

ANÁLISE DE CARGA TÉRMICA E MELHORIA NA EFICIÊNCIA TÉRMICA DE UMA RESIDÊNCIA DE ALTO PADRÃO

BALDASSO, Gabriel Luiz¹

Graduando em Engenharia de Energia – UFGD / Dourados - MS¹;
gabrielbaldasso@gmail.com¹;

RESUMO – O presente trabalho traz a análise de carga térmica de uma residência de alto padrão, atualmente em construção, no condomínio residencial, localizado em Dourados, Mato Grosso do Sul, visando um melhor dimensionamento e redução de custos para a instalação do sistema de condicionamento de ar. O estudo se utiliza da metodologia ASHRAE CLTD, *Cooling Load Temperature Difference*, recomendada para o dimensionamento de sistemas de ar condicionado de menor complexidade, de acordo com o capítulo 28 da ASHRAE 2001 Fundamentals Handbook.

Após a obtenção dos resultados relativos ao projeto original, foi formulada uma proposta de melhoria visando uma redução de custos tanto da obra quanto de consumo posterior. A proposta de melhoria incluiu a reduções dos custos e de potência dos equipamentos a serem instalados, redução do potencial instalado de microgeração fotovoltaica e dos custos operacionais do equipamento antes superdimensionado. Para isso foram propostas mudanças no aspecto construtivo do telhado e a utilização de vidros com menor absorção de calor, além da análise de viabilidade para a implementação das mudanças propostas.

Palavras-chave: ar condicionado; climatização; metodologia ASHRAE CLTD; eficiência energética.

ABSTRACT – The present study approaches the thermal load analysis of a high standard residence, currently in construction in the residential condominium, located in Dourados, Mato Grosso do Sul, the objective is to obtain a better dimensioning and reduction of costs for the installation of the air conditioning system. The study is based on the ASHRAE CLTD methodology, *Cooling Load Temperature Difference*, recommended for the design of simpler systems, according to the item 28 of the ASHRAE 2001 Fundamentals Handbook.

After obtaining the results from the original project, a proposal for improvement was formulated, aiming at a costs reduction regarding both equipment and later consumption expenses.

The proposal included cost cuts on HVAC equipment to be installed, reduction of the potential installation of solar energy and costs associated with oversized equipment. Therefore, changes were proposed in the constructive aspect of the roof and the use of glasses with lower heat absorption, besides the analysis of feasibility of implementing the proposed changes.

Keywords: cooling; air conditioning; ASHRAE CLTD methodology; energy efficiency.

1 INTRODUÇÃO

Com o passar dos anos, a arquitetura e engenharia de projetos residenciais e comerciais têm sofrido modificações, tendo em vista às mudanças de conceitos e o advento de novas tecnologias, que ocorreram principalmente a partir de 1990 (JANIS e TAO, 2005).

Originalmente, as construções tinham por finalidade garantir, ao ser humano, abrigo de agentes externos, tais como: chuva, vento, sol e poeira. Entretanto, cada vez mais as construções vem apresentando características que buscam melhorar a qualidade de vida dos seus ocupantes, visando melhorar a qualidade do ar, controle de umidade, automatização, sistemas de segurança anti-furtos, eficiência energética, conforto térmico, entre outros.

A busca pelo conforto térmico tem sido uma constante na vida do ser humano moderno e começou mesmo antes que esse termo tivesse sido cunhado, o que pode ser explicado em parte pelos efeitos negativos que o excesso de calor ou de frio causam no corpo humano, que podem ir além do desconforto. Altas temperaturas corporais estão associadas com hiperventilação e arritmias (DAVIES e MACONOCHIE, 2009). De maneira geral, as pessoas com maior risco de serem afetadas pelos males causados pela exposição prolongada à temperaturas altas ou baixas demais são àquelas que não conseguem regular sua temperatura corporal de forma eficiente, o que inclui idosos e portadores de doenças crônicas (BENMARHIA, DEGUEN, KAUFMAN et al, 2015). Visando atender tais necessidades, melhorias foram e ainda são desenvolvidas para propiciar lares e ambientes de trabalho com o máximo de conforto possível.

Todas essas melhorias só foram possíveis devido aos avanços obtidos no design de sistemas mecânicos, elétricos e digitais, que abriram um leque de

possibilidades para grandes variedades de inovações nos projetos. Contudo, tudo isso não é possível sem algumas penalidades. Sistemas mecânicos, hidráulicos e elétricos demandam considerável planejamento e espaço, requerem matérias primas cujos processos de obtenção e produção não são ecológicos, além de aumentarem consideravelmente os custos de construção (JANIS e TAO, 2005).

Essas novas tecnologias e inovações nos projetos requerem energia elétrica para operar, aumentando os custos de operação das construções. Assim, o uso alto e ineficiente das diversas formas de energia é um dos principais responsáveis pela deterioração do meio ambiente. Quando os sistemas mecânicos e elétricos são devidamente projetados para serem eficientes e ocuparem o menor espaço possível, acabam por terem os impactos ambientais, seus custos de instalação e manutenção reduzidos.

2 OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo prezar pelo conforto térmico de uma residência de alto padrão, em um condomínio residencial, localizado na cidade de Dourados, Mato Grosso do Sul, através da análise de carga térmica da residência e a consequente sugestão de modificações para melhorias no projeto, de modo a reduzir os tamanhos das unidades de condicionamento de ar e os consequentes custos de equipamentos, instalação, manutenção e, principalmente, operação.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 História do Ar condicionado

A busca pelo conforto térmico ocorre desde os primórdios da humanidade, embora apenas a partir do século XIX o homem tenha passado a controlar o processo.

Atualmente, os sistemas de condicionamento de ar fazem uso do mesmo ciclo de refrigeração proposto por Carrier, em 1902, um engenheiro recém formado na Universidade de Cornell, localizada no estado de Nova Iorque – EUA, que desenvolveu um sistema para controle de umidade em uma gráfica. Seu sistema consistia em fazer o ar passar por uma serpentina com água, reduzindo assim a temperatura do ambiente. Por volta de 1930, começou-se a fazer uso de refrigerantes como meio fluido para troca de calor, sistema que permanece até hoje, que é composto por um evaporador, compressor, condensador e válvula de expansão (CARRIER, 2018).

Nos Estados Unidos, com a queda nos preços dos condicionadores de ar de janela, na década de 50, ocorreu uma ampla expansão do mercado de condicionadores de ar, o que levou a problemas na questão energética, pois a carga variável no sistema aumentou consideravelmente. Finalmente, na década de 70, passou-se a implementar o uso de sistemas centrais de condicionamento de ar, até hoje muito utilizados (CARRIER, 2018).

Pouco se pensa, no Brasil, no dimensionamento correto da carga térmica de um sistema de condicionamento de ar, principalmente levando em consideração a falta de mão de obra qualificada.

Garantir a instalação de um sistema de ar condicionado com o dimensionamento correto é crucial para que o conforto térmico seja assegurado. A adequação do sistema de condicionamento de ar ao ambiente também se traduz em economia, tanto de energia, já que equipamentos potentes demais ou de menos podem desperdiçar energia elétrica, quanto com o próprio equipamento a ser utilizado, fator que não pode ser ignorado na economia atual.

Outro aspecto importante é a utilização de isolamento durante a execução dos projetos de climatização. Um isolamento térmico bem projetado é uma das formas mais baratas de atingir

uma melhor performance energética. Isolamento não requer manutenção e dura tanto quanto a estrutura a qual serve. Análises energéticas podem definir o nível econômico ótimo para a implementação de isolamento térmico em qualquer tipo de clima, embora tais níveis ótimos tenham que ser comumente adequados às dimensões da construção (JANIS e TAO, 2005).

3.2 Funcionamento do Ar condicionado

3.2.1 Ciclo de refrigeração

O ar condicionado funciona através da exploração das propriedades físicas dos gases, a Lei Gay-Lussac, que afirma que, em um recipiente fechado, neste caso o ciclo de refrigeração do ar condicionado, demonstrado na Figura 1, se a temperatura de um gás aumenta, a pressão do gás também aumenta e se a pressão de um gás aumenta, a temperatura do gás também aumenta.

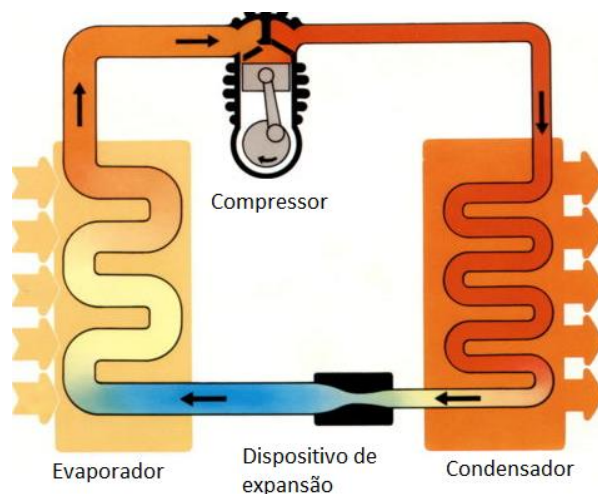


Figura 1 – Ciclo de refrigeração (Fonte:USP, 2018)

Seu funcionamento é através da utilização de um fluido refrigerante em movimento através de quatro etapas em um circuito fechado, que são, respectivamente, Compressão, Condensação, Expansão e Evaporação.

O refrigerante gasoso de baixa pressão se move através de um compressor e sai como um gás de alta

pressão, sendo essa etapa denominada Compressão.

A Condensação acontece quando o refrigerante gasoso de alta pressão então flui para um condensador, que o condensa em um líquido. Isso libera seu calor para o ambiente.

O refrigerante de alta pressão passa então por uma válvula de expansão térmica. Como a válvula de expansão limita a taxa de fluxo do refrigerante, o refrigerante sofre uma queda de pressão quando sai da válvula de expansão. O refrigerante esfria ainda mais e está na sua temperatura mais baixa neste momento. Essa etapa é conhecida como Expansão.

Por fim, a Evaporação é quando o líquido refrigerante então flui para um evaporador, onde o calor, do ambiente a ser resfriado, é absorvido. Isso esfria o local e ao mesmo tempo muda de um líquido de baixa pressão para um gás de baixa pressão.

O ciclo se repete indefinidamente e reinicia quando o gás de baixa pressão entra no compressor.

3.2.2 Modelos de ar condicionado

Existem dois tipos de sistemas de ar condicionado: expansão direta (DX) e o expansão indireta. No sistema DX, o ar usado para resfriar o ambiente interno passa diretamente pela serpentina de resfriamento do sistema de ar condicionado. No caso do sistema de água gelada, o sistema de refrigeração é usado para primeiro resfriar a água, que é então usada para resfriar o ar usado para resfriar os ambientes (JANIS e TAO, 2005).

Os modelos de ar condicionado que fazem uso de refrigerantes na serpentina são conhecidos como sistemas de expansão direta. Geralmente, esses sistemas são utilizados para pequenas instalações e possuem um custo inicial mais baixo, porém, no longo prazo, tendem a ter um alto custo associado a seu funcionamento. Os principais modelos

conhecidos são: Janela, Split, Multi Split e central.

Para grandes instalações, é recomendável a instalação de sistemas de expansão indireta, que possuem um custo alto de instalação, porém um custo baixo de operação. O sistema mais conhecido de expansão indireta é o chiller. Porém, o sistema mais eficiente de todos é o sistema de expansão direta com compressor centrífugo associado a um sistema de resfriamento de água (JANIS e TAO, 2005).

3.2.2.1 Janela

O ar condicionado de janela foi concebido para atender apenas um ambiente e pode ser uma opção de fácil de instalação e baixa manutenção. É um Sistema que possui todos os componentes do ciclo de refrigeração em apenas um bloco.

3.2.2.2 Split

Um ar condicionado split consiste em duas partes principais: a unidade externa e a unidade interna. A unidade externa é instalada na parede fora do ambiente que você deseja esfriar. A unidade aloja o compressor, a serpentina do condensador e a serpentina de expansão ou o tubo capilar. A unidade interna contém a serpentina de resfriamento, uma ventoinha e um filtro de ar. Atualmente, é o sistema de ar condicionado mais utilizado em residências e pequenos comércios.

3.2.2.3 Split Inverter

Possui o mesmo princípio de funcionamento do split, porém com a tecnologia *inverter*, que consiste em um inversor que é usado para controlar a velocidade do motor do compressor, de modo a regular continuamente a temperatura.

As unidades com tecnologia *inverter* podem ser mais caras do que o ar-

condicionado de velocidade constante, mas isso é compensado por contas de energia elétrica mais baixas. O tempo de retorno é de aproximadamente dois anos, dependendo do uso.

3.2.2.4 Multi-Split

O sistema multi split é idêntico ao sistema split *inverter*, porém com uma unidade externa atendendo várias unidades internas, conforme Figura 2. Dessa forma, possibilita a redução de custos de instalação e necessita de menor espaço, porém necessita de maior planejamento para que possa ser instalado.



Figura 2 – Sistema de ar condicionado multi-split (Fonte: Frigelar, 2018)

3.2.2.5 Central de condicionamento de ar

O ar condicionado central é um sistema mecânico no qual o ar é resfriado em um único local e distribuído para os ambientes por um ou mais ventiladores e dutos. Geralmente, esse sistema é um sistema split de grande escala, com uma unidade externa contendo o condensador e o compressor e a unidade interna contendo o evaporador junto de um ventilador, responsável por distribuir o ar resfriado para o Sistema de tubulação.

3.2.2.6 Chiller

Na maioria das aplicações de condicionamento de ar, um sistema de bombeamento circula água fria ou uma solução de água com glicol do chiller para

o processo. Este fluido frio remove o calor do ambiente a ser resfriado e o fluido quente retorna ao chiller. O fluido do processo é o meio pelo qual o calor é transferido do processo para o chiller.

Existem dois tipos de condensadores usados nos chillers: refrigerado a ar e refrigerado a água. Um condensador refrigerado a ar usa ar ambiente para resfriar e condensar o gás refrigerante quente de volta a um líquido. Ela pode estar localizada dentro do chiller ou pode estar localizada remotamente do lado de fora, mas acaba rejeitando o calor do chiller para o ar. Em um condensador resfriado a água, a água de uma torre de resfriamento esfria e condensa o refrigerante (JANIS e TAO, 2005).

3.3 Carga Térmica de Ar Condicionado

Como discutido anteriormente, hoje buscamos condições de temperatura e umidade agradáveis nos ambientes de trabalho ou residência, para tanto, é necessário que uma determinada carga térmica seja retirada ou colocada no ambiente (CREDER, 2004).

Existem dois fatores que, somados formam a carga térmica total de um ambiente, o calor sensível e o calor latente. O calor sensível se refere a variação de temperatura, o calor latente está relacionado à mudança de fase, portanto afeta a umidade do ambiente. Nota-se que, em geral, as fontes de calor que formam a carga térmica liberam apenas calor sensível. Dessa forma o calor latente é liberado pelas pessoas, alguns equipamentos específicos e paredes com característica permeável (PIRANI, 2004).

Também é possível classificar a carga térmica de uma edificação de acordo com sua origem. Segundo Pena (2002), consideramos cargas externas a insolação nas janelas, a diferença de temperatura exterior/interior e o insuflamento de ar de origem exterior. As cargas internas englobam pessoas, equipamentos em geral, iluminação e gradiente de temperatura entre superfícies internas. Sendo assim, o

cálculo da carga térmica depende da localização da edificação, orientação, materiais utilizados e da ventilação ou infiltração (BURDICK, 2011).

Além disso, é importante ressaltar a importância do cálculo adequado da carga térmica, visto que o dimensionamento inadequado do sistema de ar condicionado pode resultar em resultados pouco satisfatórios.

3.3.1 Localização

A localização da edificação é descrita pela sua latitude e elevação. Dessa localização são provenientes os valores para o design exterior, como elevação da área, latitude, carga térmica de ar condicionado no verão em temperatura de bulbo seco e umidade relativa do ar. Um sistema dimensionado corretamente deverá funcionar em sua máxima capacidade, nas condições de projeto e, proporcionalmente menos em situações que não sejam críticas (BURDICK, 2011).

Projetar um sistema usando o pico de calor baseado em condições extremas de temperatura que ocorrem durante pouquíssimos dias ao ano, como as do dia mais quente registrado na região, por exemplo, resultará em um sistema superdimensionado. Sistemas superdimensionados em climas úmidos podem não funcionar por tempo suficiente para retirar a umidade do ar e atingir a zona de conforto (BURDICK, 2011).

3.3.2 Orientação

A orientação da casa deve ser considerada no cálculo da carga térmica devido as mudanças de ganho de calor através do sol durante diferentes períodos do dia. Norte, Nordeste, Leste, Sudoeste, Sul e Sudeste são orientações tipicamente utilizadas na construção civil. A orientação de uma edificação pode afetar o ganho de calor sensível da mesma, dependendo também da relação entre janelas e paredes opacas (BURDICK, 2011).

3.3.3 Materiais

Os materiais utilizados na construção são componentes críticos para o cálculo da carga térmica. A resistência térmica das paredes, telhado e dos componentes da fundação da construção podem ser apropriadamente calculados usando os níveis de insulação especificados. A performance das janelas, descrita pela taxa de transmitância do material utilizado e pelo GLF (*Glass Load Factor*), deve ser conhecida e precisamente representada na análise dos dados.

3.3.4 Ventilação e Infiltração

A ventilação e a infiltração trazem o ar de fora para dentro do ambiente climatizado, impactando a carga térmica de ar condicionado. A ventilação e a infiltração devem ser precisamente representada nos dados coletados para o cálculo da carga térmica.

O Cálculo correto da carga térmica impacta diretamente na eficiência energética, conforto térmico, qualidade de ar interna, na vida útil da edificação e dos equipamentos (BURDICK, 2011). A carga térmica de ar condicionado é a medida da energia que precisa ser removida do ambiente pelo sistema de condicionamento de ar para a obtenção do nível desejado de conforto em um ambiente. O dimensionamento correto desse sistema começa com o entendimento preciso da carga térmica de ar condicionado do ambiente em questão. Os valores determinados pelo cálculo de carga de térmica de refrigeração vão ditar a escolha do equipamento ideal. Tais cálculos terão um impacto direto nos custos de construção, operação e eficiência energética do projeto (JANIS e TAO, 2005) .

3.3.5 Dimensionamento incorreto

O superdimensionamento do sistema de condicionamento de ar é

desfavorável ao uso da energia, ao conforto térmico, a qualidade do ar no espaço interno e a durabilidade do equipamento, além de aumentar os custos de instalação do mesmo (BURDICK, 2011). Todos esses impactos negativos resultam do fato de que esses equipamento são “*short cycling*”, ou seja, eles se desativam automaticamente depois que a temperatura programada for atingida e se ativam quando ela mudar. Para atingir o máximo de eficiência e efetividade operacional, um sistema de refrigeração deve funcionar durante o maior tempo possível para atingir a carga térmica. Um sistema superdimensionado terá custos iniciais e operacionais maiores. As frequentes ativações e desativações podem também levar ao mau funcionamento do equipamento de maneira precoce. Além disso, um sistema superdimensionado pode afetar o conforto dos ocupantes do ambiente, criando oscilações de temperatura e falhando no controle de umidade, por não permanecem ligados tempo o suficiente para retirar a quantidade adequada de umidade do ar (BURDICK, 2011).

Da mesma forma, um sistema subdimensionado é igualmente ineficiente, embora de forma diferente, pois funciona de forma contínua, contudo sem conseguir manter a temperatura adequada e o conforto dos ocupantes do ambiente, especialmente em condições climáticas extremas. Dessa forma, formas suplementares de resfriamento podem ser necessárias, aumentando os custos.

3.4 Conforto Térmico

Quando as pessoas estão insatisfeitas com as condições térmicas do ambiente em que se encontram, temos possíveis riscos para a saúde e também para a capacidade de executarem tarefas apropriadamente. Uma definição de conforto térmico largamente aceita é

“Conforto térmico é a condição mental que expressa satisfação com o ambiente térmico” (ASHRAE, 2010).

Essa definição deixa aberto o que significa uma condição mental mas,

corretamente enfatiza que o julgamento de conforto é um processo cognitivo envolvendo diversas variáveis físicas, fisiológicas e psicológicas, entre outras.

A abrangência do conforto térmico é relativa, pois não pode ser expressa em graus e os critérios podem variar de pessoa para pessoa.

Em geral, o conforto ocorre quando as temperaturas corporais se mantêm em margens estreitas, a umidade da pele é baixa e o esforço fisiológico de regulação é minimizado. Surpreendentemente, mesmo considerando diferenças regionais globais de clima, condições de vida e culturas, as temperaturas consideradas confortáveis pelas pessoas tende a ser similar, isso em condições parecidas de vestuário, nível de atividade, umidade e movimento de ar (ASHRAE, 2001).

O conforto térmico é afetado por uma série de variáveis ambientais, tais como: Temperatura, Umidade, Velocidade do ar e Radiação.

Qualidade do ar interno é outro aspecto importante, pois no ar de boa qualidade existe quantidade suficiente de oxigênio e impurezas tais como pólen, poeira, fungos e odores são inexistentes.

3.4.1 Temperatura e umidade

Tanto temperatura quanto umidade afetam a sensação de conforto. Um projeto com temperatura interior de 24°C, com tolerância de 1,5°C de variação, conforme a Figura 3, é considerado termicamente confortável para a maioria das pessoas (ASHRAE, 2001).

A presença de umidade acima de 60% é considerada alta e, portanto, pode resultar em desconforto mas também em qualidade inferior do ar interno, devido ao crescimento de fungos. Pelo outro lado, umidade em valores inferiores a 30% podem resultar no ressecamento das vias respiratórias (JANIS e TAO, 2005).

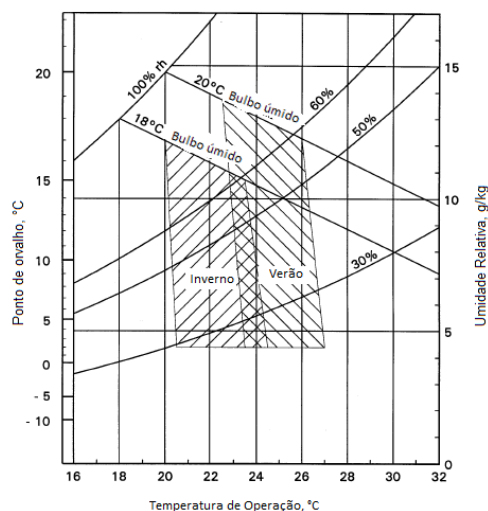


Figura 3 – Zona de conforto térmico (Fonte: Adaptado ASHRAE, 2001)

3.4.2 Velocidade do ar e radiação

Para evitar correntes de ar, e consequentemente sensação térmica bem inferior, é recomendável que o sistema seja projetado para fornecer uma velocidade do ar inferior a 0.3 metros por segundo, porém superior a 0.1 metros por segundo para não ocorrer a sensação de ambiente abafado. (JANIS e TAO, 2005)

Mesmo que a temperatura, umidade e velocidade do ar estejam dentro dos parâmetros aceitáveis, o ambiente pode apresentar desconforto devido ao efeito radiante das redondezas (paredes, equipamentos elétricos, outras pessoas, sol), portanto são necessárias medidas para minimizar tais efeitos.

3.5 Isolamento Térmico

Podemos dizer que um isolamento térmico são as formas utilizadas para limitar a transferência de calor entre um meio quente e um meio frio. Isolamento térmico é usado em muitas áreas, incluindo: construção civil, demonstrado na Figura 4 (mantendo uma temperatura de conforto dentro de um edifício, gastando o mínimo de energia), no isolamento de sistemas mecânicos da indústria, em sistemas de transporte (caminhões frigoríficos, trens, pintura automotiva, etc), eletrodomésticos (geladeira, freezer, bebedouros, entre

outros) e em objetos de nosso dia a dia (garrafas térmicas, caixas térmicas, roupas, etc).



Figura 4 – Imagem termográfica de uma residência com isolamento térmico (Fonte: Local Impact Design, 2018)

Uma troca de calor ocorre entre dois meios quando há uma diferença de temperatura e especialmente porque a diferença de temperatura não é desprezível. O calor é propagado do meio quente para o meio frio por meio de condução, radiação, convecção ou pela ação simultânea de um ou mais desses fenômenos.

O objetivo do isolamento térmico é reduzir ou mesmo eliminar as trocas de calor entre dois corpos de diferentes temperaturas. Pode ser para manter o calor presente dentro de uma casa ou mantê-lo frio em uma geladeira. Isto envolve a inserção de um material isolante entre o meio quente e o meio frio. Este material é denominado isolante térmico e pode ser desde uma simples camada de ar presente no espaço entre os dois ambientes ou pode ser um material com propriedades específicas para isso, tais como o isopor (presente em caixas térmicas) ou lã de vidro.

3.5.1 Construção civil

O isolamento de um edifício reduz a troca de calor entre o interior do edifício e o ambiente exterior, reduzindo assim a carga térmica de ar condicionado e, quando apropriado, de aquecimento. Este isolamento, conforme a Figura 5, deve ser pensado de acordo com as restrições climáticas do local em que o edifício está localizado. O isolamento térmico é um dos

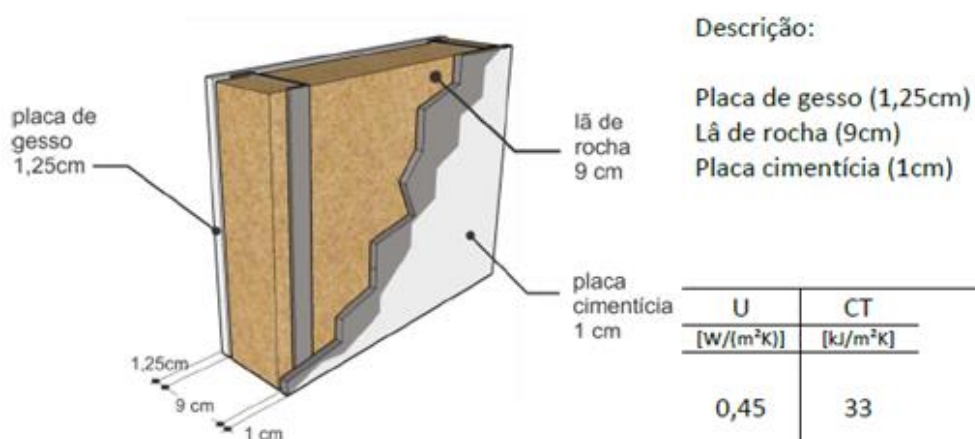


Figura 5 – Parede com isolamento térmico (Fonte: INMETRO, 2015)

princípios básicos da casa passiva, responsável por manter aquecido no inverno e fresca no verão. O isolamento aprimorado, reduz o consumo de energia e o consumo reduzido de energia significa, em sua maioria, emissões reduzidas de GEE (gases de efeito estufa). O combate ao desperdício de energia requer o isolamento térmico de edifícios (aquecidos ou refrigerados).

Os novos códigos de construção civil, nos Estados Unidos, preveem residências de alta performance, de maneira que as novas casas construídas sejam 50% mais eficientes que o padrão estabelecido pelo *International Energy Conservation Code* - IECC no ano de 2009. Assim, o Departamento de Energia do governo dos Estados Unidos acredita que a norma da ASHRAE 62.2 pode ser um fator preponderante no objetivo de reduzir os gastos com energia em 2,2 trilhões de dólares até 2025 (ASHRAE, 2016).

3.5.2 Vantagens e desvantagens

A primeira vantagem de um bom isolamento é a garantia de economizar até 50% em sua conta de energia elétrica (ASHRAE, 2016) ou uma redução do dimensionamento de sistemas de microgeração, além de um custo menor com os equipamentos. Dentre as vantagens secundárias, é importante

ressaltar o maior valor agregado ao prédio, melhor proteção contra incêndios, devido as propriedades anti-chamas dos materiais isolantes, melhor controle de umidade tanto de fontes internas quanto na impermeabilização de fontes externas e, por fim, uma melhora na acústica do local. (JANIS e TAO, 2005)

Dentre as desvantagens, podemos citar o maior custo inicial do empreendimento, a maior duração da execução da obra e a ausência de mão de obra qualificada.

4 METODOLOGIA DE CÁLCULO DA CARGA TÉRMICA DE AR CONDICIONADO

Para a obtenção da carga térmica de ar condicionado de uma residência unifamiliar, de acordo com a Figura 6, com paredes leste e oeste expostas, do tipo sobrado com telhado embutido e área útil superior a 140m², foi utilizada a metodologia CLTD (*Cooling Load Temperature Differences*) apresentada no capítulo 28 da ASHRAE 2001 *Fundamentals Handbook* e os dados dos materiais de construção foram retirados do Anexo V da portaria nº50/2013 do INMETRO e da NBR 15220.



Figura 6 – Projeção renderizada da residência em análise (Fonte: AGUIAR, 2018).

A residência em análise, cujo projeto executivo se encontra no Anexo A, é composta de seis cômodos climatizados com ar condicionado. Suas paredes são todas de alvenaria, com 15 centímetros de espessura, com exceção da parede sul da cozinha gourmet, com 25 centímetros de espessura. O telhado é de fibrocimento e a laje é de concreto com material isolante como preenchimento.

4.1 Localização e dados climáticos

O local do projeto se encontra na cidade de Dourados. Contudo, a NBR 16401 não possui a referida cidade em seu catálogo de dados climáticos. Assim, a estação mais próxima considerada foi a da cidade de Campo Grande – MS, conforme a Figura 7. A NBR 16401 estipula a frequência de ocorrência de 1% e 99% como sendo a adequada para projetos comerciais e residenciais.

MS	Campo Grande		Latitude	Longit.	Altitude	Pr.atm	Período
			20,47S	54,67W	556m	94,82	82/01
MêsQt	Freq. anual	Resfriamento e desumidificação				Baixa umidade	
Nov	0,4%	TBS	TBUc	TBU	TBSc	TPO	w
		35,8	22,6	26,2	31,7	24,9	21,4
ΔTmd	1%	34,8	22,8	25,7	31,1	24,2	20,5
10,4	2%	33,9	23,0	25,2	30,5	24,0	20,2

Figura 7 - Dados de projeto (Fonte: ABNT NBR 16401, 2008)

Onde:

TBS = Temperatura de Bulbo Seco (°C)

TBU = Temperatura de Bulbo Úmido (°C)

ΔTmd = é a amplitude térmica (°C)

w = é a umidade relativa em g de vapor por kg de ar seco

É possível verificar que a variação média de temperatura é de 10,4°C e a ocorrência de 1% ficou em 34,8°C. Portanto, o critério a ser seguido nas Tabelas 2 e 3 deverão estar dentro desses parâmetros.

4.2 Orientação e envoltória

O resultado da carga térmica de ar condicionado é diretamente atrelado e afetado pelo posicionamento da construção. A carga de pico em resposta à orientação pode sofrer grandes alterações entre a área envidraçada ser orientada para o sul, onde teria uma carga térmica menor, ou orientada para o leste/oeste, quando a exposição solar é significativamente mais alta. A orientação norte também produz cargas mais baixas do que as orientações leste ou oeste.

Também é importante frisar que a envoltória da construção pode influenciar consideravelmente no resultado, através da implementação de beirais, que reduziriam a radiação solar incidente sobre a fachada, ou através de materiais com melhor resistência térmica, reduzindo o fluxo de calor para o interior da construção.

4.3 Aspectos construtivos

De forma a obter o melhor dimensionamento, é preciso considerar diversos aspectos da residência e enquadrá-la em uma das três categorias (ASHRAE, 2001):

Vedado - Boa construção multifamiliar com portas, janelas e construção bem vedada. Casas novas impermeabilizadas, sem churrasqueiras, janelas bem ajustadas, portas, térrea e menos de 140 m² de área útil, se enquadram nesta categoria.

Moderado - Estruturas moderadas incluem casas novas de dois andares ou casas de um andar com mais de 10 anos de idade, média manutenção, área útil

superior a 140 m², janelas e portas razoavelmente ajustadas e uma churrasqueira com vedação. A construção multifamiliar abaixo da média se enquadra nessa categoria.

Frouxo - Estruturas frouxas são residências unifamiliares e multifamiliares mal construídas, com janelas e portas mal ajustadas. Exemplos incluem casas com mais de 20 anos, manutenção média, churrasqueira sem vedação ou muitos aparelhos que exigem exaustores.

4.4 Paredes, Telhados, portas e pisos

O dimensionamento da carga térmica de ar condicionado através de paredes (Figuras 8 e 9), portas, telhados e pisos é obtida através da metodologia CLTD (*Cooling Load Temperature Differences*) para ser utilizada no dimensionamento residencial, levando em consideração os ganhos decorrentes da radiação solar, condução e até mesmo o sombreamento da área em questão. É preciso levar em consideração a variação média da temperatura ao longo do dia, de maneira a realizar o correto dimensionamento (ASHRAE, 2001).

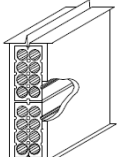
Parede	Descrição	U [W/(m ² .K)]
	Parede de tijolos de 8 furos circulares, assentados na menor dimensão Dimensões do tijolo: 10,0x20,0x20,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 15,0 cm	2,24

Figura 8 – Aspecto construtivo das paredes internas e externas da residência, com exceção da parede externa voltada para o sul (Fonte: ABNT NBR 15220, 2003)

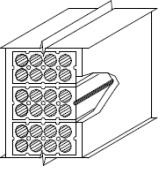
Parede	Descrição	U [W/(m ² .K)]
	Parede de tijolos de 8 furos circulares, assentados na maior dimensão Dimensões do tijolo: 10,0x20,0x20,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 25,0 cm	1,61

Figura 9 – Aspecto construtivo, da residência, parede externa voltada para o sul (Fonte: ABNT NBR 15220, 2003)

Essa metodologia envolve a multiplicação da área pela transmitância térmica pelo respectivo CLTD. Para o hemisfério sul, é feita a inversão dos valores na Tabela 2, sendo considerado para o sul os valores que estiverem para o norte e vice versa.

O cálculo da carga térmica decorrente das áreas de paredes, portas, telhados e pisos, é feito da seguinte maneira:

$$q = U \cdot A \cdot CLTD$$

Onde:

q = calor sensível (W)

U = coeficiente de transmitância térmica (W/m².K)

CLTD = *Cooling Load Temperature Difference* (K)

A = Área de paredes, portas ou telhado (m²)

4.5 Vidros

Para o dimensionamento da carga térmica de ar condicionado através de vidros, a ASHRAE desenvolveu a metodologia GLF (*Glass Load Factors*) para ser utilizada no dimensionamento residencial, levando em consideração os ganhos de decorrentes da radiação solar, condução e até mesmo o sombreamento, apresentados na Tabela 3.

Na aplicação desse método, a área de cada vidraçaria é multiplicada pelo GLF apropriado. Para o hemisfério norte, o vidro que estiver sombreado pode ser considerado equivalente ao norte e para o hemisfério sul, quando a orientação for para o norte, considera-se sul e vice versa. O cálculo da carga térmica decorrente das áreas com vidros é feito da seguinte maneira:

$$q = (GLF) \cdot A$$

Onde:

q = calor sensível (W)

GLF = *Glass Load Factor* (W/m²)

A = Área de vidros (m²)

4.6 Infiltração e Ventilação

Infiltração é o movimento de ar para o interior de uma construção de maneira não intencional, o qual possui um considerável impacto energético para os sistemas de condicionamento de ar, além dos problemas decorrentes de qualidade do ar por introduzir no ambiente partículas de poluição, alergênicas ou microrganismos. A infiltração ocorre devido à diferença de pressão entre o interior e o exterior de um ambiente e ocorre principalmente em portas e janelas, rachaduras, juntas e frestas. Para reduzir a ocorrência de infiltração, é necessário que a construção seja feita de forma a minimizar os vãos existentes (ASHRAE, 2001).

Sistemas de condicionamento de ar podem necessitar o insuflamento de ar, embora não seja obrigatório na maioria das instalações. No entanto, a ventilação de ar externo deve ser considerada toda vez que a infiltração esperada, conforme Tabela 1 for inferior a 0,5 Troca de Ar por Hora (*Air Exchange Rates*). O cálculo da infiltração é feito através da equação:

$$q = 1,2 \cdot Q \cdot \Delta T$$

Onde:

q = calor sensível (W)

Q = Vazão (L/s)

ΔT = Variação da Temperatura (K)

A vazão pode ser obtida através da seguinte equação:

$$Q = ACH \times \text{volume do ambiente} \times 1000/3600$$

Onde:

ACH = *Air Exchange Rates* (troca de ar por hora)

Tabela 1 - Troca de ar no verão (ACH) em função da tensão do ar (Fonte: Adaptado ASHRAE, 2001)

Trocas de ar no verão (ACH) em função da tensão do ar					
Classificação da construção	Temperatura externa de projeto, °C				
	29	32	35	38	41
Firme	0.33	0.34	0.35	0.36	0.38
Moderado	0.46	0.48	0.50	0.54	0.56
Frouxo	0.68	0.70	0.72	0.76	0.78

Obs. Valores para vento de 3.4 m/s (12 km/h) e temperatura interna de 24°C.

4.7 Ocupantes

Apesar da taxa de ocupação ser baixa, ainda é necessária para o dimensionamento de forma mais aproximada. Na metodologia CLTD da ASHRAE, o calor sensível por ocupante que não esteja realizando atividades é de 67W. Visando não superdimensionar, é recomendado não superestimar a quantidade de ocupantes, portanto, deve-se levar em consideração dois ocupantes para o primeiro quarto e um ocupante para cada quarto adicional. Assim, a carga térmica de ar condicionado proveniente dos ocupantes deve ser distribuída nas áreas de uso comum para a carga térmica de ar condicionado máxima (ASHRAE, 2001).

4.8 Equipamentos Elétricos

A maior parte dos equipamentos elétricos com alta carga térmica estão localizados na área de serviço e na cozinha. Com base em condições atuais de habitação, o calor sensível considerado pela ASHRAE é de 470W para essas áreas (ASHRAE, 2001). A NBR 5410 estipula um mínimo de 100W instalados em iluminação por cômodo, valor que foi considerado para todas as outras áreas. Vale ressaltar que equipamentos não convencionais, tais como computadores de alta performance, chapinhas, secadores de cabelo, entre outros, precisam ser levados em consideração de forma isolada e detalhada. (ABNT NBR 5410, 2004)

Tabela 2 – Valores CLTD para Residências Unifamiliares Avulsas (Fonte: Adaptado ASHRAE, 2001)

	Temperatura de projeto, °C											
	29		32			35			38		41	43
	L	M	L	M	H	L	M	H	M	H	M	H
Orientação												
Norte	4	2	7	4	2	10	7	4	10	7	10	13
NE e NO	8	5	11	8	5	13	11	8	13	11	13	16
Leste e Oeste	10	7	13	10	7	16	13	10	16	13	16	18
SE e SO	9	6	12	9	6	14	12	9	14	12	14	17
Sul	6	3	9	6	3	12	9	6	12	9	12	14
Telhado												
Sótão ou embutido	23	21	26	23	21	28	26	23	28	26	28	31
Pisos e tetos												
Sob espaço climatizado, sobre espaço não climatizado, ou sobre laje técnica	5	2	7	5	2	8	7	5	8	7	8	11
Partições												
Internas ou sombreadas	5	2	7	5	2	8	7	5	8	7	8	11

Tabela 3 – *Glass Load Factors* para vidros em residência unifamiliar avulsa (Fonte: Adaptado ASHRAE, 2001)

Temperatura de projeto, °C	Vidro comum						Duplo Vidro comum						Duplo vidro absorvente de calor						Triplo Vidro		
	29	32	35	38	41	43	29	32	35	38	41	43	29	32	35	38	41	43	29	32	35
Sem cortina																					
Norte	107	114	129	148	151	158	95	95	107	117	120	129	63	63	73	79	82	88	85	85	95
NE e NO	199	205	221	237	243	262	173	177	186	196	199	208	114	117	123	132	139	139	158	158	167
Leste e Oeste	278	284	300	315	322	337	243	246	255	265	268	278	161	161	170	177	186	186	221	221	230
SE e SO	249	255	271	287	290	309	218	221	230	240	243	252	142	145	155	161	170	170	196	199	205
Sul	167	173	189	205	211	227	145	148	158	167	170	180	98	98	107	114	123	123	132	132	142
Clarabóia	492	492	508	524	527	539	432	435	442	451	454	464	284	287	293	300	303	309	391	394	401
Cortinas e Venezianas, totalmente abaixadas																					
Norte	57	60	73	85	91	104	50	50	60	69	73	82	41	44	50	57	60	66	47	50	57
NE e NO	101	104	120	132	136	148	91	95	101	110	114	123	76	76	85	91	91	101	88	88	95
Leste e Oeste	142	145	158	170	173	186	126	129	139	145	148	158	104	104	114	120	120	129	123	123	129
SE e SO	126	129	145	155	161	173	114	117	123	132	136	145	91	95	101	107	110	117	110	114	120
Sul	85	88	104	117	120	132	76	79	88	98	98	107	63	66	73	79	82	88	73	76	82
Clarabóia	246	249	262	271	274	284	224	224	233	240	243	249	183	186	192	199	199	205	218	218	224
Cortinas Blackout, totalmente abaixadas																					
Norte	44	47	63	73	79	91	41	44	54	60	63	73	38	38	47	54	54	63	41	41	47
NE e NO	79	82	98	107	114	126	73	76	85	95	95	104	66	69	76	82	85	91	73	73	82
Leste e Oeste	107	114	126	139	142	155	101	104	114	120	123	132	91	95	101	107	110	117	101	101	110
SE e SO	98	101	114	126	132	145	91	95	104	110	114	123	82	85	91	98	101	107	91	91	98
Sul	66	69	85	95	101	114	63	63	73	82	85	95	57	60	66	73	76	82	69	63	60
Clarabóia	189	192	202	214	218	227	180	180	189	196	199	205	164	164	173	180	180	186	177	180	186

4.9 Calor Latente

O calor latente de refrigeração tem três fontes principais: ar externo, ocupação e fontes diversas, tais como banhos, secadores, exaustores, entre outros. Ele pode ser estimado em residências utilizando a equação de McQuiston (ASHRAE, 2001). Para uma construção de média densidade o Fator Latente é calculado pela seguinte equação:

$$LF = 0,58 + 42 w$$

Onde:

LF = *Latent Factor* – Fator de calor latente
w = Umidade de projeto de 1% (g de vapor por kg de ar seco)

Para a região de Dourados, com w de 20,5g/kg, temos o seguinte resultado:

$$LF = 0,58 + 42 * 0,0205 = 1.441$$

Portanto, o calor latente será equivalente a 44,1% do calor sensível.

5 RESULTADOS E SUGESTÕES DE MODIFICAÇÕES

5.1 Resultados

Utilizando o método CLTD descrito no capítulo 28 da *ASHRAE 2001 Fundamentals Handbook*, foi possível mensurar a carga térmica de cada ambiente e estabelecer pontos passíveis

de melhorias, demonstrados nas Tabelas 4 e 5, de forma a reduzir a carga térmica, o custo dos equipamentos a serem instalados e da redução de consumo de energia elétrica.

5.2 Modificações

Considerando que fazer alterações no desenho ou na estrutura, após a obra já ter sido iniciada, seria de difícil implementação, recomendações para melhorar a eficiência térmica, da residência em questão, foram centradas no telhado e nas portas e janelas de vidros, por serem os aspectos construtivos com maior facilidade de modificação e que respondem pelas maiores cargas térmicas de cada ambiente.

5.2.1 Portas e Janelas de vidros

Nos casos que mais se destacam, portas e janelas de vidros representam, aproximadamente, 29,5% e 47,8% da carga térmica de ar condicionado, para a Cozinha Gourmet e para a Sala, respectivamente. Assim, ficou explícito que se trata de um aspecto que pode ser melhorado através da implementação de melhorias simples, tais como a instalação de cortinas e/ou a opção por um vidro absorvente de calor. A implementação das duas medidas, resultaria numa redução de 21,6% para a carga térmica de ar condicionado da sala (de 47,8% para 26,2% do total) e uma redução de 12,8% (de 29,5% para apenas 16,7% do total) da carga térmica da Cozinha Gourmet.

Tabela 4 – Resultados da carga térmica de ar condicionado sensível do projeto (Fonte: Própria, 2018))

Cômodo	Paredes (W)	Portas (W)	Telhado (W)	Vidros (W)	Ocupantes (W)	Equipamentos (W)	Infiltração (W)	Total (W)	Vazão (L/s)
Sala	640,14	38,37	237,04	1273,88	268,00	100,00	106,43	2663,84	201,81
Cozinha-Gourmet	1443,83	53,71	1729,90	1773,75	268,00	470,00	269,50	6008,70	455,20
Suite Master	545,66	76,73	488,66	0,00	134,00	100,00	58,03	1403,08	106,29
Suite 2	933,27	30,69	796,38	450,00	67,00	100,00	100,65	2478,00	187,73
Suite 1	869,10	30,69	622,11	450,00	67,00	100,00	79,75	2218,65	168,08
Closet	733,35	30,69	616,23	0,00	134,00	100,00	77,11	1691,39	128,14
Total	5165,36	260,90	4490,31	3947,63	938,00	970,00	691,46	16463,65	1247,25
%	31,37%	1,58%	27,27%	23,98%	5,70%	5,89%	4,20%	100%	

Tabela 5 – Resultados da carga térmica sensível com as modificações propostas (Fonte: Própria, 2018))

Cômodo	Paredes (W)	Portas (W)	Telhado (W)	Vidros (W)	Ocupantes (W)	Equipamentos (W)	Infiltração (W)	Total (W)	Vazão (L/s)
Sala	640,14	38,37	237,04	493,75	268,00	100,00	106,43	1883,72	142,71
Cozinha-Gourmet	1443,83	53,71	918,70	687,50	268,00	470,00	269,50	4111,25	311,46
Suite Master	545,66	76,73	274,65	0,00	134,00	100,00	58,03	1189,07	90,08
Suite 2	933,27	30,69	455,68	171,00	67,00	100,00	100,65	1858,30	140,78
Suite 1	869,10	30,69	357,45	171,00	67,00	100,00	79,75	1675,00	126,89
Closet	733,35	30,69	351,57	0,00	134,00	100,00	77,11	1426,73	108,09
Total	5165,36	260,90	2595,10	1523,25	938,00	970,00	691,46	12144,06	920,00
%	42,53%	2,15%	21,37%	12,54%	7,72%	7,99%	5,69%	100%	

De forma geral, as áreas de vidros representam 23,98% da carga térmica de ar condicionado total do projeto inicial, sendo possível reduzir essa carga térmica para 12,54%.

5.2.2 Telhado

Individualmente falando, o telhado é o aspecto construtivo com maior impacto na carga térmica de ar condicionado. Nesse caso em questão, ele responde por 27,27% da carga térmica total, ou seja, 22063 BTU/h.

A implementação de um isolante térmico (no caso proposto, seria a telha sanduíche com 4 centímetros de EPS) poderia reduzir esse valor para 12743 BTU/h, conforme a Figura 10.

5.3 Comparativo de resultados

Podemos observar na Tabela 6 que a totalidade da carga térmica de ar condicionado do projeto é de 80843 BTU/h, enquanto na Tabela 7 podemos verificar a totalidade da carga térmica com as modificações propostas, que resultou em 59632 BTU/h, uma diferença de 21211 BTU/h, em relação ao projeto executivo.

Tabela 6 – Cálculo da carga térmica do projeto (Fonte: Própria, 2018))

Cômodo	Sensível (W)	Latente (W)	Total (W)	Total (BTU/h)
Sala	2664	1172	3836	13081
Cozinha-Gourmet	6009	2644	8653	29505
Suite Master	1403	617	2020	6890
Suite 2	2478	1090	3568	12168
Suite 1	2219	976	3195	10894
Closet	1691	744	2436	8305
Total	16464	7244	23708	80843

Tabela 7 – Carga térmica total após modificações (Fonte: Própria, 2018))

Cômodo	Sensível (W)	Latente (W)	Total (W)	Total (BTU/h)
Sala	1884	829	2713	9250
Cozinha-Gourmet	4111	1809	5920	20188
Suite Master	1189	523	1712	5839
Suite 2	1858	818	2676	9125
Suite 1	1675	737	2412	8225
Closet	1427	628	2054	7006
Total	12144	5343	17487	59632

Na Figura 11, temos o comparativo entre o dimensionamento da carga térmica, o que foi incluído no projeto, o dimensionamento após as modificações propostas e a proposta de ar condicionado para cada ambiente, de acordo com os modelos disponíveis no mercado.

5.3 Análise de Viabilidade

Considerando a redução na carga térmica dos ambientes em questão, foi possível reduzir o tamanho dos sistemas de condicionamento de ar a serem instalados e, conseqüentemente, o custo de cada um deles. Dessa forma, foi possível estimar uma economia de R\$3961,00 nos equipamentos, de acordo com pesquisa de mercado no mês de Novembro de 2018, demonstrado nas Tabelas 8 e 9. Os custos para melhorias foram explicitados na Tabela 10, com um acréscimo de R\$5657,50. Os custos com fiação, disjuntores e mão de obra não foram considerados.

Também é importante ressaltar a redução de 49,34kWh/mês obtida, de acordo com os dados de consumo fornecidos pelo fabricante. Assim, é

possível estimar uma economia mensal de aproximadamente R\$40,00.

Considerando que as melhorias realizadas refletem em mais conforto e, além disso, muitas residências estão optando por sistemas de microgeração fotovoltaica, a economia seria no custo inicial de instalação desse respectivo sistema. Uma placa solar de 330W gera, em média, aproximadamente 40 kWh/mês, após desconsideradas as perdas no inversor, na fiação, sujeira, etc. Assim, podemos estimar uma redução de 0,41kWp no sistema de microgeração, caso venha a ser instalado. Assim, é possível afirmar que o retorno do investimento, das modificações propostas, é imediato.

Tabela 8 – Estimativa do custo de equipamentos e do consumo mensal do projeto original (Fonte: Própria, 2018))

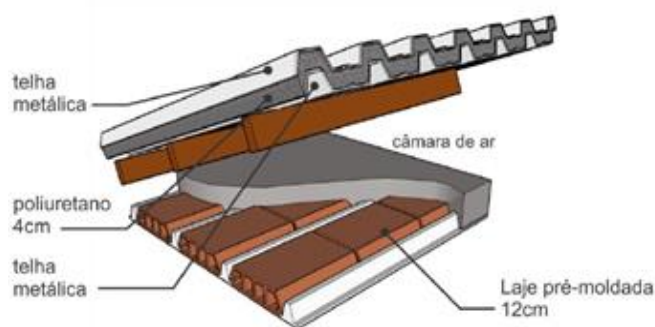
Ambiente	Projeto		Consumo mensal (kWh)
	BTUs	Preço	
Cozinha Gourmet	30000	R\$4752,00	60,94
Sala	18000	R\$2298,00	34,20
Suite Master	12000	R\$1691,00	23,10
Suite 1	12000	R\$1691,00	23,10
Suite 2	12000	R\$1691,00	23,10
Closet	12000	R\$1691,00	23,10
Total	96000	R\$13814,00	187,54

Tabela 9 – Estimativa do custo de equipamentos e do consumo mensal com as modificações sugeridas (Fonte: Própria, 2018)

Ambiente	Modificado		Consumo mensal (kWh)
	BTUs	Preço	
Cozinha Gourmet	24000	R\$3158,00	52,7
Sala	9000	R\$1339,00	17,1
Suite Master	9000	R\$1339,00	17,1
Suite 1	9000	R\$1339,00	17,1
Suite 2	9000	R\$1339,00	17,1
Closet	9000	R\$1339,00	17,1
Total	69000	R\$9853,00	138,2

Tabela 10 – Estimativa do custo das modificações recomendadas (Fonte: Própria, 2018)

Telhado	Preço (R\$/m²)	Área (m²)	Total
Fibrocimento	R\$21,50	155	R\$3332,50
Sanduíche	R\$58,00	155	R\$8990,00
Diferença			R\$5657,50



Descrição:

Laje pré-moldada 12cm (concreto 4cm + EPS 7cm + argamassa 1cm)
 Câmara de ar (> 5,0 cm)
 Telha metálica* 0,1cm
 Poliuretano 4,0cm
 Telha metálica* 0,1cm

* A transmitância térmica independe se a telha tem formato trapezoidal ou ondulada

U	C _T
[W/(m²K)]	[kJ/m²K]
0,53	176

Figura 10 – Recomendação de um telhado com menor transmitância térmica (Fonte: INMETRO, 2018)

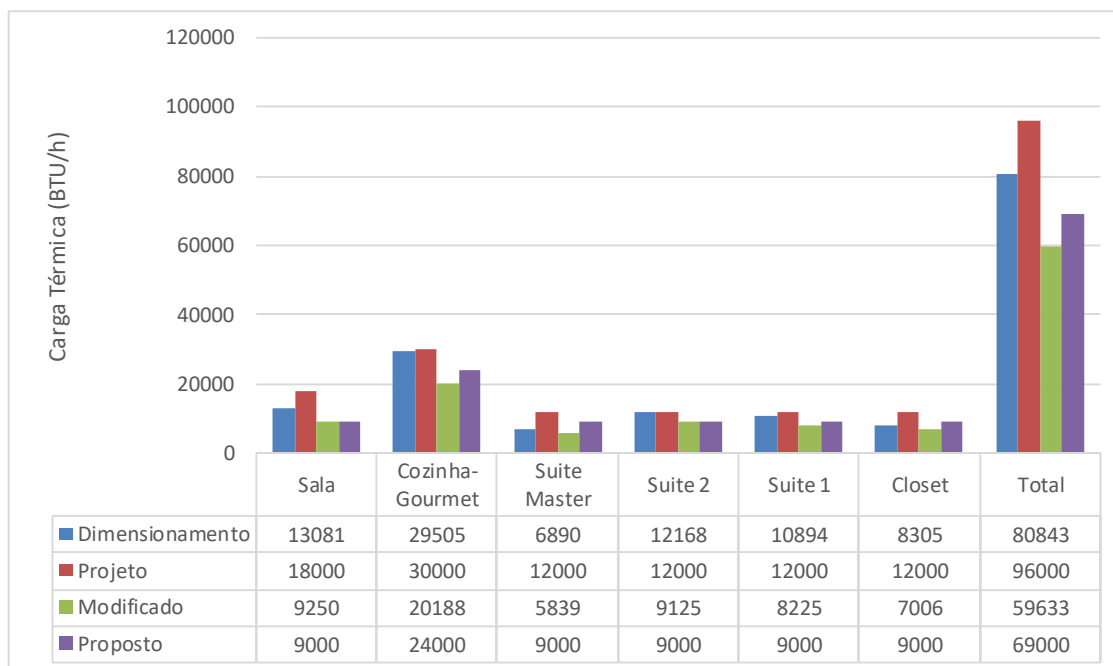


Figura 11 – Comparativo entre o projeto, o dimensionamento original, o dimensionamento das modificações e o que foi proposto (Fonte: própria, 2018)

6 CONCLUSÕES

Em busca de atender a melhor necessidade dos usuários, a engenharia vêm trabalhando para atingir resultados com maiores otimizações de recursos. Assim, no âmbito da eficiência térmica de uma edificação, é necessário quebrar alguns paradigmas estabelecidos ao longo de décadas.

Entre os diversos aspectos a serem considerados, primeiramente devemos levar em consideração as condições de projeto, a orientação, o formato, as cargas internas e os materiais a serem utilizados no processo construtivo.

Apenas com a modificação, e consequente melhoria, dos aspectos construtivos do telhado e das áreas com vidro, foi possível obter uma melhoria de 28,13% em relação ao projeto executivo original. Levando em consideração ao dimensionamento nos moldes originais e com as modificações propostas, foi possível obter uma redução de 26,24% da carga térmica de ar condicionado total.

Considerando os custos dos equipamentos e sabendo que sistemas de ar condicionado são responsáveis por

grande parte do consumo de energia elétrica de uma residência de alto padrão, foi possível obter a economia de R\$3961,00 o custo inicial, além de ser possível obter uma redução de 35,7% no gasto mensal médio de sistemas de ar condicionado ou uma redução de 0,41kWp no sistema de microgeração solar que poderia ser instalado. Para ambos os casos, o retorno do investimento é imediato.

Verificando o erro no dimensionamento dos sistemas e o desconhecimento do potencial de melhoria na própria edificação, percebe-se a existência de mercado para consultoria na área.

Para futuros trabalhos, seria de grande interesse uma análise que também reduza a carga térmica das paredes com objetivo de instalar um sistema central de ar condicionado em uma residência.

7 AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer a Deus, aos meus pais, Jorge e Elisabete, pelo apoio durante a jornada, ao professor Dr. Antonio Carlos Caetano de Souza, pela dedicação na realização

deste trabalho, a Amanda, pela oportunidade de estudar sua residência e, por último mas não menos importante, a minha namorada, Luana.

REFERÊNCIAS

1. ABNT. **NBR 15220**: Desempenho Térmico em Edificações. Rio de Janeiro-RJ, 2003. 66p.
2. ABNT. **NBR 16401**: Instalações de ar-condicionado – sistemas centrais e unitários. Rio de Janeiro-RJ, 2008. 105p.
3. ABNT. **NBR 5410**: Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro-RJ, 2004. 217p.
4. AGUIAR, A.B.. **Projeto executivo da residência**, Dourados-MS. 2018
5. ASHRAE. **STANDART 55: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy**, Atlanta – EUA, 2010
6. ASHRAE. **STANDART 62.2: Ventilation and Acceptable Indoor Air Quality in Low Rise Residential Buildings**, Atlanta – EUA, 2016
7. ASHRAE. **Handbook: Fundamentals**, Atlanta – EUA, 2001
8. BENMARHIA, T., DEGUEN, S. KAUFMAN, J.S., et al. **Vulnerability To Heat-Related Mortality: A Systematic Review, Meta-Analysis, And Meta-Regression Analysis**. 2015. *Epidemiology* 26(6):781-793p.
9. BURDICK, A. **Accurate heating and cooling load calculations – U.S. Department of Energy** Disponível em: <<https://www.nrel.gov/docs/fy11osti/51603.pdf>>. Acesso em: 28 de fev. 2018
10. CARRIER. **Weathermakers to the world**. Disponível em: <<https://www.carrier.com/carrier/en/us/about-carrier/history/>>. Acesso em: 27 de fev. 2018
11. CREDER, H.. **Instalações de Ar Condicionado**. 6 ed. Rio de Janeiro-RJ: Ltc, 2004. 318p.
12. DAVIES, P. MACONCHIE, I. **The relationship between body temperature, heart rate and respiratory rate in children**. 2009. *Emerg Med J* 26(9):641-643p.
13. FRIGELAR. **Split Inverter** Disponível em: <<http://frigelar.com.br/ar-condicionado/split-inverter/>>. Acesso em: 11 de dez. 2018
14. INMETRO. **Anexo Geral V – Catálogo de Propriedades Térmicas de Paredes, Coberturas E Vidros**. 2013. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtosPBE/regulamentos/An>

- exoV.pdf>. Acesso em: 24 de fev. 2018
15. JANIS, R.R., TAO, W.K.Y.. **Mechanical and Electrical Systems in Buildings**. 3 ed. Columbus, Ohio – EUA. 2005. 663p.
16. LOCAL IMPACT DESIGN. **Imagem termográfica**. Disponível em:<
<http://localimpactdesign.ca/wp-content/uploads/2013/10/Thermograph.png>>. Acesso em: 11 de dez. 2018
17. PENA, S.M.. **Sistemas De Ar Condicionado E Refrigeração**. Rio de Janeiro-RJ: Eletrobrás, 2002. 103p.
18. PIRANI, M.J.. **ENG176-Refrigeração E Ar Condicionado**. Parte I – Refrigeração. Salvador-BA. 2004. (Apostila)
19. PIRANI, M.J.. **ENG176-Refrigeração E Ar Condicionado**. Parte II – Ar Condicionado. Salvador-BA. 2004. (Apostila)
20. USP. **Sistemas de refrigeração – parte I**. Imagem do ciclo de refrigeração Disponível em:<
https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3550292/mod_resource/content/1/SEL0437_Aula10_Refrigeracao.pdf>. Acesso em: 25 de fev. 2018

