

DESEMPENHO TÉRMICO E ACÚSTICO: AVALIAÇÃO DAS PROPOSTAS DE MELHORIAS DE DESEMPENHO TÉRMICO DE UMA EDIFICAÇÃO UNIFAMILIAR MINHA CASA MINHA VIDA

Adriano Inéia¹, Angélica Ghiggi², Rodrigo Spinelli³

Resumo: A finalidade deste artigo é a propor uma adaptação de melhoria no desempenho térmico de uma edificação. Sendo esta da categoria residência unifamiliar (Minha Casa minha vida), a proposta consiste em propor um projeto otimizado e a inserção de materiais que favoreçam a minoração da temperatura e favoreça a qualidade de vida nessas habitações, além da economia energética. Ao final, foi possível perceber que as melhorias promoveram o conforto térmico e uma minoração da transmitância térmica. Tudo isso embasado nos conceitos internalizados durante a disciplina de Desempenho Térmico e Acústico, principalmente no quesito de materialidade.

Palavras-chave: Desempenho térmico, isolamento térmico e transmitância.

1. INTRODUÇÃO

ASHRAE (*American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers*) define que o conforto térmico é o estado da mente que expressa satisfação do homem com o ambiente térmico que o circunda. A insatisfação ou desconforto do usuário, surge da diferença entre o balanço térmico não estável, produzido pelo corpo que é dissipado pelo ambiente, podendo ser a sensação de calor e frio.

O conforto térmico está atrelado a uma série de fatores, sendo elas fisiológica, física e psicológica. Uma obra para promover a qualidade de vida de

1 Engenheiro civil diplomado pela Universidade do Vale do Taquari – UNIVATES. Pós-graduando da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul PUC RS nos cursos de MBA em Gestão, empreendedorismo e marketing e Pós-graduação em finanças, investimento e banking.

2 Engenheira civil diplomado pela Universidade do Vale do Taquari – UNIVATES.

3 Arquiteto e urbanista diplomado pela Universidade do Vale dos Sinos – UNISINOS. Doutor em Ciência Ambientais, e Docente na Universidade do Vale do Taquari – UNIVATES.

seus usuários, depende diretamente de um bom isolamento térmico. O cálculo de estimativa do desempenho térmico, parte de dados climáticos, referentes aos dias típicos de projeto (verão/inverno). A estimativa tem como base o projeto arquitetônico, do qual envolve a proporção das trocas que ocorrem entre o ambiente interno e externo. Edificações executadas levando em consideração esses parâmetros, minimizam o consumo de energia elétrica e se tornam mais confortáveis aos usuários.

Uma ressalva importante a se fazer é que cada latitude tem uma carta solar específica. Para o presente artigo, se adotou a latitude 30° e o período de verão (22 de dezembro), e os valores de temperaturas interna e externas considerados foram (Ti) = 23° e (Te) = 34°. Portanto, conhecer os materiais e sua resistência quanto à transmissão de calor é fundamental para o melhor dimensionamento do fechamento da estrutura, pois são eles os encarregados pela troca térmica entre o meio interior com o exterior.

A NBR 15220/2003 – Resistência térmica superficial interna e externa determina os valores do (Rse) resistência superficial externa e (Rsi) resistência superficial interna. Estes fechamentos anteriormente citados são responsáveis por receber o calor da radiação e convecção. Uma fração da radiação é absorvida pela superfície e a outra é refletida, isso tudo está correlacionado com os coeficientes de absorvidade (α) e refletividade (ρ) dos materiais. Para maior exatidão os dados empregados no trabalho, foram extraídos dos ábacos e tabelas fornecidos pelo professor.

A temperatura externa quando se elevar acarretará a diferença de temperatura interna que será regida pela condução. Esta ação depende da condutividade térmica do material (λ), o mesmo deriva da NBR 15220/2003 – Densidade de massa aparente (ρ), a condutividade térmica (λ) e calor específico (c) dos materiais. A proposta do presente trabalho tem como objetivo amadurecer os conhecimentos internalizados sobre desempenho Térmico. Com posse dos coeficientes e da proposta de pesquisa, as dimensões e tipologia de materiais tornam viável o cálculo de resistência de cada seção, conforme a procedência a seguir.

Expressão 01:

$$R_{Seção} = \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{e_n}{\lambda_n}$$

Onde:

$R_{seção}$: resistência térmica da seção analisada.

e: espessura da camada de cada material.

λ : condutividade térmica.

A partir dos valores obtidos nas diferentes seções presentes no fechamento analisado é possível calcular a resistência do mesmo, determinada pela expressão.

Expressão 02:

$$R_t = \frac{A_1}{\frac{A_1}{R_1}} + \frac{A_2}{\frac{A_2}{R_2}} + \dots + \frac{A_n}{\frac{A_n}{R_n}}$$

Onde:

R_t : resistência térmica do fechamento analisado.

A: área de cada seção do fechamento.

R: resistência térmica de cada seção do fechamento.

A resistência térmica total da seção é dada pela expressão 3.

Expressão 03:

$$R_T = R_{si} + R_t + R_{se}$$

Onde:

R_T : resistência térmica total.

R_t : resistência térmica do fechamento.

R_{si} : resistência térmica superficial interna.

R_{se} : resistência térmica superficial externa.

A transmitância térmica do fechamento é o inverso da resistência térmica total, conforme expressão 4.

Expressão 04:

$$U = \frac{1}{R_T}$$

Onde:

U: transmitância térmica.

R_T : resistência térmica total.

A partir do valor da transmitância é possível calcular o fluxo térmico (qfo) que é dado pela expressão 5.

Expressão 05

$$q_{fo} = U \cdot (\alpha \cdot I \cdot R_{se} + (T_e - T_i))$$

Onde:

Q_{fo} : fluxo térmico.

U: transmitância térmica.

α : absorvidade da superfície externa.

I: radiação solar.

R_{se} : resistência térmica superficial externa.

T_e : temperatura externa.

T_i : temperatura interna.

Em seguida é preciso calcular o fluxo térmico total que atravessa o fechamento (Q) que é dado pela expressão 6.

$$Q = q_{fo} \cdot A$$

Onde:

Q: fluxo térmico total que atravessa o fechamento.

Q_{fo} : fluxo térmico.

A: área do fechamento.

Primeiramente, se fez um levantamento das normas vigentes de conforto térmico. As normas consultadas foram a NBR 15220 – Norma de desempenho térmico de edificações, a NBR 16401 – Norma de Ar Condicionado e a NBR 15575 – Norma de Desempenho para Edificações Habitacionais, tudo isso visando verificar todas as necessidades, e sanar todas adaptações que assegurem o conforto térmico da edificação em sua totalidade.

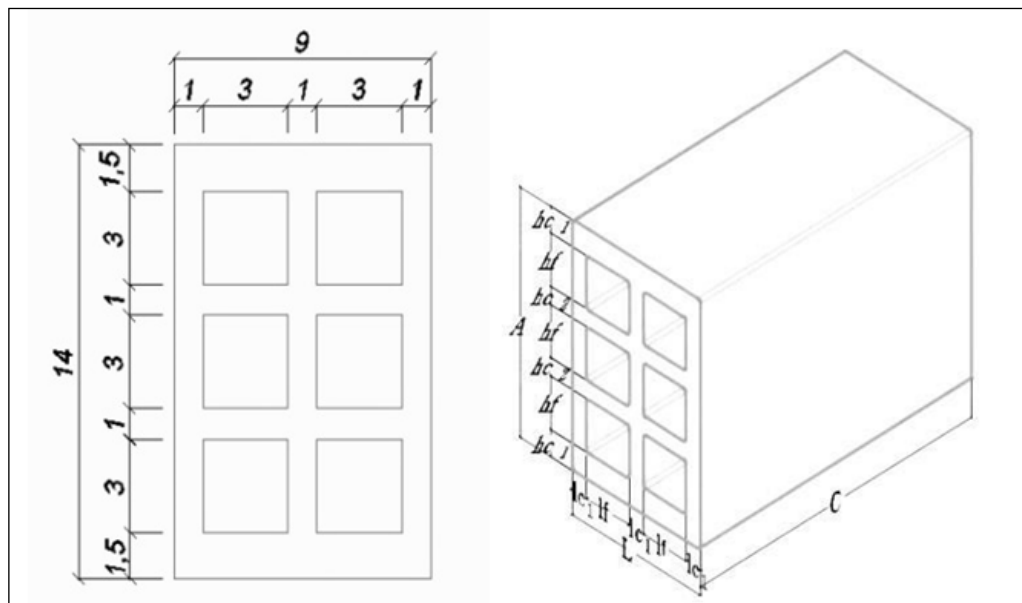
2. PROJETO INICIAL

O presente trabalho tem como plano de fundo analisar e propor um uma adaptação que maximize o conforto térmico da edificação. O empreendimento em questão se trata de uma casa unifamiliar da categoria Minha Casa Minha Vida, tendo uma área de 69,85 m². A análise se iniciou com o cálculo de transmitância térmica de cada ambiente da residência, com posse destes resultados, podemos traçar uma estratégia que desempenhe um bom conforto térmico.

A edificação em questão é térrea e unifamiliar, tendo um pé direito de 2,60m. Possuindo, dois dormitórios, uma cozinha e sala de estar conjugada, um banheiro e um escritório, os parâmetros que norteiam o trabalho, se encontram especificados no Capítulo da 1 Introdução.

As características construtivas adotadas para este estudo são de paredes de 14 cm, constituídas de tijolos cerâmicos seis furos (Figura 01), tendo as duas faces rebocadas e devidamente revestidas com uma pintura cor de pêssego. O forro empregado na edificação é de madeira (pinus), tendo espessura de 1,5 cm e as telhas adotadas são de barro com espessura de 1 cm. Já as esquadrias da edificação são as denominadas venezianas de madeira e cor de terracota, espessura de 2,5 cm e os vidros usados são classificados como simples, e espessura de 6 mm.

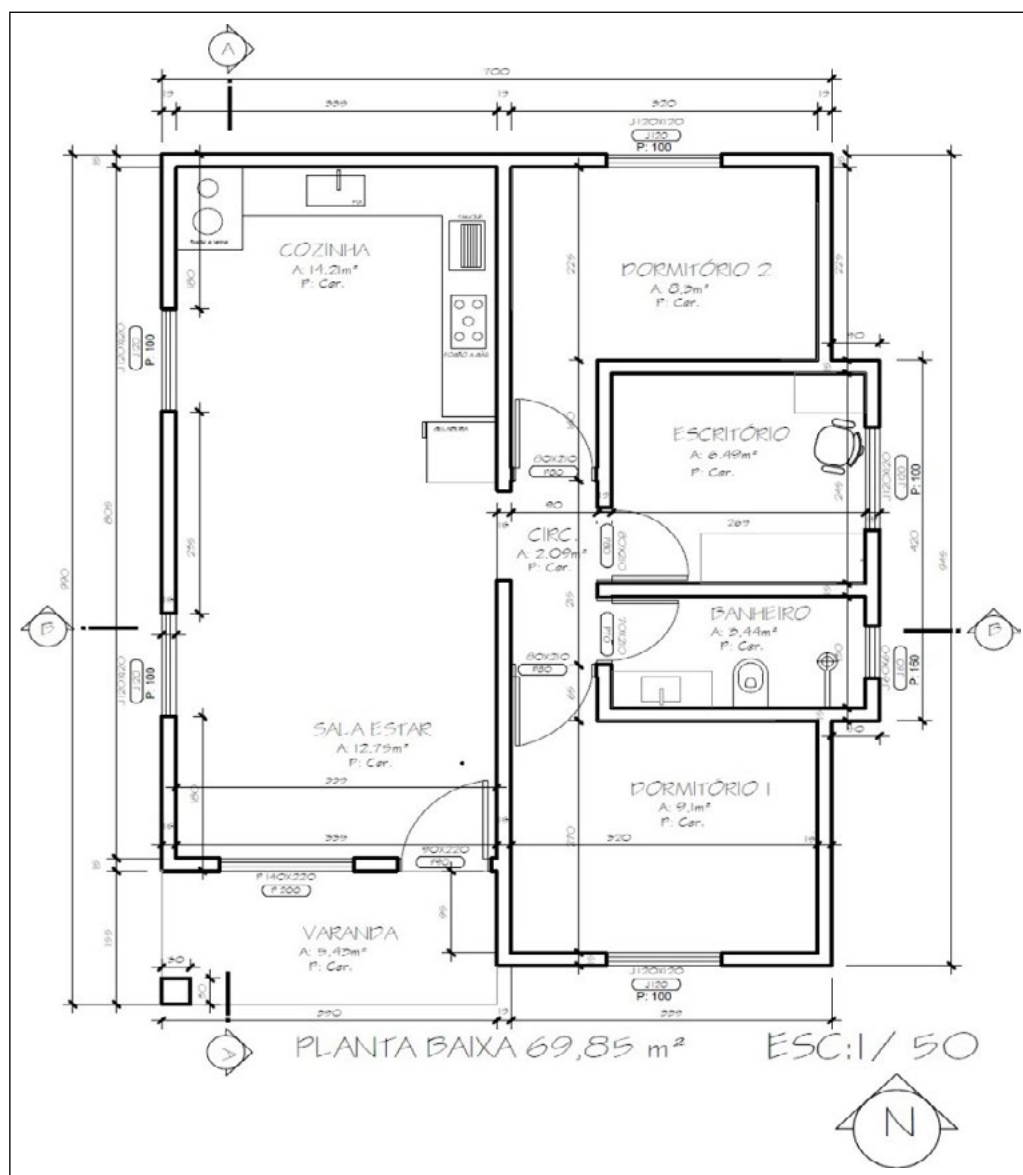
Figura 01 – Tijolo cerâmico seis furos (9x14x19 cm), conforme discriminação do fabricante



Fonte: Autores (2020).

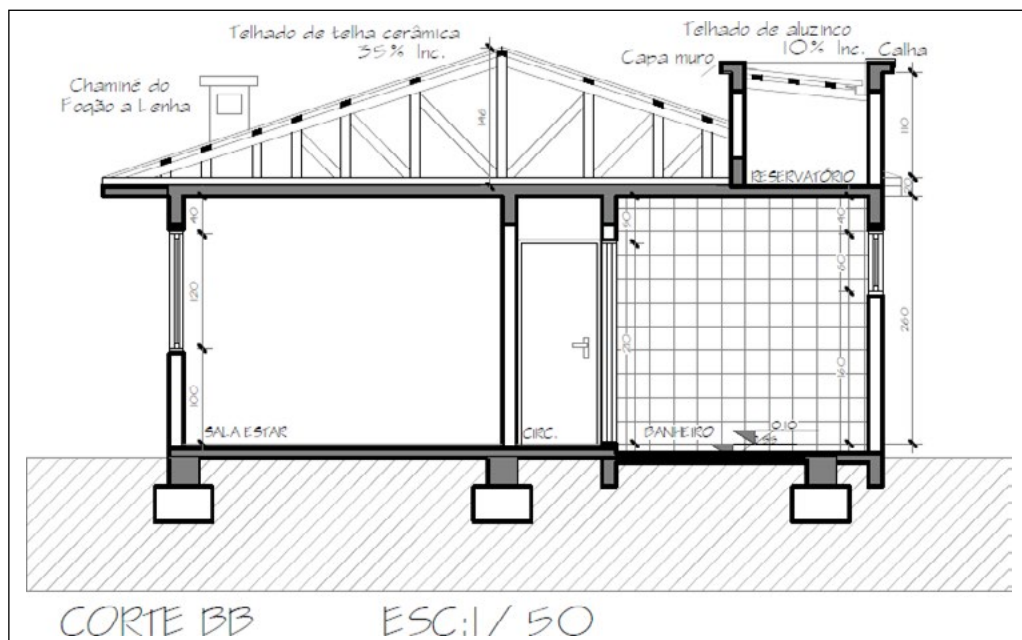
Nas Figuras 02 e 03, está apresentado o projeto arquitetônico e corte da edificação.

Figura 02 – Planta baixa do arquitetônico.



Fonte: Autores (2020).

Figura 03 – Planta do corte (A-A)



Fonte: Autores (2020).

3. MEMORIAL DE CÁLCULO DO PROJETO A SER ADAPTADO

3.1 Transmitância térmica da parede

Com posse dos dados elencados no Quadro 01, a seguir, poderemos descobrir a área de uma dada seção e a resistência térmica dela, conforme nos resultados a seguir:

Quadro 01 – Dados definidos para cálculo da transmitância

e reboco	2,5 cm
e argamassa	1,0 cm
λ reboco/ λ argamassa	1,5 W(m.K)
λ tijolo	0,90 W(m.K)
Dimensões tijolo	9x14x19 cm

Fonte: Dos autores (2020).

A Seção “A” é composta pelo somatório da resistência térmica das camadas de: [reboco + argamassa + reboco].

$$A_a = (0,01 \times 0,19) + (0,01 \times 0,15) = 0,0034 \text{ m}^2$$

$$R_a = \frac{e_{reboco}}{\lambda_{reboco}} + \frac{e_{argamassa}}{\lambda_{argamassa}} + \frac{e_{reboco}}{\lambda_{reboco}} = 0,1217 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}$$

A Seção "B" é composta pelo somatório da resistência térmica das camadas de: [reboco + tijolo + reboco].

$$A_b = 0,015 \times 0,19 = 0,0029 \text{ m}^2$$

$$R_b = \frac{e_{reboco}}{\lambda_{reboco}} + \frac{e_{tijolo}}{\lambda_{tijolo}} + \frac{e_{reboco}}{\lambda_{reboco}} = 0,1435 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}$$

A Seção "C" é composta pelo somatório da resistência térmica das camadas de: [reboco + tijolo + ar + tijolo + ar + tijolo + reboco].

$$A_c = 0,03 \times 0,19 = 0,0057 \text{ m}^2$$

$$R_c = \frac{e_{reboco}}{\lambda_{reboco}} + \frac{e_{parede\ tijolo}}{\lambda_{tijolo}} + R_{ar} + \frac{e_{parede\ tijolo}}{\lambda_{tijolo}} + R_{ar} + \frac{e_{parede\ tijolo}}{\lambda_{tijolo}} + \frac{e_{reboco}}{\lambda_{reboco}} =$$

$$R_c = 0,3968 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}$$

Quadro 02 – Valores do fluxo horizontal

Resistência térmica interna	$0,13 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}$
Resistência térmica externa	$0,04 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}$

Fonte: Dos autores (2020).

Com propriedade das áreas e resistências de cada seção se torna viável o cálculo de resistência térmica da parede (R_t). Com esse resultado, mais o acréscimo de valores de resistências térmicas internas e externas, conseguimos calcular a resistência total (R_T) e com isso obtemos a transmitância térmica (U). O cálculo se encontra melhor especificado a seguir:

Resistência térmica da parede:

$$R_t = \frac{A_a}{A_a} + \frac{4 \times A_b}{4 \times A_b} + \frac{3 \times A_c}{3 \times A_c} = 0,2120 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}$$

Resistência térmica total da parede:

$$R_T - R_{si} + R_t + R_{se} = 0,3820 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}$$

Transmitância térmica da parede:

$$U = \frac{1}{R_T} = 2,62 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

Transmitância térmica do telhado

O projeto motivo de estudo tem uma cobertura com camada de ar não ventilada. A variável da resistência térmica deriva da NBR 15220/2003 – Resistência térmica de câmaras de ar não ventiladas, com a largura muito maior que a espessura. A direção do fluxo de calor é descendente e as resistências são:

Quadro 03 – Resistências térmicas

Resistência térmica interna	$0,17 \frac{m^2.K}{W}$
Resistência térmica externa	$0,04 \frac{m^2.K}{W}$

Fonte: Dos autores (2020).

Quadro 04 - Dados aplicados na lógica de cálculo

e _{telha de barro}	1cm
e _{forro de madeira}	1,5 cm
λ_{barro}	0,70 W/(m.K)
$\lambda_{madeira}$	0,15 W/(m.K)
R _{ar}	$0,21 \frac{m^2.K}{W}$

Fonte: Dos autores (2020).

Resistência térmica do telhado:

$$R_t = \frac{e_{barro}}{\lambda_{barro}} + R_{ar} + \frac{e_{madeira}}{\lambda_{madeira}} = 0,3211 \frac{m^2.K}{W}$$

Resistência térmica total da cobertura:

$$R_T - R_{si} + R_t + R_{se} = 0,5311 \frac{m^2.K}{W}$$

Transmitância térmica da cobertura:

$$U = \frac{1}{R_T} = 1,88 \frac{W}{m^2.K}$$

Transmitância térmica das aberturas

Para este cálculo consideramos janela veneziana de madeira na cor pêssego com vidro simples 6 mm. O fator solar usado para o vidro foi extraído da tabela disponibilizada nas notas de aula do professor.

Quadro 05 – Resistências aplicadas na lógica de cálculo

Resistência térmica interna	$0,13 \frac{m^2.K}{W}$
Resistência térmica externa	$0,04 \frac{m^2.K}{W}$

Fonte: Dos autores (2020).

Com propriedade dos dados elencados ficou possível calcular a resistência térmica da esquadria. A resistência térmica do vidro e da veneziana de madeira equivalem ao (R_t), na sequência são somadas as resistências interna e externas que derivam a resistência térmica total (R_T), posteriormente podemos quantificar a transmitância térmica (U).

Quadro 06 – Dados empregados na lógica do cálculo

$e_{\text{vidro simples}}$	6 mm
$\lambda_{\text{vidro simples}}$	1,0 W/(m.K)
FS	0,83

Fonte: Dos autores (2020).

Resistência térmica do vidro:

$$R_t = \frac{e_{\text{vidro simples}}}{\lambda_{\text{vidro simples}}} = 0,006 \frac{m^2.K}{W}$$

Resistência térmica total do vidro:

$$R_T = R_{si} + R_t + R_{se} = 0,176 \frac{m^2.K}{W}$$

Transmitância térmica do vidro:

$$U = \frac{1}{R_T} = 5,681818182 \frac{W}{m^2.K}$$

Quadro 07 – Dados da veneziana de madeira

e_{madeira}	2,5 cm
λ_{madeira}	0,15 W(m.K)

Fonte: Dos autores (2020).

Resistência térmica da madeira:

$$R_t = \frac{e_{\text{madeira}}}{\lambda_{\text{madeira}}} = 0,1667 \frac{m^2.K}{W}$$

Resistência térmica total da madeira:

$$R_T = R_{si} + R_t + R_{se} = 0,3367 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

Transmitância térmica da madeira:

$$U = \frac{1}{R_T} = 2,97 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

Primeiro cômodo - dormitório 01

O primeiro cômodo (dormitório 01) possui três paredes com dimensões de 3,20(sul) x 2,70(leste) x 0,95 (oeste) m, com pé direito interno de 2,60 m. A parede norte possui uma esquadria de dimensões de 120 x 120 cm, as demais paredes são vedadas.

Parede leste

Índice de Absorvidade (α) e do Índice de Radiação Solar (I), estes valores foram obtidos das tabelas disponibilizadas nas aulas do professor, podemos definir a carga térmica que esta parede recebe. Com as paredes pintadas na cor pêssego, o índice de absorvidade é de 42,8. O horário com maior incidência solar para esta parede são às 08h00min, o que corresponde ao índice de radiação solar de 715 *Watts* no mês de dezembro. Com estes dados, é calculado o fluxo térmico e o fluxo térmico total que atravessa o fechamento. Em seguida pode-se obter a carga total (CT) para a parede Sul.

$$A_{\text{parede leste}} = 7,02 \text{ m}^2$$

$$q_{\text{fo parede leste}} = 60,8409 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

$$Q_{\text{parede leste}} = 427,1031 W$$

$$CT_{\text{parede leste}} = 427,103 W$$

Parede Sul

Índice de Absorvidade (α) e do Índice de Radiação Solar (I), estes valores foram obtidos das tabelas disponibilizadas nas notas de aula do professor, podemos definir a carga térmica que esta parede recebe. Com as paredes pintadas na cor pérola, o índice de absorvidade é de 42,8. O horário com maior incidência solar para esta parede são às 17h00min, o que corresponde ao índice de radiação solar de 188 *Watts*. Com estes dados, descontando o valor da área da abertura é calculado o fluxo térmico e o fluxo térmico total que atravessa o fechamento.

Esta parede possui uma janela de 1,20 x 1,20 m. O fator solar do vidro simples é 0,83. Na janela veneziana cor terracota utilizou-se o índice de absorvidade de 64,6. Deste modo foi necessário calcular fluxo térmico total do

vidro e da veneziana de madeira. A partir da soma dos fluxos térmicos totais de cada materialidade foi possível obter a carga total (CT) para a parede Leste.

$$A_{\text{parede sul}} = 8,32 \text{ m}^2$$

$$q_{\text{fo parede sul}} = 37,222 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

$$Q_{\text{parede sul}} = 256,088 \text{ W}$$

$$A_{\text{vidro}} = 0,72 \text{ m}^2$$

$$q_A = 62,50 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

$$q_S = 156,04 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

$$q_{\text{FT vidro}} = 218,54 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

$$Q_{\text{vidro}} = A_{\text{vidro}} \times q_{\text{FT vidro}} = 157,349 \text{ W}$$

$$A_{\text{madeira}} = 0,72 \text{ m}^2$$

$$q_{\text{fo madeira}} = 47,103 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

$$Q_{\text{madeira}} = 33,914 \text{ W}$$

$$CT_{\text{parede leste}} = 447,3504 \text{ W}$$

Parede oeste

Índice de Absorvidade (α) e do Índice de Radiação Solar (I), estes valores foram obtidos das tabelas disponibilizadas nas aulas do professor, podemos definir a carga térmica que esta parede recebe. Com as paredes pintadas na cor pêssego, o índice de absorvidade é de 42,8. O horário com maior incidência solar para esta parede são às 16h00min, o que corresponde ao índice de radiação solar de 715 Watts no mês de dezembro. Com estes dados, é calculado o fluxo térmico total que atravessa o fechamento. Em seguida pode-se obter a carga total (CT) para a parede Sul.

$$A_{\text{parede oeste}} = 2,47 \text{ m}^2$$

$$q_{\text{fo parede oeste}} = 60,8409 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

$$Q_{\text{parede oeste}} = 150,2770 \text{ W}$$

$$CT_{\text{parede oeste}} = Q_{\text{parede oeste}} = 150,2770 \text{ W}$$

Cobertura

A partir do Índice de Absorvidade (α) e do Índice de Radiação Solar (I), estes valores foram obtidos das tabelas disponibilizadas em norma, podemos definir a carga térmica que esta parede recebe. Com a cobertura de telha de barro, pintada na cor pérola, o índice de absorvidade utilizado é o de 33. O horário com maior incidência solar para a cobertura é às 12h00min, o que corresponde ao índice de radiação solar de 1134 *Watts*. Com estes dados, são calculados o fluxo térmico e o fluxo térmico total que atravessa o fechamento. Em seguida pode-se obter a carga total (CT) para a cobertura.

$$A_{\text{cobertura}} = 8,64 \text{ m}^2$$

$$q_{\text{fo cobertura}} = 48,8952 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

$$Q_{\text{cobertura}} = 422,4548 \text{ W}$$

$$CT_{\text{cobertura}} = Q_{\text{fo cobertura}} = 422,4548 \text{ W}$$

Carga Térmica Total

$$CT_{\text{Total}} = 1447,1853 \text{ W}$$

Ar Condicionado

Sabendo-se as cargas térmicas totais de cada ambiente, pode-se transformar de *Watts*

(W) para BTU/h e assim saber qual a demanda de ar condicionado para o cômodo calculado. A partir do cálculo da demanda acrescido de 500 BTU, valor este considerando duas pessoas por cômodo, encontra-se o ar condicionado com a potência disponível no mercado que possa suprir a necessidade de cada ambiente.

$$\text{Ar Condicionado Calculado}_{\text{Dormitório 01}} = 1447,1853 = 5437,80 \text{ BTUs}$$

Neste caso o ar condicionado disponível no mercado para atender esta demanda é o de 7000 BTUs.

Segundo cômodo – sala de estar

O segundo cômodo (sala de estar) possui dimensões de 8,05(oeste) x 3,35(norte) x 3,35 (sul) m, com pé direito interno de 2,6 m. A parede norte não possui janelas, a oeste possui duas janelas, sendo elas de dimensões de 120 x 120 cm, e a parede sul possui uma porta (0,90 x 2,20 m) e uma janela (1,40 x 2,20 m). As demais paredes são vedadas.

Parede Oeste

A partir do Índice de Absorvidade (α) e do Índice de Radiação Solar (I), estes valores foram obtidos das tabelas disponibilizadas nas notas de aula do professor, podemos definir a carga térmica que esta parede recebe. Com as paredes pintadas na cor pêssego, o índice de absorvidade é de 42,8. O horário com maior incidência solar para esta parede são às 16:00 horas, o que corresponde ao índice de radiação solar de 715 Watts. Com estes dados, é calculado o fluxo térmico e o fluxo térmico total que atravessa o fechamento. Em seguida pode-se obter a carga total (CT) para a parede Sul.

Falar que são duas aberturas de 1,2 x 1,2 m.

$$A_{\text{parede oeste}} = 20,93 \text{ m}^2$$

$$q_{\text{fo parede oeste}} = 60,8409 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

$$Q_{\text{parede oeste}} = 1098,1781 \text{ W}$$

$$A_{\text{vidro}} = 1,44 \text{ m}^2$$

$$q_A = 62,50 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

$$q_S = 593,45 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

$$q_{\text{FT vidro}} = 655,95 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

$$Q_{\text{vidro}} = A_{\text{vidro}} \times q_{\text{FT vidro}} = 944,568 \text{ W}$$

$$A_{\text{madeira}} = 1,44 \text{ m}^2$$

$$q_{\text{fo madeira}} = 87,5513 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

$$Q_{\text{madeira}} = 126,074 \text{ W}$$

$$CT_{\text{parede oeste}} = 2168,8200 \text{ W}$$

Parede Sul

A partir do Índice de Absorvidade (α) e do Índice de Radiação Solar (I), estes valores foram obtidos das tabelas disponibilizadas nas notas de aula do professor, podemos definir a carga térmica que esta parede recebe. Com as paredes pintadas na cor pêssego, o índice de absorvidade é de 42,8. O horário com maior incidência solar para esta parede são às 16:00 horas, o que corresponde ao índice de radiação solar de 715 *Watts*. Com estes dados, descontando o valor da área da abertura é calculado o fluxo térmico e o fluxo térmico total que atravessa o fechamento.

Esta parede possui uma janela de 1,40 x 2,20 m e uma porta de 0,90 x 2,20 m. O fator solar do vidro simples é 0,83. Na janela veneziana cor terracota utilizou-se o índice de absorvidade de 64,6. Deste modo foi necessário calcular fluxo térmico total do vidro e da veneziana de madeira. A partir da soma dos fluxos térmicos totais de cada materialidade foi possível obter a carga total (CT) para a parede Leste.

$$A_{\text{parede sul}} = 8,71 \text{ m}^2$$

$$q_{\text{fo parede sul}} = 60,8409 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

$$Q_{\text{parede sul}} = 222,0693 \text{ W}$$

$$A_{\text{vidro}} = 1,54 \text{ m}^2$$

$$q_A = 62,5 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

$$q_S = 593,450 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

$$q_{\text{FT vidro}} = 655,95 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

$$Q_{\text{vidro}} = 1010,1630 \text{ W}$$

$$A_{\text{madeira}} = 3,52 \text{ m}^2$$

$$q_{\text{fo madeira}} = 87,5513 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

$$Q_{\text{madeira}} = 308,1805 \text{ W}$$

$$CT_{\text{parede sul}} = 1540,4128 \text{ W}$$

Parede norte

Índice de Absorvidade (α) e do Índice de Radiação Solar (I), estes valores foram obtidos das tabelas disponibilizadas nas aulas do professor, podemos definir a carga térmica que esta parede recebe. Com as paredes pintadas na cor pêssego, o índice de absorvidade é de 42,8. O horário com maior incidência solar para esta parede são às 12h00mi, o que corresponde ao índice de radiação solar de 179 *Watts* no mês de dezembro. Com estes dados, são calculados o fluxo térmico e o fluxo térmico total que atravessa o fechamento. Em seguida pode-se obter a carga total (CT) para a parede Sul.

$$A_{\text{parede norte}} = 8,71 \text{ m}^2$$

$$q_{\text{fo parede norte}} = 36,8187 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

$$Q_{\text{parede norte}} = 320,6907 \text{ W}$$

$$CT_{\text{parede norte}} = Q_{\text{parede}} = 320,6907 \text{ W}$$

Cobertura

A partir do Índice de Absorvidade (α) e do Índice de Radiação Solar (I), estes valores foram obtidos das tabelas disponibilizadas nas notas de aula do professor, podemos definir a carga térmica que esta parede recebe. Com a cobertura de telha de barro pintada na cor pérola, o índice de absorvidade utilizado é 33. O horário com maior incidência solar para a cobertura é às 12h00min, o que corresponde ao índice de radiação solar de 1134 *Watts*. Com estes dados, é calculado o fluxo térmico e o fluxo térmico total que atravessa o fechamento. Em seguida pode-se obter a carga total (CT) para a cobertura.

$$A_{\text{cobertura}} = 26,968 \text{ m}^2$$

$$q_{\text{fo cobertura}} = 48,8952 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

$$Q_{\text{cobertura}} = 1318,5821 \text{ W}$$

$$CT_{\text{cobertura}} = Q_{\text{fo cobertura}} = 1318,5821 \text{ W}$$

Carga Térmica Total

$$CT_{\text{Total}} = 5348,5056 \text{ W}$$

Ar Condicionado

Sabendo-se as cargas térmicas totais de cada ambiente, pode-se transformar de *Watts*

(W) para BTU/h e assim saber qual a demanda de ar condicionado para o cômodo calculado. A partir do cálculo da demanda acrescido de 500 BTU, valor este considerando duas pessoas por cômodo, encontra-se o ar condicionado com a potência disponível no mercado que possa suprir a necessidade de cada ambiente.

Ar Condicionado Calculado_{Sala de Estar} = 5348,5056 = 18749,10 BTUs. Neste caso o ar condicionado disponível no mercado para atender esta demanda é o de 20.000 BTUs.

Terceiro cômodo - dormitório 02

O terceiro cômodo (dormitório 02) possui duas paredes com dimensões de 3,20 x 2,25, com pé direito interno de 2,60 m. A parede norte possui uma esquadria de dimensões de 120 x 120 cm, a outra parede é vedada.

Parede leste

Índice de Absorvidade (α) e do Índice de Radiação Solar (I), estes valores foram obtidos das tabelas disponibilizadas nas aulas do professor, podemos definir a carga térmica que esta parede recebe. Com as paredes pintadas na cor pêssego, o índice de absorvidade é de 42,8. O horário com maior incidência solar para esta parede são às 8:00 horas, o que corresponde ao índice de radiação solar de 715 Watts no mês de dezembro. Com estes dados, é calculado o fluxo térmico e o fluxo térmico total que atravessa o fechamento. Em seguida pode-se obter a carga total (CT) para a parede Sul.

$$A_{\text{parede leste}} = 5,85 \text{ m}^2$$

$$q_{\text{fo parede leste}} = 60,8409 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

$$Q_{\text{parede leste}} = 355,9192 \text{ W}$$

$$CT_{\text{parede leste}} = Q_{\text{parede leste}} = 355,9192 \text{ W}$$

Parede Norte

Índice de Absorvidade (α) e do Índice de Radiação Solar (I), estes valores foram obtidos das tabelas disponibilizadas nas notas de aula do professor, podemos definir a carga térmica que esta parede recebe. Com as paredes pintadas na cor pérola, o índice de absorvidade é de 42,8. O horário com maior incidência solar para esta parede são às 12:00 horas, o que corresponde ao índice de radiação solar de 179 Watts. Com estes dados, descontando o valor da área da abertura é calculado o fluxo térmico e o fluxo térmico total que atravessa o fechamento.

Esta parede possui uma janela de 1,20 x 1,20 m. O fator solar do vidro simples é 0,83. Na janela veneziana cor terracota utilizou-se o índice de absorvidade de 64,6. Deste modo foi necessário calcular fluxo térmico total do vidro e da veneziana de madeira. A partir da soma dos fluxos térmicos totais de cada materialidade foi possível obter a carga total (CT) para a parede Leste.

$$A_{\text{parede norte}} = 8,32 \text{ m}^2$$

$$q_{\text{fo parede norte}} = 36,819 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

$$Q_{\text{parede norte}} = 253,3125 \text{ W}$$

$$A_{\text{vidro}} = 0,72 \text{ m}^2$$

$$q_A = 62,50 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

$$q_S = 148,570 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

$$q_{\text{FT vidro}} = 211,07 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

$$Q_{\text{vidro}} = A_{\text{vidro}} \times q_{\text{FT vidro}} = 151,97 \text{ W}$$

$$A_{\text{madeira}} = 0,72 \text{ m}^2$$

$$q_{\text{fo madeira}} = 46,412 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

$$Q_{\text{madeira}} = 33,417 \text{ W}$$

$$CT_{\text{parede leste}} = 438,6995 \text{ W.}$$

Cobertura

A partir do Índice de Absorvidade (α) e do Índice de Radiação Solar (I), estes valores foram obtidos das tabelas disponibilizadas nas notas de aula do professor, podemos definir a

carga térmica que esta parede recebe. Com a cobertura de telha de barro, pintada na cor pérola, o índice de absorvidade utilizado é o de 33. O horário com maior incidência solar para a cobertura é às 12h00min, o que corresponde ao índice de radiação solar de 1134 Watts. Com estes dados, é calculado o fluxo térmico e o fluxo térmico total que atravessa o fechamento. Em seguida pode-se obter a carga total (CT) para a cobertura.

$$A_{\text{cobertura}} = 8,32 \text{ m}^2$$

$$q_{\text{fo cobertura}} = 48,8952 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

$$Q_{\text{cobertura}} = 406,8083 \text{ W}$$

$$CT_{\text{cobertura}} = Q_{\text{fo cobertura}} = 406,8083 \text{ W}$$

Carga Térmica Total

$$CT_{\text{Total}} = 1201,4271 \text{ W}$$

Ar Condicionado

Sabendo-se as cargas térmicas totais de cada ambiente, pode-se transformar de Watts (W) para BTU/h e assim saber qual a demanda de ar condicionado para o cômodo calculado. A partir do cálculo da demanda acrescido de 500 BTU, valor este considerando duas pessoas por cômodo, encontra-se o ar condicionado com a potência disponível no mercado que possa suprir a necessidade de cada ambiente. Ar Condicionado Calculado_{Dormitório 02} = 1201,4271 = 4599,27 BTUs. Neste caso o ar condicionado disponível no mercado para atender esta demanda é o de 7000 BTUs.

5. APRESENTAÇÃO DO PROJETO COM AS MELHORIAS PROPOSTAS

Por motivos construtivos as paredes externas foram consideradas com espessura de 18,5 cm, de tijolo cerâmico de seis furos. A parede é rebocada nas duas faces e pintadas de cor pêssego. A primeira medida adotada na parte interna foi a do poliestireno estrudado de espessura de 3 cm e placas de gesso acartonado de 1,5 cm. Já na cobertura, que é de forro de madeira (pinus), espessura de 1,5 cm e o telhado de telhas de barro, pintadas na cor de pérola e espessura compatível a 1,0 cm. O forro recebeu um acréscimo de 3,0 de poliestireno estrudado e uma manta de lã de vidro (5 cm) sob as telhas.

Memorial de cálculo do projeto com as melhorias propostas

Com as alterações sofridas as transmitâncias térmicas da parede e da cobertura sofreram alterações que estão propostas abaixo:

Transmitância térmica da parede:

$$U = 0,75 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

Transmitância térmica da cobertura:

$$U = 0,40 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

PRIMEIRO CÔMODO - DORMITÓRIO 01

Parede leste

Todos os dados, referentes a esta parede se encontram melhor descritos, no capítulo anterior.

$$A_{\text{parede leste}} = 2,70 \times 2,60 = 7,02 \text{ m}^2$$

$$Q_{\text{fo parede leste}} = 46,2595 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

$$Q_{\text{parede leste}} = 324,7414 \text{ W}$$

$$CT_{\text{parede sul}} = Q_{\text{parede sul}} = 324,7414 \text{ W}$$

Parede Sul

Os dados utilizados no cálculo desta parede se encontram especificados no capítulo anterior.

$$A_{\text{parede sul}} = 8,32 \text{ m}^2$$

$$q_{\text{fo parede sul}} = 28,301 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

$$Q_{\text{parede sul}} = 194,712 \text{ W}$$

O vidro e a veneziana continuam com os mesmos valores calculados anteriormente.

$$CT_{\text{parede sul}} = 385,9751 \text{ W}$$

Parede oeste

Todos os dados, referentes a esta parede se encontram melhor descritos, no capítulo anterior.

$$A_{\text{parede oeste}} = 2,47 \text{ m}^2$$

$$q_{\text{fo parede oeste}} = 46,2595 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

$$Q_{\text{parede oeste}} = 114,2608 \text{ W}$$

$$CT_{\text{parede oeste}} = Q_{\text{parede sul}} = 114,2608 \text{ W}$$

Cobertura

Todos os dados, referentes a esta parede se encontram melhor descritos, no capítulo anterior.

$$A_{\text{cobertura}} = 8,64 \text{ m}^2$$

$$q_{\text{fo cobertura}} = 10,3902 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

$$Q_{\text{cobertura}} = 89,7710 \text{ W}$$

$$CT_{\text{cobertura}} = Q_{\text{fo cobertura}} = 89,7710 \text{ W}$$

Carga Térmica Total

$$CT_{\text{Total}} = 914,7483 \text{ W}$$

Ar Condicionado

Sabendo-se as cargas térmicas totais de cada ambiente, pode-se transformar de *Watts*

(W) para BTU/h e assim saber qual a demanda de ar condicionado para o cômodo calculado. A partir do cálculo da demanda acrescido de 500 BTU, valor este considerando duas pessoas por cômodo, encontra-se o ar condicionado com a potência disponível no mercado que possa suprir a necessidade de cada ambiente.

$$\text{Ar Condicionado Calculado}_{\text{Dormitório 01}} = 914,7483 = 7000\text{BTUs}$$

Neste caso o ar condicionado disponível no mercado para atender esta demanda é o de 7000 BTUs.

Segundo cômodo – sala de estar Parede Oeste

Todos os dados utilizados no cálculo se encontram melhor especificados no capítulo anterior. Falar que são duas aberturas de 1,2x1,2m.

$$A_{\text{parede oeste}} = 20,93 \text{ m}^2$$

$$q_{\text{fo parede oeste}} = 46,2595 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

$$Q_{\text{parede oeste}} = 834,9831 \text{ W}$$

O vidro e a veneziana por não sofrerem nenhuma melhoria continuam com os mesmos valores calculados anteriormente.

$$CT_{\text{Total}} = 1905,6250 \text{ W}$$

Parede Sul

Todos os dados utilizados no cálculo se encontram melhor especificados no capítulo anterior.

$$A_{\text{parede sul}} = 8,71 \text{ m}^2$$

$$q_{\text{fo parede sul}} = 46,259 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

$$Q_{\text{parede sul}} = 169,130 \text{ W}$$

O vidro e a veneziana por não sofrerem nenhuma melhoria continuam com os mesmos valores calculados anteriormente.

$$CT_{\text{parede norte}} = 1487,4733 \text{ W}$$

Parede norte

Todos os dados utilizados no cálculo se encontram melhor especificados no capítulo anterior.

$$A_{\text{parede norte}} = 8,71 \text{ m}^2$$

$$q_{\text{fo parede norte}} = 28,0414 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

$$Q_{\text{parede norte}} = 244,2406 \text{ W}$$

$$CT_{\text{parede norte}} = Q_{\text{parede sul}} = 244,2406 \text{ W}$$

Cobertura

Todos os dados utilizados no cálculo se encontram melhor especificados no capítulo anterior.

$$A_{\text{cobertura}} = 26,968 \text{ m}^2$$

$$q_{\text{fo cobertura}} = 10,3902 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

$$Q_{\text{cobertura}} = 280,1966 \text{ W}$$

$$CT_{\text{cobertura}} = Q_{\text{fo cobertura}} = 280,1966 \text{ W}$$

Carga Térmica Total

$$CT_{\text{Total}} = 3918,9338 \text{ W}$$

Ar Condicionado

Sabendo-se as cargas térmicas totais de cada ambiente, pode-se transformar de *Watts*

(W) para BTU/h e assim saber qual a demanda de ar condicionado para o cômodo calculado. A partir do cálculo da demanda acrescido de 500 BTU, valor este considerando duas pessoas por cômodo, encontra-se o ar condicionado com a potência disponível no mercado que possa suprir a necessidade de cada ambiente.

$$\text{Ar Condicionado Calculado}_{\text{sala de estar}} = 3918,9338 = 13871,40 \text{ BTUs}$$

Neste caso o ar condicionado disponível no mercado para atender esta demanda é o de

18.000 BTUs.

Terceiro cômodo - dormitório 02

O terceiro cômodo (dormitório 02) possui duas paredes com dimensões de 3,20 x 2,25, com pé direito interno de 2,60 m. A parede norte possui uma esquadria de dimensões de 120 x 120 cm, a outra parede é vedada.

Parede leste

Todos os dados utilizados no cálculo se encontram melhor especificados no capítulo anterior.

$$A_{\text{parede leste}} = 5,85 \text{ m}^2$$

$$q_{\text{fo parede leste}} = 46,3369 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

$$Q_{\text{parede leste}} = 271,0710 \text{ W}$$

$$CT_{\text{parede leste}} = Q_{\text{parede leste}} = 271,0710 \text{ W}$$

Parede Norte

Todos os dados utilizados no cálculo se encontram melhor especificados no capítulo anterior.

$$A_{\text{parede norte}} = 8,32 \text{ m}^2$$

$$q_{\text{fo parede norte}} = 28,041 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

$$Q_{\text{parede norte}} = 192,925 \text{ W}$$

O vidro e a veneziana por não sofrerem nenhuma melhoria continuam com os mesmos valores calculados anteriormente.

$$CT_{\text{parede norte}} = 378,3119 \text{ W}$$

Cobertura

Os dados das variáveis utilizadas no cálculo estão especificadas no capítulo anterior.

$$A_{\text{cobertura}} = 8,32 \text{ m}^2$$

$$q_{\text{fo cobertura}} = 10,3902 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

$$Q_{\text{cobertura}} = 86,4461 \text{ W}$$

$$CT_{\text{cobertura}} = Q_{\text{fo cobertura}} = 86,4461 \text{ W}$$

Carga Térmica Total

$$CT_{\text{Total}} = 735,8290 \text{ W}$$

Ar Condicionado

Sabendo-se as cargas térmicas totais de cada ambiente, pode-se transformar de *Watts*

(W) para BTU/h e assim saber qual a demanda de ar condicionado para o cômodo calculado. A partir do cálculo da demanda acrescido de 500 BTU, valor este considerando duas pessoas por cômodo, encontra-se o ar condicionado com a potência disponível no mercado que possa suprir a necessidade de cada ambiente.

Ar Condicionado Calculado_{dormitório 02} = 735,8290 = 3010,65 BTUs

Neste caso o ar condicionado disponível no mercado para atender esta demanda é o de 7000 BTUs.

5. CONCLUSÃO

Concluimos, portanto que com esse estudo, quando a edificação tem um projeto térmico, o ganho em economia em longo prazo é bem significativo, em certos casos em até curto período de tempo. Observamos, também que o estudo de materiais e técnicas que vedam o calor são fundamentais, para um projeto de bom conforto térmico e consciência ambiental. A edificação readaptada minimizou a carga térmica, gerando uma diferença significativa de potência requerida. Também é perceptível ver que as alterações contribuíram para minoração da transmitância térmica, ou seja, a demanda por ar condicionado teve uma redução em todos os cômodos. Isso torna a edificação mais sustentável, sem deixar de atender as normas de conforto térmico. Ao final, concluimos que a utilização de projeto e técnicas construtivas, somadas a adoção de materialidades e análise térmica é possível otimizar o conforto térmico de uma edificação Minha Casa Minha Vida (MCMV).

REFERÊNCIAS

ASHRAE, **ASHRAE Handbook - Fundamentals**, American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers, Atlanta, 2005.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575 – **Norma de desempenho para edificações habitacionais**. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

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

Desempenho Térmico de Edificações – Laboratório de Eficiência Energética de Edificações da UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. Disponível em: <www.ceap.br/material/MAT_25022013164631.pdf> Acessado em: 19 de outubro de 2016.