734	851,4
20 FEVEREIRO 23 OUTUBRO	S	16	24	30	35	38	38	38	38	38	35	35	24	16	38	44,1
	SE	141	342	307	214	103	43	38	38	38	35	35	22	5	342	397,3
	E	168	415	488	440	285	138	38	38	38	35	35	22	5	489	567,6
	NE	92	269	342	334	304	187	79	41	38	35	35	22	5	343	397,3
	N	5	22	33	52	84	106	114	106	84	52	38	22	5	114	132,4
	NO	5	22	30	35	38	41	79	187	304	334	331	269	92	334	387,9
	O	5	22	30	35	38	38	38	152	285	440	448	415	168	448	520,3
	SO	5	22	30	35	38	38	38	43	103	214	269	342	168	342	397,3
	CLARABÓIA	16	138	320	472	597	662	692	662	597	472	372	138	16	691	804,1

ANEXO G – Potência dissipada de equipamentos

Equipamentos diversos	Potência máxima W	Dissipação recomendada W
Caixas registradoras	60	48
Máquinas de fax	15	10
Máquinas de café (10 xícaras)	1 500	1 050 sensível 450 latente
Máquinas de venda de bebidas refrigeradas	1 150 a 1 920	575 a 960
Máquinas de venda de salgadinhos	240 a 275	240 a 275
Bebedouros refrigerados	700	350

ANEXO H – Potência dissipada de equipamentos

Computadores	Uso contínuo W	Modo economizador W
Computadores		
Valor médio	55	20
Valor com fator de segurança	65	25
Valor com fator de segurança alto	75	30
Monitores		
Pequeno (13 pol. a 15 pol.)	55	0
Médio (16 pol. a 18 pol.)	70	0
Grande (19 pol. a 20 pol.)	80	0