

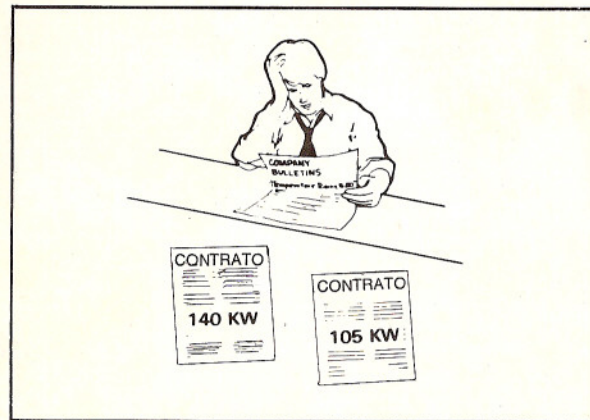


**FIGURA 01**

Já aconteceu, com os senhores, alguma coisa semelhante a esta?  
Um escritório no Rio recebeu as seguintes propostas de ar condicionado:

Instalador A	140 KW
Instalador B	105 KW

O instalador B ganhou a concorrência e instalou 105 KW de capacidade. O cliente não ficou satisfeito, e mais tarde em menos de seis meses, houve a substituição pelo Instalador A com 140 KW.



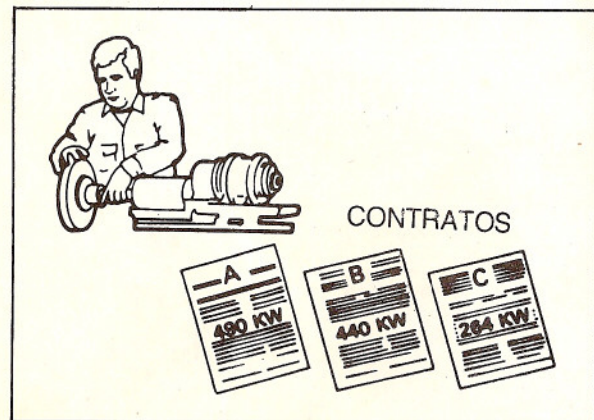
**FIGURA 02**

Um fabricante de máquinas ferramentas em S. Paulo recebeu as seguintes propostas:

Instalador A	490 KW
Instalador B	440 KW
Instalador C	264 KW

O instalador C ganhou a concorrência, instalou 264 KW de capacidade e o cliente está completamente satisfeito.

Estes exemplos ilustram o fato de que, nem sempre uma capacidade frigorífica alta, ou baixa, é realmente a correta, existindo porém a necessidade de uma análise real dos fatores de carga envolvidos.



**FIGURA 03**

Uma estimativa de carga exata indicará:

- Os requisitos reais de refrigeração ou de aquecimento.
- As possibilidades para obter maior redução de carga com menor custo.
- A seleção do equipamento mais econômico.
- O sistema de distribuição de ar mais eficiente.

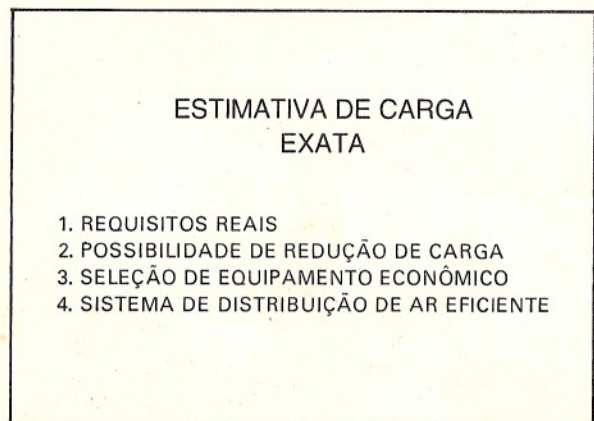




FIGURA 04

Entretanto, torna-se necessário algo mais, além da folha de estimativa de carga. Aprender a selecionar um fator de 300 e multiplicá-lo por  $4,5 \text{ m}^2$  de vidro, não é o suficiente para mostrar que economia pode ser feita no custo do equipamento e operacional. É indispensável levantar corretamente a carga térmica. Por exemplo: existem diversas aplicações comerciais onde o efeito de armazenagem, similar aos dos supermercados, pode ser usado.

Se a característica da carga for conhecida, fica-se apto para analisar qualquer aplicação, indiferentemente da forma de estimativa específica usada, obtendo-se a carga correta e a seleção do equipamento apropriado.

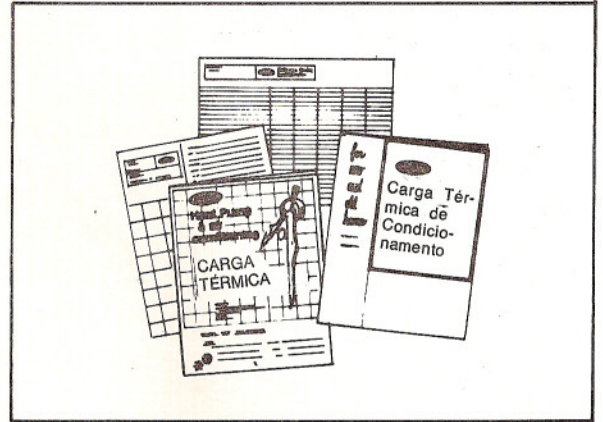


FIGURA 05

A análise de uma carga de ar condicionado fica simplificada pela divisão preliminar em grupos, das fontes de calor envolvidas, conforme sejam, externas ou internas. Sob a forma de cargas externas temos o calor conduzido, o calor solar, e carga de ar exterior a partir da ventilação ou da infiltração.

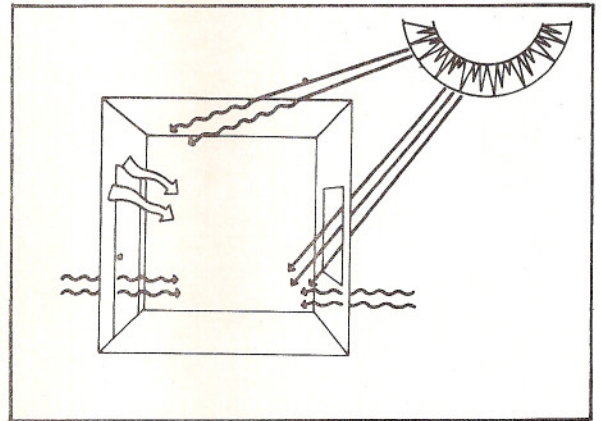


FIGURA 06

O calor interno pode ser proveniente das pessoas, luzes, motores elétricos, máquinas de escritório, computadores, eletrodomésticos, processamentos, etc...

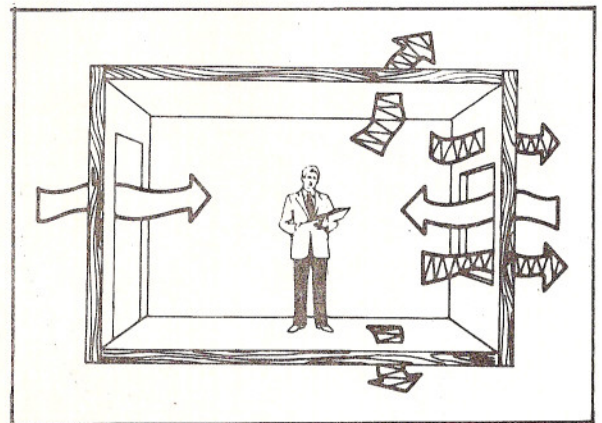




FIGURA 07

Agora vejamos como cada item afeta a carga, começando com as fontes externas, como no caso do calor conduzido, ou seja aquele que é transmitido pelo fenômeno da condução.

O calor que flui através de uma parede ou outro tipo de estrutura depende da diferença de temperatura entre os dois lados – quanto maior for a diferença de temperatura, maior será o fluxo de calor. Este fluxo de calor vai depender também da área, e naturalmente do tipo de construção, o qual determina a quantidade de calor que pode passar através de cada metro quadrado de área. Cada tipo de construção possui um determinado fator “U” chamado coeficiente global de transmissão de calor. O Manual Carrier para Projetos de Sistemas inclui Tabelas de Fatores “U” para os diversos tipos de construção. O total do fluxo de calor conduzido é então obtido pela multiplicação do fator “U” pela área da estrutura, e pela diferença total de temperatura.

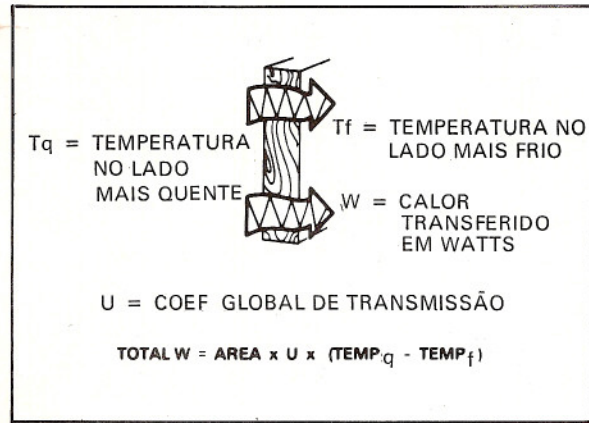


FIGURA 08

Por exemplo – uma parede divisória com 9.000mm de comprimento por 3.000mm de altura possui uma temperatura de 32°C no lado sem condicionamento e de 27°C no lado com condicionamento. Consultando-se um conjunto de tabelas de fator “U”, foi encontrado para o caso de uma parede divisória típica de alvenaria com 200mm, um valor de 1,96W/m<sup>2</sup> para cada metro quadro e por grau de diferença de temperatura. O calor conduzido é portanto igual 1,96W vezes 27m<sup>2</sup> vezes uma diferença de 5°C, ou seja, igual a 264,6 WATTS.

Complementarmente ao fluxo de calor através de divisórias, o calor conduzido pode ser propagado através de tetos, pisos, paredes e vidros.

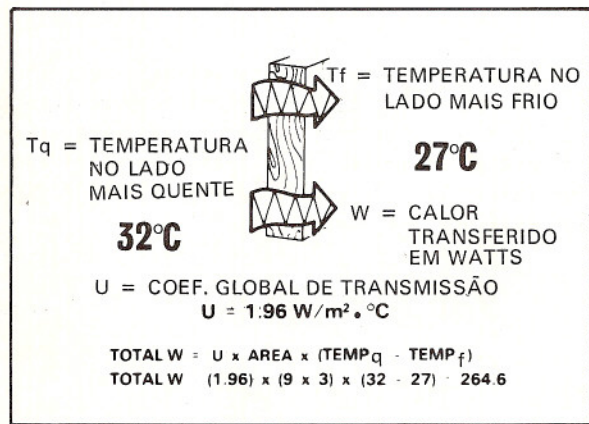


FIGURA 09

Para comparação destes componentes, algumas construções típicas estão relacionadas aqui, com o respectivo fator “U” para cada uma. O fluxo de calor através da janela é bem maior em comparação com os outros fatores, considerando-se a mesma diferença de temperatura.

Diagrama	Descrição	FATOR U
	JANELA COM VIDRO COMUM	<b>6.42</b>
	PAREDE DE RESIDÊNCIA	<b>1.42</b>
	COBERTURA E TETO RESIDENCIAL	<b>1.76</b>
	PAREDE COMERCIAL	<b>1.87</b>
	COBERTURA E TETO COMERCIAL	<b>2.27</b>



FIGURA 10

Um metro<sup>2</sup> de vidro comum de janela deixa passar tanto calor quanto cerca de 4,5m<sup>2</sup> de parede residencial ou quatro metros quadrados de telhado residencial, ou 3,5m<sup>2</sup> de parede comercial, ou 3m<sup>2</sup> de cobertura comercial.

Felizmente, muito pode ser feito para diminuir o fluxo do calor conduzido através do vidro.






	JANELA COM VIDRO COMUM	FATOR U <b>6.42</b>	m <sup>2</sup> comparado com o vidro
	PAREDE DE RESIDÊNCIA	<b>1.42</b>	<b>4½</b>
	TELHADO E TETO DE RESIDÊNCIA	<b>1.76</b>	<b>4</b>
	PAREDE COMERCIAL	<b>1.87</b>	<b>3½</b>
	COBERTURA E TETO COMERCIAL	<b>2.27</b>	<b>3</b>

FIGURA 11

O calor conduzido pode ser reduzido de 60% apenas pela instalação de janelas a prova de intempéries bem vedadas, as quais reduzem o fator "U" do vidro, de 6,42 para 2,56. Caso sejam empregadas janelas com vidro duplo, com o espaço de ar de 6mm e selado, o fator passa para 3,69. Isto reduz a passagem do calor transmitido em cerca de 43%.




	FATOR U	% REDUÇÃO DE CALOR TRANSMITIDO
	JANELA <b>6.42</b>	—
	JANELA A PROVA DE INTEMPÉRIE <b>2.56</b>	<b>60</b>
	JANELA DE VIDRO DUPLO <b>3.69</b>	<b>43</b>

FIGURA 12

Vejamos o que pode ser feito em relação a paredes e tetos. O isolamento reduz a transmissão de calor através das paredes e do teto. Para ver o quanto algum isolamento deve ser usado, bem como onde o mesmo se torna eficiente e econômico, vamos comparar a redução do percentual de transmissão de calor com base em uma parede sem isolamento em relação a outras com respectivamente 25mm, 50mm, 75mm e 100mm.

ISOLAMENTO	mm	FATOR U	% DE REDUÇÃO DE CALOR TRANSMITIDO
	NENHUM	<b>1.42</b>	<b>0</b>
	<b>25 mm</b>	<b>0.738</b>	<b>48</b>
	<b>50 mm</b>	<b>0.540</b>	<b>62</b>
	<b>75 mm</b>	<b>0.426</b>	<b>70</b>
	<b>100 mm</b>	<b>0.355</b>	<b>75</b>



FIGURA 13

A inclusão de 25mm de isolamento mostra uma redução de 48%. Adicionando mais 25mm teremos uma redução complementar de 14% enquanto que os próximos 25mm reduzem a transmissão de calor mais 8%, finalmente os últimos 25mm dão uma redução de 5%.

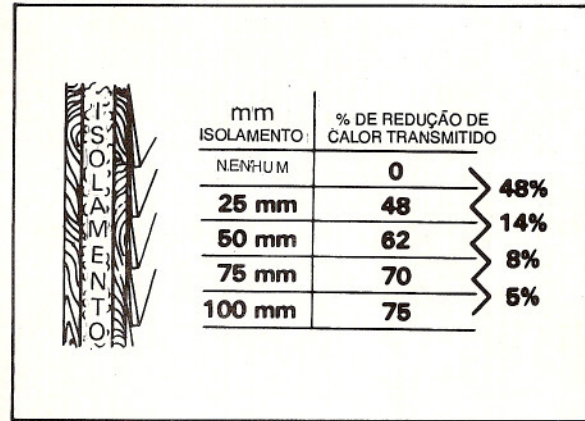


FIGURA 14

O isolamento é sempre mais importante no telhado ou no teto de cobertura. Aqui podemos ver a redução da transmissão de calor quando o isolamento é acrescentado.

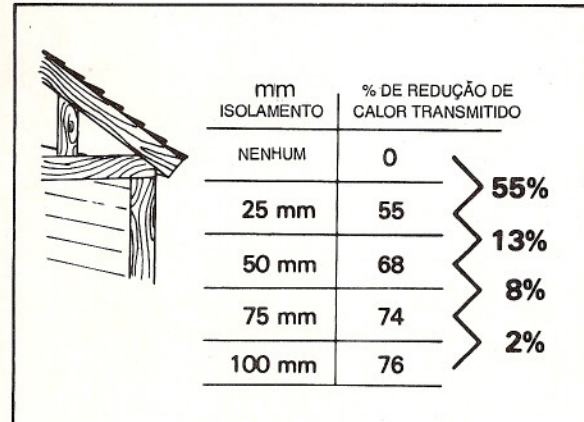


FIGURA 15

Agora vamos estudar uma das maiores fontes externas de carga térmica no verão, o sol.

O calor solar pode penetrar em uma edificação através de 3 (três) caminhos: pelo vidro, paredes e telhado.

1) O calor solar através do vidro é absorvido instantaneamente no aposento. É assim um complemento ao calor conduzido que atravessa o vidro.

A energia solar radiante que passa através do vidro atinge objetos dentro do aposento tais como assoalhos, paredes e móveis. A energia solar aquece estes objetos acima da temperatura do aposento e este calor armazenado é então liberado para o ambiente por convecção. Este processo retarda a liberação de energia solar para o aposento.

2) Entretanto, no caso de paredes e telhados, o sol aquece a superfície externa e então o calor é conduzido para dentro do aposento. Dependendo do tipo de construção, existe um tempo de retardamento, de duas até dez horas antes que este calor atinja o aposento. Isto significa que o calor pode penetrar após o sol se ter posto.

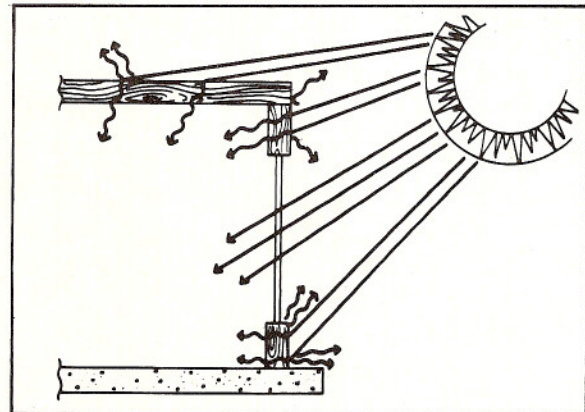




FIGURA 16

A quantidade exata de ganho de calor a partir de qualquer uma das fontes, depende da área, da orientação de cada parede, da sombra, e do tipo e cor da superfície exposta ao sol. Vai depender também da posição do sol, isto é da estação do ano, da hora do dia, e da latitude onde a edificação está localizada.

Primeiramente vamos ver o efeito do calor solar, que se propaga através do vidro, sobre a carga de resfriamento. Aqui é vista a penetração de luz em um quadrado de vidro comum de janela, orientado para leste no mês de Fevereiro. Como seria de esperar, com o sol nascendo a Leste, o calor solar através de um vidro para leste é muito alto por volta das 8 horas da manhã, e cai do meio-dia para a tarde.

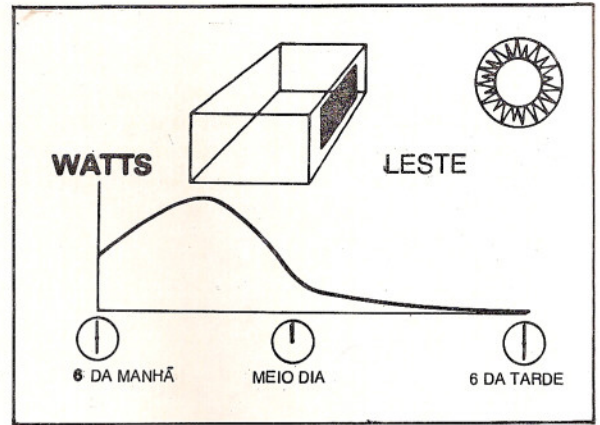


FIGURA 17

Os vidros para o lado do Norte apresentam a maior carga ao meio-dia, com cargas menores pela manhã e à tarde.

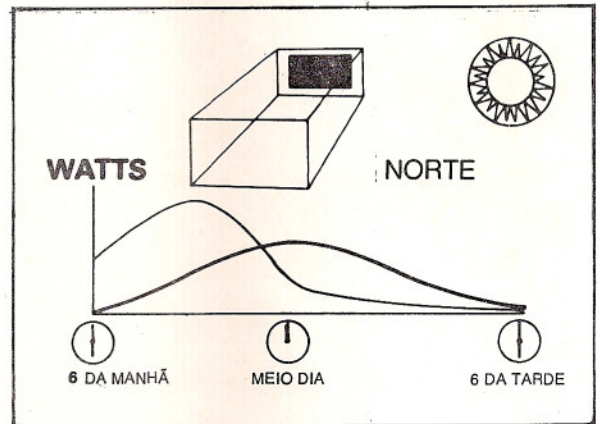


FIGURA 18

O vidro no lado Oeste é justamente o contrário do vidro do lado Leste, atingindo o seu pico de carga por volta das quatro horas da tarde.

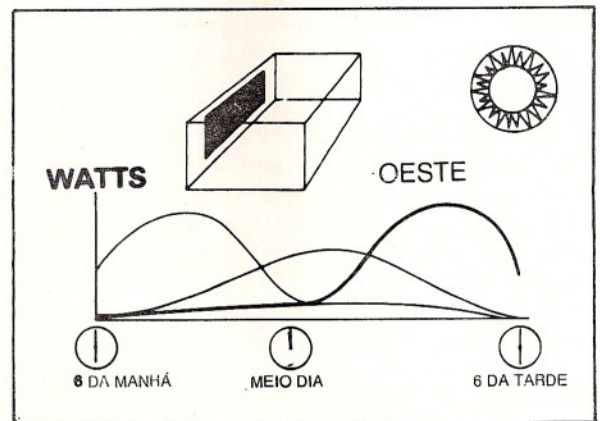




FIGURA 19

O vidro virado para o sul, bem como qualquer vidro que fica a sombra todo o dia, recebe algum calor solar que é refletido pela poeira em suspensão no ar. Naturalmente, este calor será bem menor quando comparado com a luz solar direta.

O conhecimento destas curvas, freqüentemente, ajuda a tomar decisões na seleção do equipamento. Por exemplo: o custo de um equipamento para uma sala de exposição de automóveis pode ser reduzido de até 25%, caso a grande área de vitrina fique virada para Leste ou Sudeste. Freqüentemente o proprietário está disposto a aceitar uma temperatura interior ligeiramente mais alta pela manhã, durante umas duas horas, quando estão presentes normalmente poucos clientes. Então pode ser selecionado um equipamento menor para as outras horas do pico de carga, quando os vidros expostos aos lados sul e sudeste não apresentam uma carga constituída por um fator tão grande.

Estas curvas também mostram que a absorção de calor pelos vidros virados para o sul, ou sombreados, é apenas cerca de um décimo do pico de carga para os vidros a Leste ou Oeste, e cerca de um sétimo dos vidros ao Norte. É óbvio que o sombreamento eficaz, ou a orientação adequada do vidro pode resultar numa apreciável redução do calor solar.

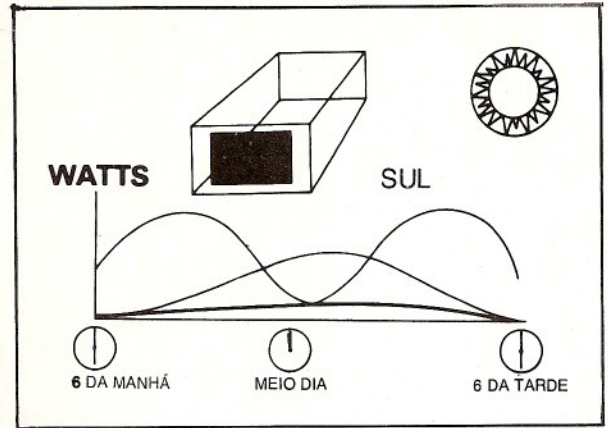


FIGURA 20

Caso o sombreamento externo completo do vidro seja impossível, existem outros métodos de eficiência parcial para reduzir a carga solar. Estes fatores indicam a porcentagem da redução na carga solar, quando são usados dispositivos de sombreamento.

Um toldo externo bloqueará 75% do calor solar, enquanto que venezianas ou cortinas de enrolar do tipo "quebra-luz", darão uma redução de 35% no calor solar através do vidro.

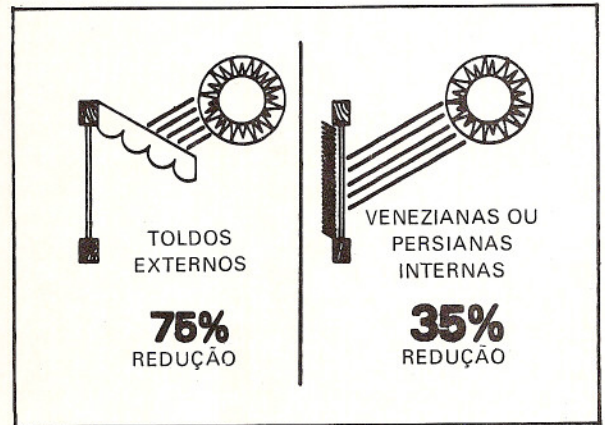


FIGURA 21

O calor solar também pode ser reduzido pelo uso de tipos especiais de vidro ao invés dos tipos comuns de vidros de janela. A redução de carga para o vidro absorvente em comparação com o vidro comum, é de 25% para os vidros duplo é de 10 a 20% e ainda para o caso de vidros coloridos pode variar de 30 a 65% dependendo da cor utilizada.

		REDUÇÃO DO CALOR SOLAR
	VIDRO ABSORVENTE	<b>25%</b>
	JANELAS DUPLAS	<b>10-20%</b>
	VIDRO COLORIDO	<b>30-65%</b>



FIGURA 22

Agora passemos a considerar o efeito do sol sobre as paredes e telhados.

Nestes casos, o sol aquece a superfície externa

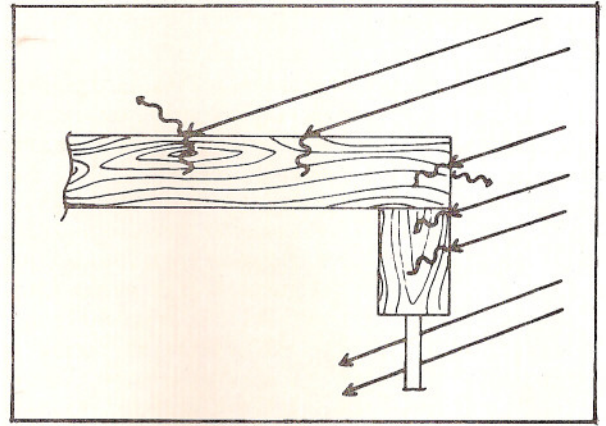


FIGURA 23

...e então este calor gradualmente se propaga para dentro da edificação. Uma vez que a temperatura da superfície externa, devida ao calor solar, é mais elevada do que a temperatura do ar, nem todo o calor atinge o interior da edificação. Assim parte do calor se transfere para o ar externo. O efeito do tipo de construção e outros fatores neste ganho solar podem ser estudados pela observação de exemplos específicos.

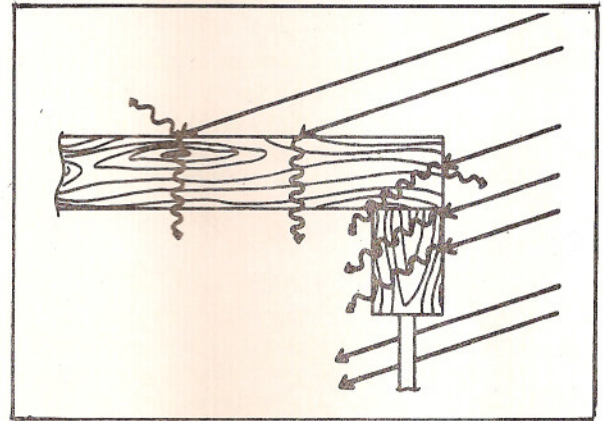


FIGURA 24

Esta representação gráfica mostra o calor (WATT) se propagando para dentro da edificação através de um metro quadrado de teto sem isolamento.

A intensidade de calor, através de tetos de madeira leve tem seu pico por volta das 14 horas com 57 WATT/m<sup>2</sup>.

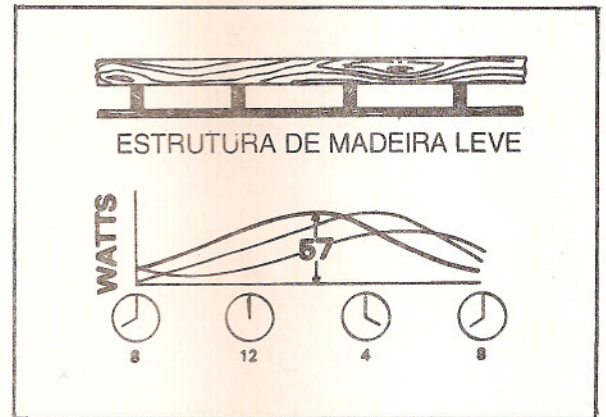


FIGURA 25

Os tetos em concreto de 100mm possuem picos que ocorrem por volta das 16 horas e com aproximadamente 60 WATTS/m<sup>2</sup>.

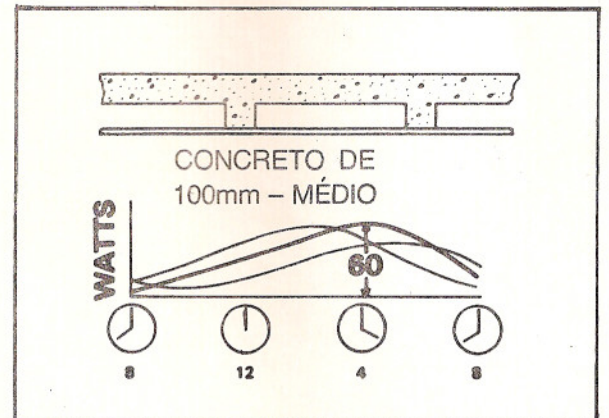




FIGURA 26

Os tetos em concreto pesado de 150mm apresentam picos de aproximadamente 47 WATTS/m<sup>2</sup> ocorrendo entre 14 e 16 horas.

Realmente existe muito pouca diferença na quantidade do fluxo de calor que atravessa os tetos sem isolamento, exceto quanto a hora do pico. Os tetos mais pesados, obviamente, possuem um pico mais tardio, porém de menor valor.

O efeito de acrescentar isolamento seria o mesmo conforme discutido anteriormente para o caso do calor conduzido, ou seja, uma redução em cerca da metade para um isolamento de 25mm cerca de 2/3 com 50mm e cerca de 3/4 com 75 a 100mm.

A melhor combinação seria um teto pesado com 75 a 100mm de isolamento.

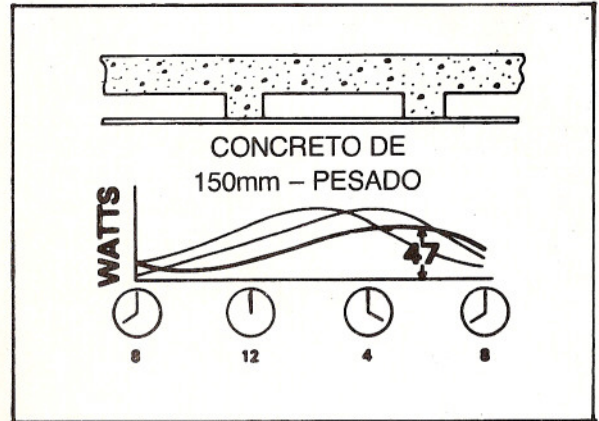


FIGURA 27

A carga de calor através do teto pode ser reduzida pela pulverização de água no teto ou pela cobertura do teto com água. Isto reduziria a carga de pico em cerca de dois terços.

Um teto completamente sombreado resulta numa redução de 75% em relação a carga de pico de um teto ensolarado.

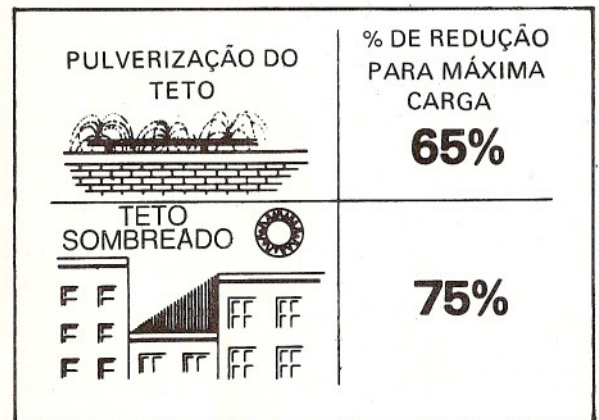


FIGURA 28

O efeito do sol batendo nas paredes é muito semelhante ao que acontece com o teto. Porém um outro fator é envolvido, ou seja, o lado para o qual a parede está virada. As paredes e o teto arrefecem durante a noite. A hora em que o calor começa a atingir o interior depende da hora em que o sol começa a bater na parede. Em casos como este as paredes podem introduzir um efeito de resfriamento até que o sol as aqueça.

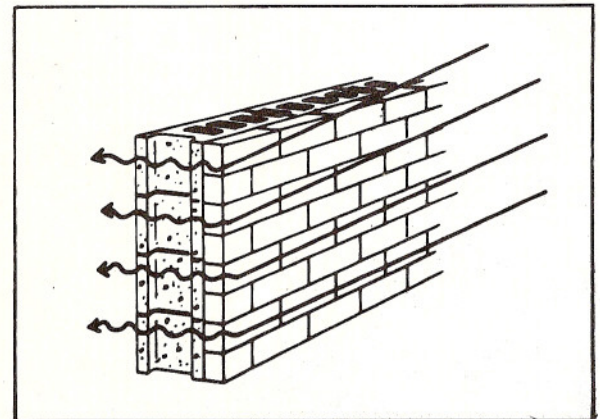




FIGURA 29

Está aqui a intensidade de calor em Watt que passa através de um metro quadrado de parede de estrutura típica, para residências, nos diversos lados da edificação. Como seria de esperar, a parede situada a Leste aquece primeiro, depois a do Norte, a seguir a de Oeste, e finalmente a do Sul.

Observe também que a maior quantidade de calor penetra pela parede Oeste. Isto é devido ao fato de que a temperatura externa torna-se alta ao mesmo tempo que o sol está batendo na parede, e de tal forma que menos calor será retirado da superfície externa aquecida.

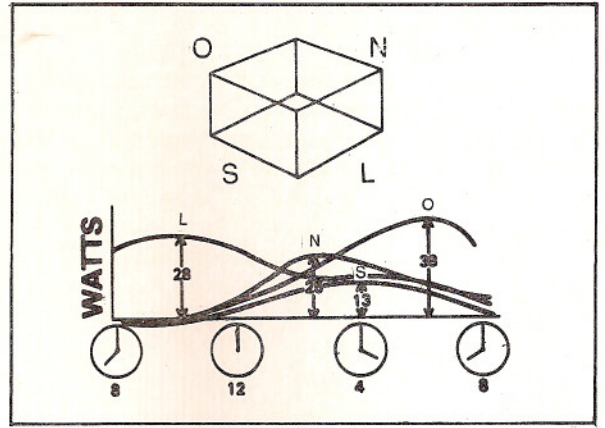


FIGURA 30

O mesmo tipo de comparação pode ser feito para paredes de construção comercial. Entretanto geralmente esta parede de construção mais espessa demora mais tempo tanto para ser aquecida como para esfriar. Assim, este tipo de parede deixa passar menos calor, que penetra na edificação mais tarde.

Observe também que há maior quantidade de calor entre 20 e 22 horas, do que em qualquer outra hora do dia.

O efeito total da transmissão de calor solar através das paredes é entretanto menor quando comparado com o teto e os vidros.

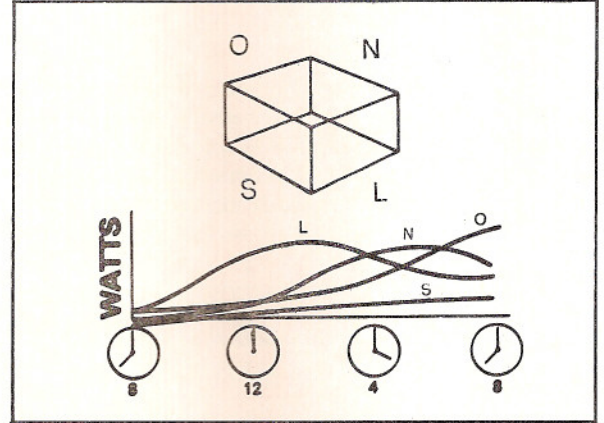


FIGURA 31

Este gráfico compara o ganho de calor através de um metro quadrado de vidro comum, sem sombreamento e orientado para Oeste, um metro quadrado de teto de cobertura, e um metro quadrado de parede virada para Oeste, todos com uma indicação da importância relativa do vidro na carga de resfriamento.

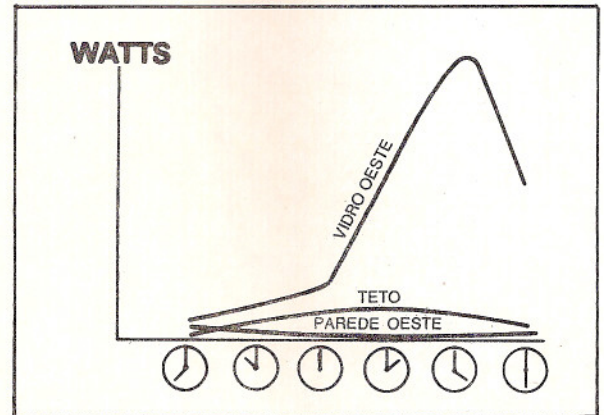




FIGURA 32

Outra fonte externa de carga térmica é o ar exterior, que supre normalmente a ventilação. Este ar pode ser suprido por um duto de ar exterior, ou pela dependência de infiltração em volta das janelas e através das portas. Qualquer que seja o caminho pelo qual o ar penetra, ele deve ser obrigatoriamente resfriado e desumidificado no verão para condicionar o aposento.

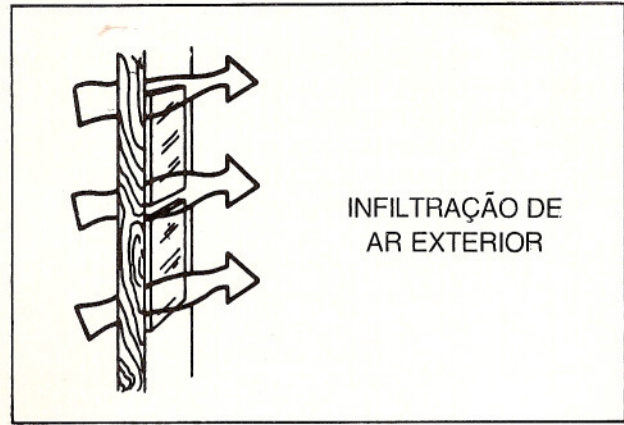


FIGURA 33

A quantidade de calor sensível que deve, obrigatoriamente ser removida, pode ser determinada pela multiplicação do fator 1,23 vezes a vazão em l/s do ar exterior, vezes a diferença de temperatura entre as condições externas e internas.

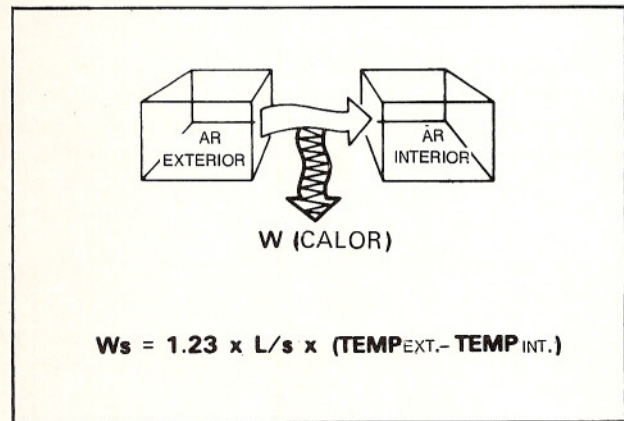


FIGURA 34

Por exemplo: quando um l/s de ar exterior a uma temperatura de bulbo seco de 35 °C, é introduzido dentro do aposento a 25 °C, o calor sensível a ser removido é 1,23 vezes a diferença de temperatura de 10 °C, ou seja 12,3 Watts para cada l/s.

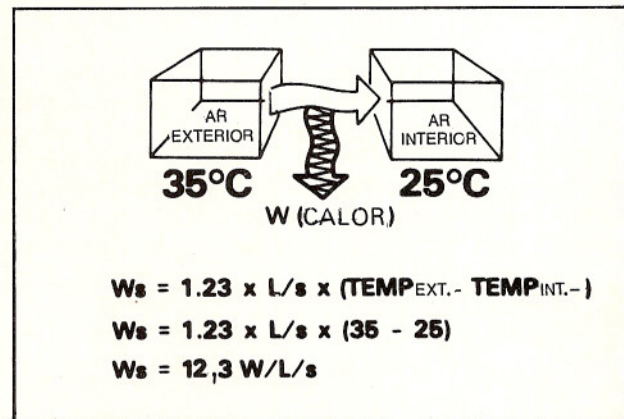




FIGURA 35

A temperatura de projeto do ar interior, é determinada pelas condições de trabalho. A temperatura ou intensidade de calor sensível do ar exterior varia com a hora do dia.

Para uma temperatura externa com um pico de 35 °C e para uma temperatura interna de 26,6 °C, a intensidade de calor sensível por litros por segundo, varia conforme visto na figura.

	8	10	12	2	3	5	6	8
TEMPERATURA EXTERNA °C	27	29	32	34	35	34	33	31
WATTS POR L/s	2.5	4.9	8.6	11.1	12.3	11.1	9.8	7.4

FIGURA 36

Agora vamos considerar a quantidade de ar exterior que penetra dentro do aposento por infiltração. Isto vai depender da velocidade do vento no lado exterior, das frestas, e da quantidade de janelas e portas.

INFILTRAÇÃO  
É FUNÇÃO DE:

1. VELOCIDADE DO AR
2. FRESTAS
3. PORTAS OU JANELAS

FIGURA 37

Complementarmente à infiltração do ar existe a necessidade de remoção do ar. Os "padrões" de renovação já foram estabelecidos para a maioria das aplicações e podem ser obtidos no Manual Carrier de Projeto de Sistemas. Quando informações específicas não estiverem disponíveis, pode ser feita uma estimativa básica de um mínimo de 2,5 l/s até o valor recomendado 3,5 l/s para cada pessoa sem fumar. A partir de 14 l/s até 29 l/s para cada pessoa fumando.

INFILTRAÇÃO

RENOVAÇÃO DE AR  
NECESSÁRIA



FIGURA 38

Alguns exemplos de carga de infiltração, no caso de resfriamento no verão, são 38 Watts através de uma janela de 900mm por 1500mm e 23 Watts por pessoa numa loja de varejo devido a abertura e o fechamento de uma porta de 900mm por 2.100mm.

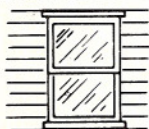
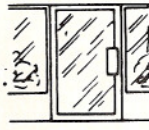
RESFRIAMENTO DE VERÃO		CALOR SENSÍVEL
	JANELA 900 mm x 1500 mm	<b>38 WATTS</b>
	PORTA DE LOJA 900 mm x 2100 mm	<b>23 WATTS</b> POR PESSOA NA LOJA

FIGURA 39

Quando os requisitos de renovação adequada são considerados, a carga de calor sensível de verão do ar exterior a 35 °C é de 130 Watts para cada ocupante de um escritório, 90 Watts por pessoa numa loja de varejo, e 65 Watts para o ar de renovação para cada pessoa numa loja de departamento.




AR DE RENOVAÇÃO		CALOR SENSÍVEL POR OCUPANTE - VERÃO
	ESCRITÓRIO 7.0 L/s	<b>130 WATTS</b>
	LOJA DE VAREJO 5.0 L/s	<b>90 WATTS</b>
	GRANDES LOJAS 3.5 L/s	<b>65 WATTS</b>

FIGURA 40

O ar exterior possui também um excesso de umidade a qual deve, obrigatoriamente, ser removida para satisfazer as condições interiores. Este calor latente pode ser calculado pela multiplicação de um fator de 3.0 vezes a vazão em l/s do ar exterior, vezes o diferencial de umidade em g/Kg de ar entre as condições externas e internas.

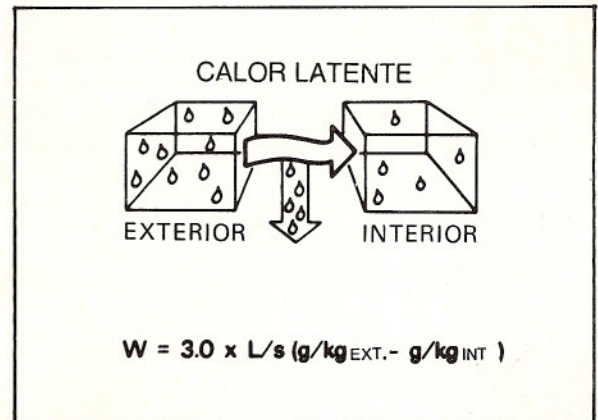




FIGURA 41

Para condições externas de 35 °C BS e 25 °C BU, o conteúdo de umidade é de 16 g/Kg e para 25 °C e 40% UR internas, o conteúdo de umidade é de 10 g/Kg. A carga latente liberada será 18,0 Wátts para cada litro por segundo de ar externo. Desde que o vapor d'água no ar permanece virtualmente constante durante o dia, a carga latente não varia com a hora do dia.

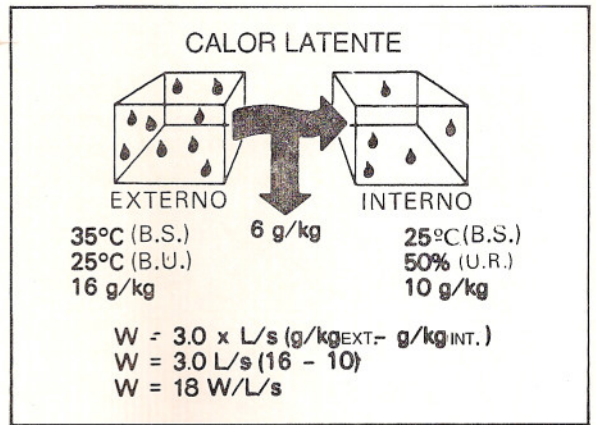


FIGURA 42

Para outras condições externas, com as mesmas condições internas, a carga latente pode ser mais alta como indicada aqui. Obviamente, a condição externa de projeto vai depender da área geográfica considerada.

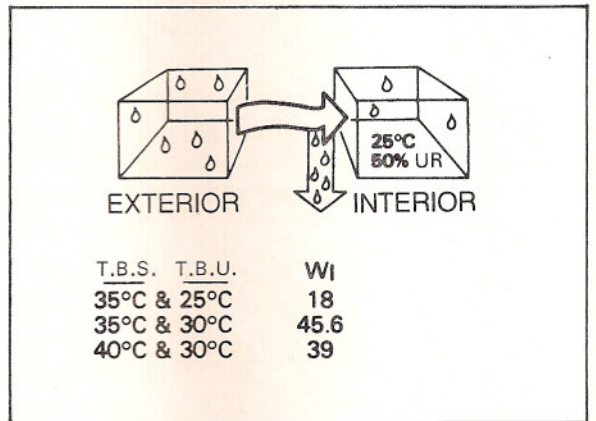


FIGURA 43

Quando a carga latente externa é somada ao ganho de calor sensível, pode-se obter aproximadamente, como regra geral - 1000 l/s de ar exterior que representam uma carga de resfriamento, de 22.000 a 58.000 Watts.

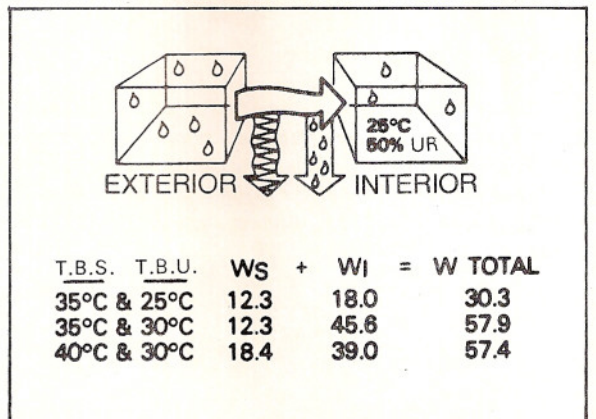




FIGURA 44

As fontes externas de calor variam bastante com as condições atmosféricas (o sol, a hora do dia e o mês), porém em contraste, as fontes internas não sofrem a mesma variação. Uma das mais importantes fontes de calor interno é constituída por pessoas.

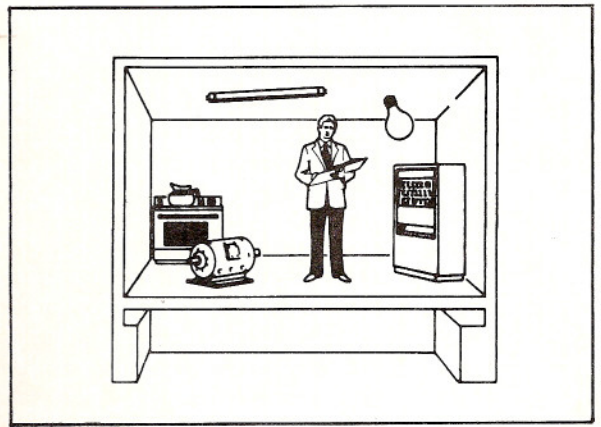


FIGURA 45

Pessoas num aposento cedem, tanto calor sensível como calor latente, da mesma forma como esta acontecendo com todos agora. A quantidade exata é determinada pelo grau de atividade das pessoas e pelas condições do aposento.

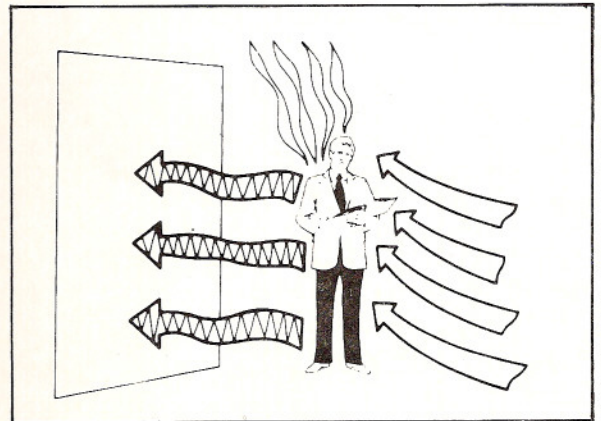


FIGURA 46

Algumas aplicações típicas são: um teatro ou auditório onde as pessoas sentadas sem se mover cedem 55 Watts de calor sensível e 45 Watts latente por pessoa, o que dá um total de 100 Watts para cada pessoa. Um escritório onde teríamos 56 de sensível e 74 de latente para um total de 130 Watts. Uma sala de danças de um "nighth club", "boite", ou "dancing", onde contaríamos com 70 de sensível e 180 de latente, para um total de 250. Um boliche no qual o grande esforço feito pela maioria dos jogadores eleva os valores para 138 sensível e 292 latente, num total de 430 Watts para cada jogador.

É normal que o calor latente dê um grande salto quando a atividade é aumentada. É fácil observar como nos sentimos desidratados após uma grande atividade. Isto é parcialmente devido a evaporação extra do vapor d'água do nosso corpo - calor latente - para manter o "motor" do nosso corpo frio.

FIGURA 47

A seguinte tabela mostra o número de pessoas que representam 1000 Watts de carga, a diferentes níveis de atividade.

Teatro	....	10/1000 W.
Escritório	..	8/1000 W.
Loja	.....	6/1000 W.
Bolão	....	2.5/1000 W.

	SENSÍVEL WATTS	LATENTE WATTS	TOTAL WATTS
TEATRO	55	45	100
ESCRITÓRIO	56	74	130
SALA DE DANÇA	70	180	250
BOLICHE	138	292	430

TEATRO	10/1000 W
ESCRITÓRIO	8/1000 W
LOJA DE VAREJO	6/1000 W
BOLICHE	25/1000 W



FIGURA 48

Admitindo que a carga externa é 22.3 W/(l/s) e a taxa de ventilação para um edifício de escritório é 7 l/s, a carga de ar externo torna-se  $7 \times 22.3$  ou aproximadamente 130 Watts por pessoa. A soma da carga de renovação mais a de pessoas é 286 Watts por pessoa. ( $3,5 \times 286 = 1000$  Watts) como pode ser observado a partir da variação dos valores reais, às normas gerais estimadas são apenas aproximações grosseiras.

Mais uma observação de Cautela: para determinação dos requisitos reais de carga é necessário que se faça uma estimativa de precisão quanto ao número de pessoas que se encontram no local a cada hora do dia. Se bem que esta possa ser uma quantidade difícil de ser obtida, ela é de tal importância que sem ela, a estimativa de carga pode ter pouco valor. Alguns exemplos de aplicações onde isto seria verdadeiro são: restaurantes, teatros e lojas. Quando o cliente não puder fornecer a informação, podem existir valores gerais disponíveis para a maioria das aplicações.




AR DE RENOVAÇÃO + APROXIMADAMENTE 286 WATTS POR PESSOA

CADA 3,5 PESSOAS = APROXIMADAMENTE 1000 WATTS

FIGURA 49


O calor liberado pelas lâmpadas, quer sejam incandescentes ou fluorescentes, não é afetado pela temperatura do aposento. Depende apenas da potência consumida, e este dado ser obtido através do fabricante ou ainda diretamente na própria lâmpada. As potências (Watt) totais das lâmpadas incandescentes são bastante aproximados dos valores nominais indicados na lâmpada. Entretanto as lâmpadas fluorescentes, requerem energia extra para o reator. Com aproximação, o reator consome cerca de 25% do valor nominal de uma lâmpada fluorescente. Assim uma lâmpada de 40 Watts exigiria um total de 1,25 vezes 40 Watts, ou seja igual a 50 Watts. Quando for necessário saber o valor exato da potência, os valores nominais devem ser pedidos aos fabricantes. Isto, é particularmente verdadeiro no caso das lâmpadas "slimline" as quais possuem valores nominais variáveis. Para prever a carga a cada hora do dia, é necessário o tempo de uso das lâmpadas.

LÂMPADAS



INCANDESCENTES = POTÊNCIA EM WATTS

---



FLUORESCENTE = POTÊNCIA EM WATTS MAIS O REATOR

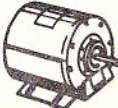
FIGURA 50

O calor liberado por motores, máquinas, e eletro-domésticos é também até certo ponto independente da temperatura do aposento. Depende do gás, ou óleo empregados. Os valores indicados nas respectivas plaquetas podem refletir a carga real. Muitas vezes, por exemplo, motores e outros equipamentos, ou estão sobrecarregados, ou então trabalhando apenas com carga parcial. O fator de uso e o efeito de partidas e paradas devem ser avaliados. Caso não se disponha de informações específicas a respeito, deve-se consultar as tabelas gerais para uso médio, conforme indicadas no Manual de Projetos e Sistemas, da Carrier.

Uma possível fonte de informação do consumo de energia para cada período do dia, é a "companhia de energia elétrica". Ela pode dar ou obter informações do consumo de energia para cada período do dia.

A proporção da potência de saída para a potência de entrada de motores elétricos varia grandemente dependendo do tamanho e tipo do motor usado.


Motores de KW fracionários algumas vezes tem uma eficiência acima de 45% - 55%. Motores de potência inteira em KW tem eficiência variando de 80 a 90% dependendo do tamanho.



MOTORES

APROX. 1100 A 1200 WATTS PARA CADA 1000 W DE POTÊNCIA DE SAÍDA

	SEM TAMPA	COM TAMPA
SENSÍVEL [W]	260	130
LATENTE [W]	60	30



CAFETEIRA



FIGURA 51

Lembram-se desta "Companhia de Máquinas e Ferramentas com a carga de 264 KW?" A Companhia de Energia Elétrica mostrou que a carga real do motor em uso durante o dia, era muito menor que os valores nominais indicados na plaqueta.

Outra razão porque este projeto funcionou apenas com 264 KW de capacidade de resfriamento foi o efeito de armazenagem.



FIGURA 52

Para compreender a armazenagem, primeiramente vamos ver uma carga de resfriamento típica e sua variação durante um dia. O equipamento de ar condicionado poderia ser selecionado para suportar a carga em condições de pico.

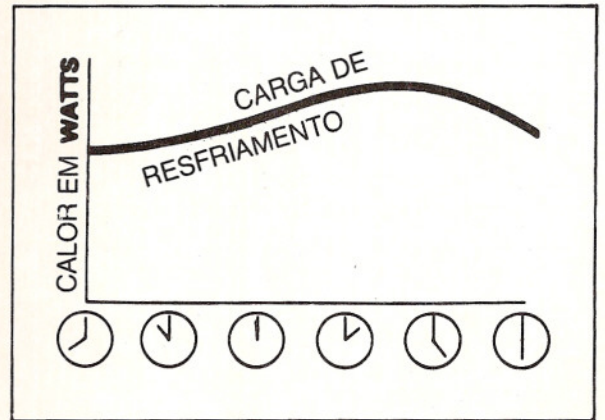


FIGURA 53

Pode ser visto que o equipamento possui excesso de capacidade para as outras horas que não sejam de carga de pico. Talvez seja possível usar-se menos equipamento acumulando o excesso de capacidade de resfriamento durante as horas de carga leve, para então usá-la durante o pico. Isto é o que se entende por efeito de armazenagem. Até certo ponto, é semelhante ao dinheiro extra que se põe num banco, até que se esteja em condições de gastá-lo.

Onde podemos acumular a capacidade extra de resfriamento?

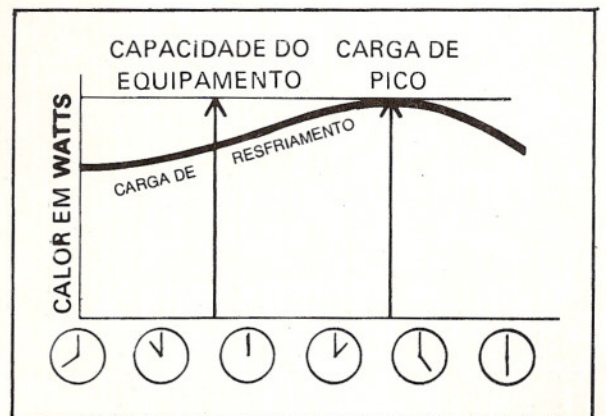




FIGURA 60

O período de pico deve ser obrigatoriamente de tempo de duração relativamente curto.

Para a maioria das aplicações de conforto, alguns graus de redução da temperatura de bulbo seco do aposento, durante o período de pré-resfriamento, não é inconveniente. Sempre que a ocupação ou grau de atividade for tal que o número de graus necessários para o pré-resfriamento venha a causar desconforto, o pré-resfriamento não deve ser considerado. Alguns processos industriais não tolerarão quaisquer mudanças de temperatura, tornando assim impossível a aplicação do efeito de armazenagem.

A armazenagem pode ser usada apenas como um "crédito" caso o período de pico seja relativamente curto; talvez não mais do que duas a três horas. Para picos longos e frequentes a armazenagem não deve ser considerada, uma vez que este efeito ficaria anulado dentro das primeiras horas.

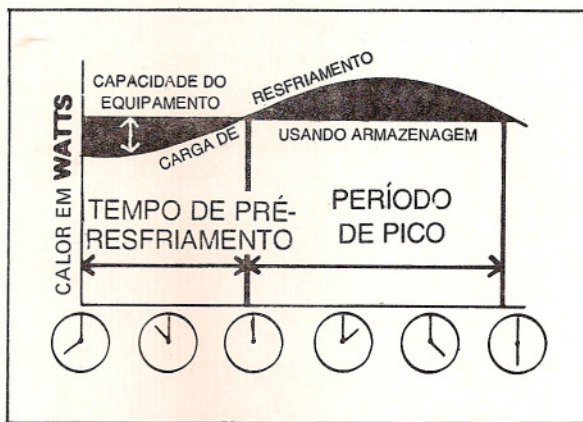


FIGURA 61

Porque gastar tanto tempo discutindo a armazenagem?

O emprego apropriado da armazenagem tem possibilitado a diminuição do custo e tamanho dos equipamentos até dentro do alcance de proprietários de residências, que anteriormente jamais poderiam considerar o uso de ar condicionado. Por outro lado o uso de armazenagem permitiu reduzir o tamanho, e os custos iniciais/operacionais do equipamento, em outras aplicações tais como: igrejas, supermercados, e motéis. O conhecimento das bases para o efeito de armazenagem permite reconhecê-lo e usá-lo sempre que possível.

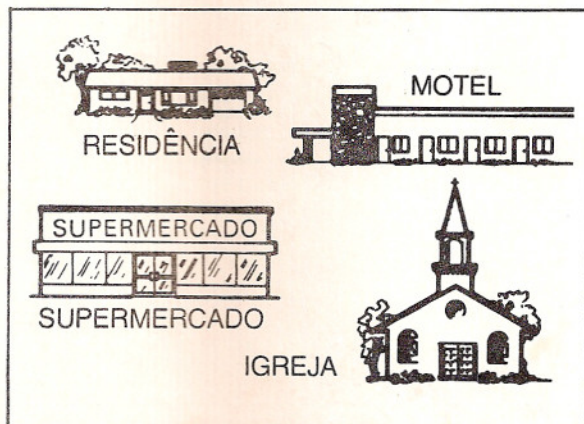


FIGURA 62

Temos ainda outro fator a considerar na estimativa de carga, quando o espaço a ser condicionado está dividido em aposentos separados ou possui várias situações ou espaços que não sejam afetados pela mudança das condições atmosféricas exteriores, ou quando existem grandes variações na carga interna. Todos estes aspectos exigem o que se chama "zoneamento".





FIGURA 63

Nesta planta de escritório podemos dividi-la em quatro subdivisões chamadas "zonas" – a zona leste, a zona Norte, a zona oeste, e a zona combinada Sul com áreas interiores. Os espaços em cada zona devem possuir características similares de carga, afim de que possamos estar aptos a manter condições de conforto uniformes.

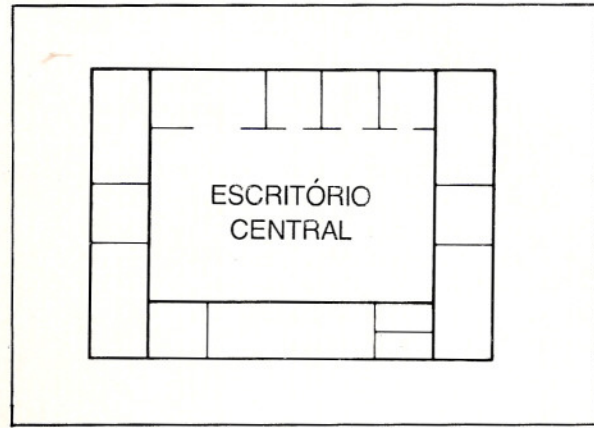


FIGURA 64

Caso seja feita uma estimativa de carga para as 9 horas da manhã pode-se encontrar a seguinte distribuição de carga: 70 Kilowatts a Leste 35 Kilowatts a Norte, 35 Kilowatts a Oeste, e 35 Kilowatts para o restante.

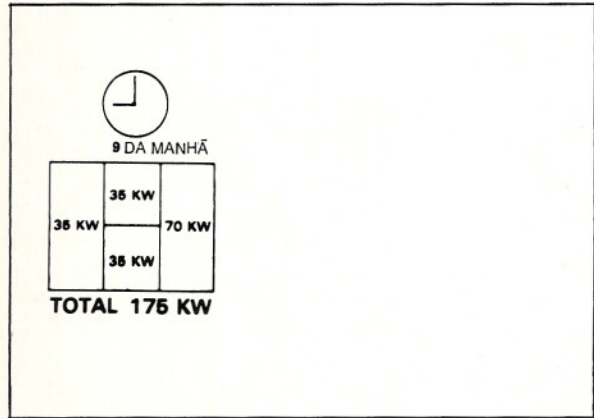


FIGURA 65

Ao meio-dia, a carga mudou um pouco ao redor, porém o total é apenas ligeiramente mais alto, ou seja, 178 KW.

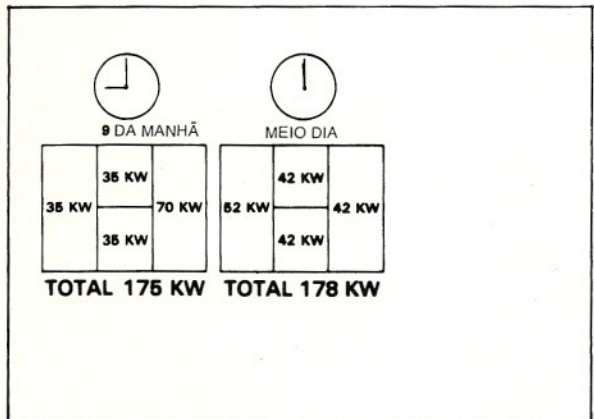




FIGURA 66

Às 15 horas, a carga mudou consideravelmente, e o total agora é de 227 Kw.

Quanto de capacidade de refrigeração deve ser instalada?

Caso seja colocado um sistema de ar condicionado central, é indispensável que estejamos habilitados para mudar o resfriamento, de zona para zona, conforme as necessidades. Então 227 Kw é tudo que necessitamos. Caso seja colocado um equipamento separado para cada zona, então é indispensável que estejamos habilitados para atender o máximo de cada zona.

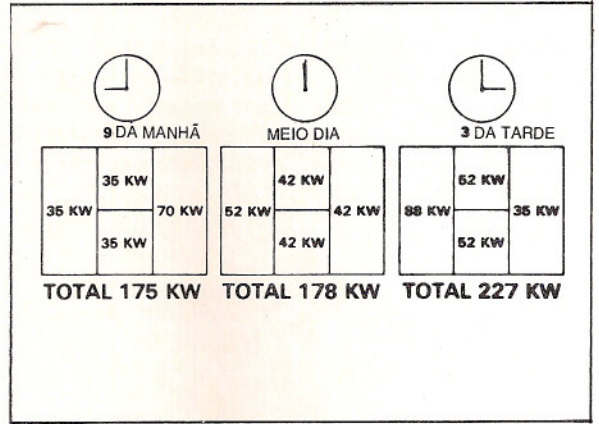


FIGURA 67

Assim seriam: 70 KW para o Leste, 52 KW para o Norte, 88 KW para Oeste, e 52 KW para o restante perfazendo um total de 262 KW.

Entretanto, em qualquer dos casos, a capacidade está projetada para a carga máxima, em cada zona.

Obviamente, cada tipo de sistema tem as suas vantagens, e a melhor escolha deve ser feita para um trabalho específico, porém certifique-se de que conhece quais são suas possibilidades de escolha. Não faça uma estimativa de carga pela metade.

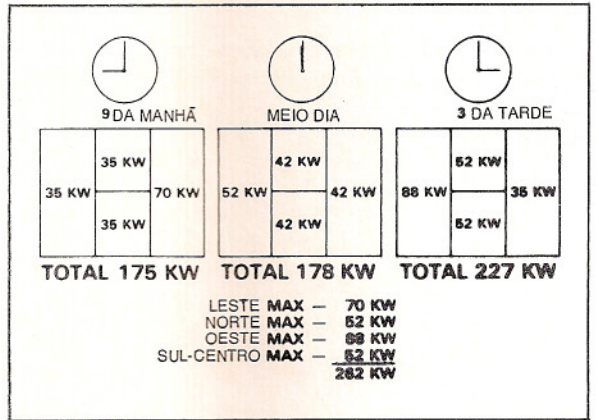
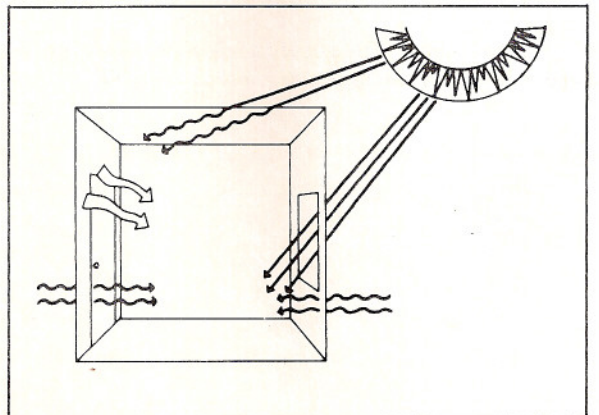


FIGURA 68

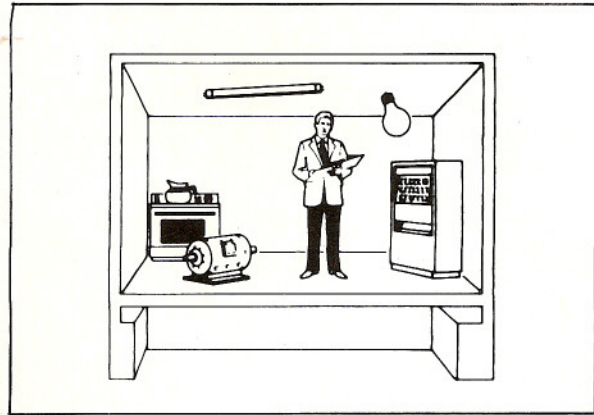
Estudamos sob forma condensada, até aqui, alguns dos fundamentos para a estimativa de carga. Primeiramente dividimos a carga em fontes externas e internas. Foi dito que o maior fator externo para resfriamento era o ganho de calor solar através do vidro.





**FIGURA 69**

É indispensável que sejam consideradas todas as fontes internas de calor no cálculo da carga térmica. São fontes internas – pessoas, luzes, motores, eletro-domésticos, computadores, e processos. Um ponto adicional a ser lembrado é que a carga interna pode ser tão alta que seja necessária uma carga de resfriamento mesmo quando a temperatura externa for de 15 °C ou menor.



**FIGURA 70**

Vimos também que o conhecimento e o uso apropriado do efeito de armazenagem pode reduzir o custo inicial, o tamanho, e também o custo operacional do equipamento de ar condicionado para diversas aplicações.



**FIGURA 71**

O zoneamento também pode ser importante na seleção do equipamento mais econômico.

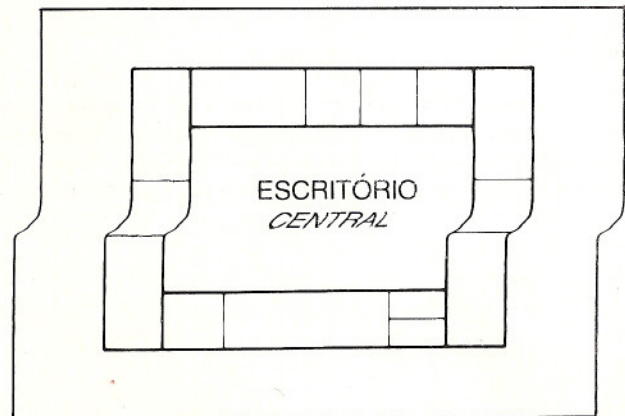




FIGURA 72

Tudo isto se soma à estimativa de carga apropriada, e significativa que podemos projetar o melhor sistema para os nossos clientes, e com conhecimento de causa.

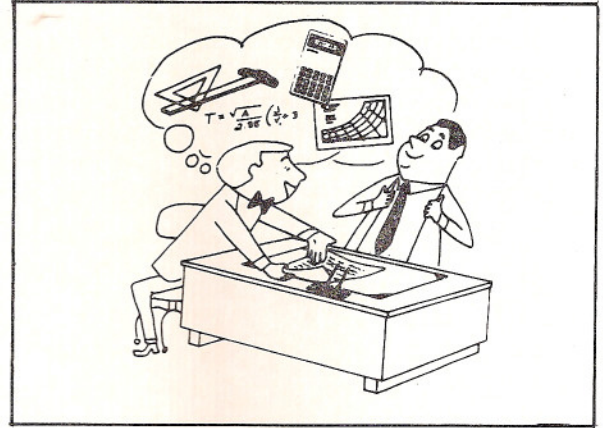


FIGURA 73

**AQUECIMENTO**



FUNDAMENTOS DE  
CONDICIONAMENTO DE AR  
ESTIMATIVA DE CARGA  
TÉRMICA  
AQUECIMENTO

PROGRAMA DE DESENVOLVIMENTO TÉCNICO

FIGURA 74

O aquecimento constitui meramente a reposição do calor perdido de uma estrutura. A carga de aquecimento é constituída de dois componentes – calor conduzido (pelo efeito do fenômeno da condução) e o calor necessário para aquecimento do ar de infiltração ou de renovação.

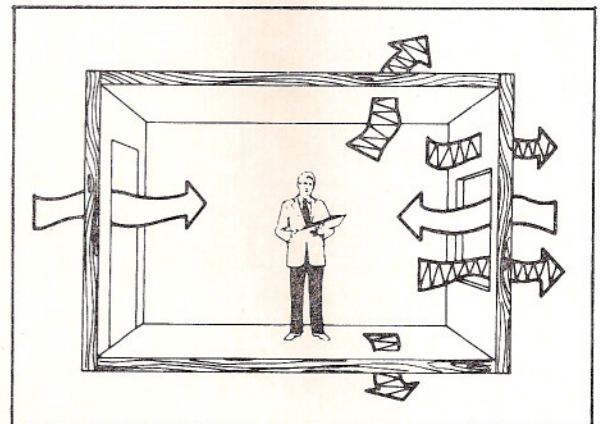




FIGURA 75

O calor conduzido pode escapar através do teto e telhado, através das paredes, através do assoalho ou piso.

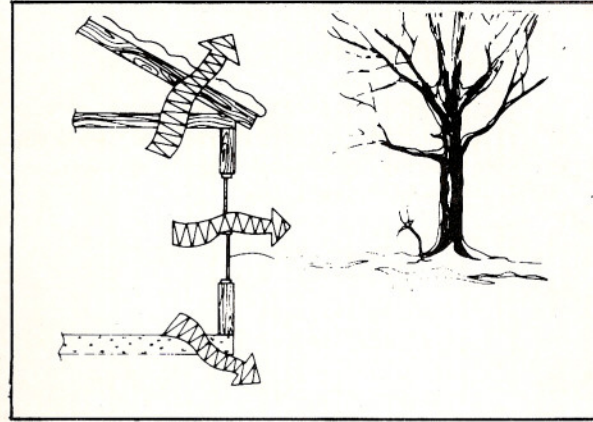


FIGURA 76

A quantidade de calor perdido depende da diferença de temperatura entre o lado de dentro e o lado de fora, da área de superfície, e dos materiais de construção. O último ítem determina a proporção da perda de calor, chamado de fator "U". A perda real de calor é calculada pela multiplicação destes três fatores em conjunto.

Por exemplo: Uma parede de 6.100mm de comprimento por 2.500mm de altura, possuindo um fator "U" igual a 0,25 terá uma perda de calor de 832 Watts quando a temperatura interna for de 21 °C e a temperatura externa for de - 18 °C.

$T_q =$  TEMPERATURA NO LADO MAIS QUENTE  
**21 °C**

$T_f =$  TEMPERATURA NO LADO MAIS FRIO  
**-18 °C**

**W = WATTS DO CALOR TRANSFERIDO**

**U = COEF. GLOBAL DE TRANSM. DE CALOR**  
 $U = 1.4 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$

**Total W = U x Area x (TEMP<sub>q</sub> - TEMP<sub>f</sub>)**  
**Total W = (1.4) x (6.1 x 2.5) x (21 - (-18)) = 832 W**

FIGURA 77

As perdas de calor através de vidros, paredes, e tetos, podem ser comparadas pelos seus valores do fator "U". Isto indica que um metro quadrado de vidro comum perde tanto calor quanto cerca de 4,5 m<sup>2</sup> de parede não isolada conforme usada nas residências, ou 4 metros quadrados de teto não isolado através da construção do telhado, ou ainda 3,5 metros quadrados de parede comercial, ou então três metros quadrados de telhado de cobertura comercial.

Esta é a razão por que sentimos, mais frequentemente, corrente de ar fria junto às janelas do que junto às paredes.

		FATOR U	m <sup>2</sup> comparado com o vidro
	JANELA COM VIDRO COMUM	<b>6.42</b>	
	PAREDE DE RESIDÊNCIA	<b>1.42</b>	<b>4½</b>
	TELHADO E TETO DE RESIDÊNCIA	<b>1.76</b>	<b>4</b>
	PAREDE COMERCIAL	<b>1.87</b>	<b>3½</b>
	COBERTURA E TETO COMERCIAL	<b>2.27</b>	<b>3</b>



FIGURA 78

O efeito do vidro pode ser reduzido pela colocação de persianas exteriores de madeira ou vidros duplos. Isto causa uma redução de 60% na perda de calor conduzido com o emprego de persianas exteriores, ou 43% com vidros duplos.




	FATOR U	% REDUÇÃO
	JANELA 6.42	—
	JANELA À PROVA DE INTEMPÉRIE 2.56	60
	JANELA DE VIDRO DUPLO 3.69	43

FIGURA 79

O calor conduzido através das paredes e dos tetos pode ser reduzido pela utilização de isolamento. A redução de uma construção sem isolamento é similar para paredes e teto ou telhado, com maior ênfase para o caso de telhados.

Aqui podemos ver que os primeiros 25mm de isolamento provocam a maior redução. Adicionamento mais uma ou duas camadas, elas continuam dando uma considerável redução de perda de calor.

As práticas atuais aconselham o uso de 25 ou 50mm de isolamento para o caso de paredes, ou de 50 a 100mm de isolamento para o caso de teto ou telhado...

ISOLAMENTO	% DE REDUÇÃO DE FLUXO DE CALOR	
NENHUM	0	
25 mm	55	55%
50 mm	68	13%
75 mm	74	8%
100 mm	76	2%

FIGURA 80

O cálculo de perda de calor através do piso ou através das paredes do sub-solo (porão ou cave) abaixo do nível, fica complicada em virtude da temperatura do solo. A temperatura junto a superfície é próxima à da temperatura do ar, porém à medida que a profundidade aumenta a temperatura do solo se aproxima a um valor constante que varia de 5 a 20 °C, dependendo da área geográfica.

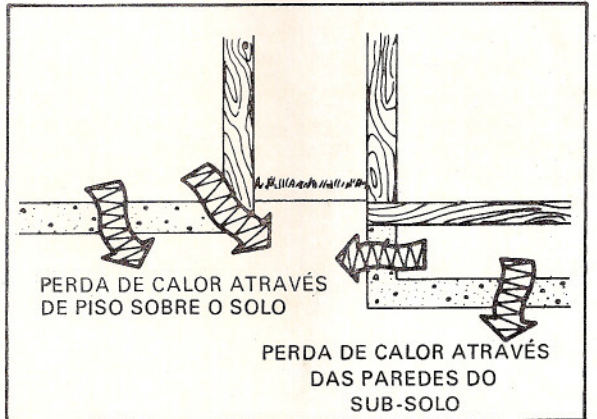




FIGURA 81

Para o caso de lajes de concreto de construção sobre o solo, a maior perda de calor tem lugar em volta do perímetro da laje. Dados obtidos através de testes fornecem fatores para cálculo da perda de calor no perímetro. Aqui estão os fatores de perda de calor para uma área com uma temperatura de projeto de inverno de 18°C, 50mm de isolamento em volta da borda da laje é o recomendado, e 25mm é o mínimo que deve ser usado.

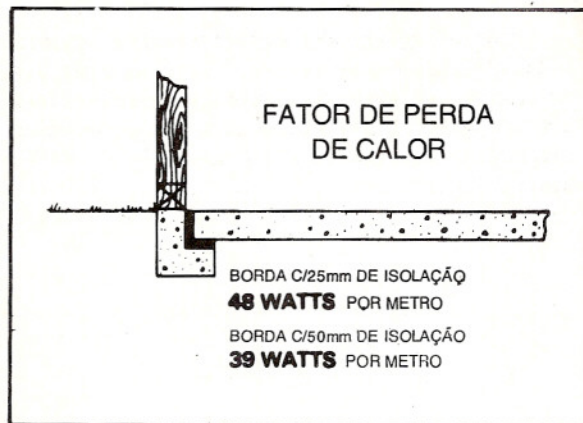


FIGURA 82

Para ilustrar o método de cálculo, vamos determinar a quantidade de perda de calor através de uma laje no solo, com 25mm de isolamento e para uma edificação de 12m por 9m. Assim teríamos um fator de 48W/m multiplicado pelo perímetro de 42 metros, o que equivale a uma perda de calor de 2.016 Watts.

Ainda que a perda pelo piso seja apenas 10 a 15% da perda total de calor, é bastante importante para o conforto, uma vez que os pisos frios significam uma edificação indevidamente aquecida.

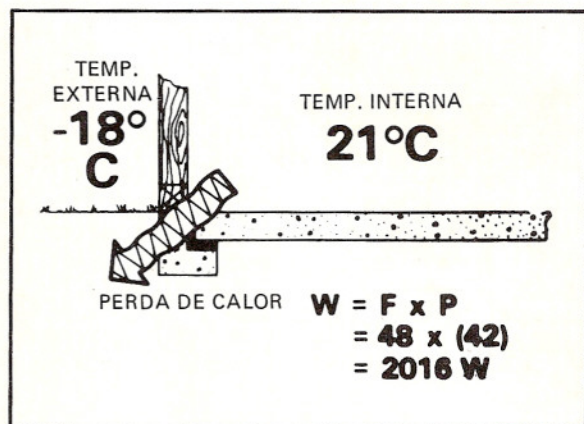


FIGURA 83

Somando-se ao calor conduzido, existe outra fonte de carga que é devida a infiltração do ar exterior, ou do ar admitido para renovação. Este ar deve obrigatoriamente ser aquecido até as condições do aposento

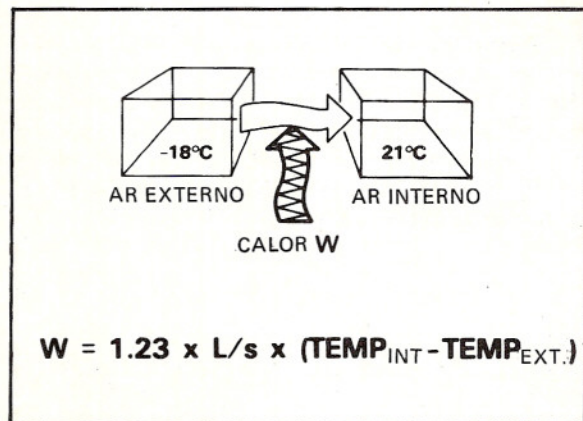




FIGURA 84

A quantidade de calor sensível somada ao ar exterior é determinada pela multiplicação do fator 1.23 vezes a vazão em l/s de ar exterior e pela diferença de temperatura. **Por exemplo:** quando o ar exterior a - 18 °C é admitido dentro de um aposento a 21 °C, necessitaria de 1,23 vezes 39 t o que equivale a 48 Watts para cada litro por segundo de ar.

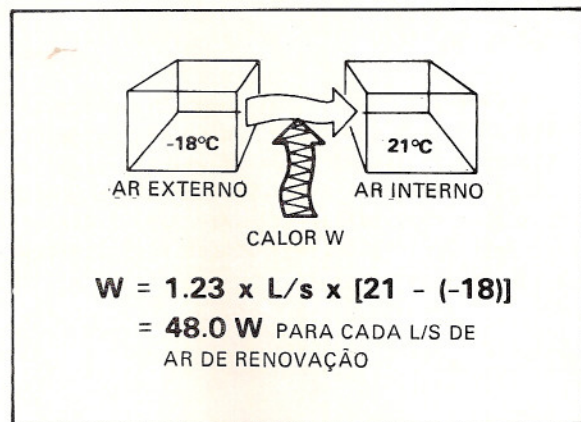


FIGURA 85

A quantidade de infiltração de ar através das aberturas em volta das janelas e portas vai depender da velocidade do vento, vedação destas aberturas, e uso das portas. Após os testes feitos pela "ASHRAE" para determinar os metros cúbicos de infiltração, é agora possível dispor das tabelas dos resultados obtidos naqueles testes.

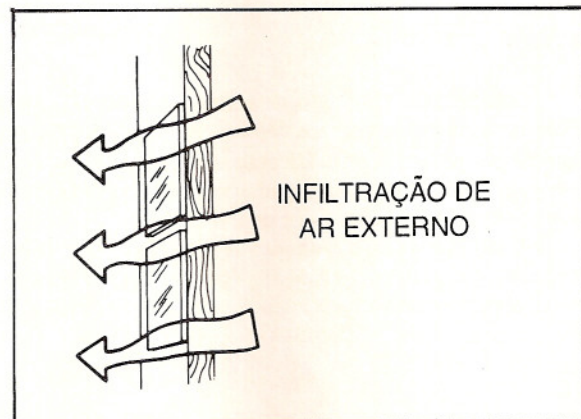


FIGURA 86

Alguns exemplos destas cargas de infiltração são vistos aqui para uma temperatura exterior de - 18 °C e uma temperatura interior de 21°C, e com uma velocidade do vento de 7,0m/s. Isto mostra que uma janela média de 900mm x 1500mm teria, nestas condições, uma carga de infiltração de 275 Watts, já para uma porta fechada este valor seria 930 Watts, e finalmente 6040 Watts no caso de uma porta quando instalada numa loja de varejo.




AQUECIMENTO NO INVERNO		INFILTRAÇÃO
	JANELA 900 mm x 1500 mm	<b>275 WATTS</b>
	PORTA (FECHADA) 300 mm x 2100 mm	<b>930 WATTS</b>
	PORTA (LOJA DE VAREJO) 30 mm x 2100 mm	<b>6043 WATTS</b>



FIGURA 87

De uma forma aproximada a infiltração através das janelas fica reduzida de 50% pelo emprego de persianas exteriores de madeira bem ajustadas ou pela aplicação de guarnições especiais de vedação. Assim, as persianas exteriores de madeira tem uma finalidade dupla – a carga de infiltração é reduzida de 50% e a carga de calor por condução é reduzida em cerca de 60%.

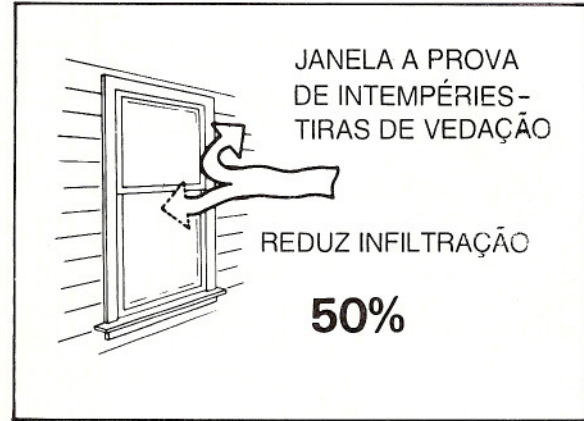


FIGURA 88

Quando os requisitos de renovação de ar são considerados, a carga do ar exterior, baseada nas mesmas condições de projeto anteriores, são: 335 Watts por pessoa num escritório, 225 Watts por pessoa numa loja de varejo, e 170 Watts por pessoa numa loja de departamentos.




AR DE RENOVAÇÃO		CALOR SENSÍVEL POR OCUPANTE INVERNO
 ESCRITÓRIO 7.0 L/s		335 WATTS
 LOJA DE VAREJO 5.0 L/s		225 WATTS
 LOJA DE DEPARTAMENTOS 3.5 L/s		170 WATTS

FIGURA 89

Em adição ao calor sensível, o calor latente pode ser necessário para controlar a umidade dos interiores. A quantidade do calor latente acrescentada, é calculada pela multiplicação de um fator de 3,0 por l/s de ar exterior e pela diferença da umidade em gramas por Kilograma de ar, nas condições interiores e exteriores.

Por exemplo: ar à - 15°C com 100% de UR (Umidade Relativa) possui uma umidade específica de 1 grama por Kilograma. Caso as condições interiores sejam 19 °C de bulbo seco com uma umidade relativa máxima de 30% a umidade interior é de 4 gramas/Kg. Então a carga latente é 3.0 x 3 o que equivale a 9 Watts para cada litro por segundo de ar exterior.

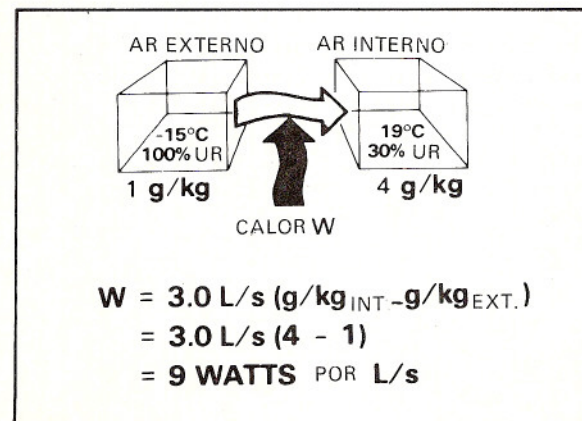




FIGURA 90

Somando-se todas estas cargas, a perda de calor por condução através do teto, telhado, paredes, vidros, e pisos, e a carga de ar exterior, dariam a perda total de calor. Sob condições reais de operação, existe algum ganho de calor a partir de luzes, pessoas, outras fontes internas, e do sol. Geralmente, o ganho de calor é tão imprevisível nas aplicações residenciais que o equipamento de aquecimento é selecionado com base apenas na perda total de calor. Entretanto, alguns equipamentos de aquecimento comerciais são dimensionados tomando-se como base um crédito para a parte do ganho de calor. Isto, é verdade, com aplicações de unidades com ciclo reverso (HEAT PUMP), do tipo comercial.

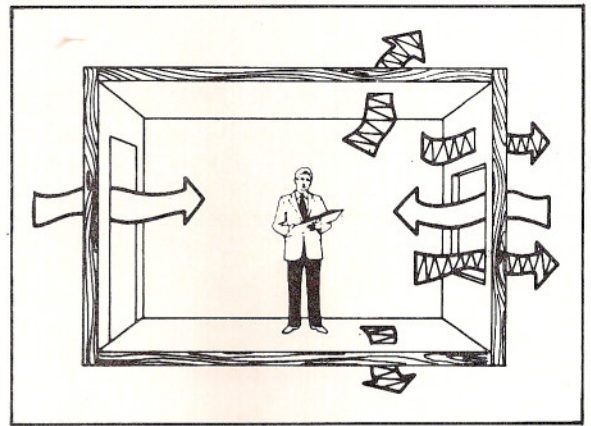


FIGURA 91

Os créditos de ganho de calor, em muitas condições de operação, podem superar as perdas de calor a tal ponto que existe necessidade de resfriamento, mesmo sob condições de projeto de inverno. Isto é importante quando estamos fazendo o zoneamento de uma edificação, e tal como acontece com este escritório. **Por exemplo:** a área do escritório central, ao centro perderia calor através do teto e do piso, porém poderia ter um grande ganho de calor a partir das luzes, pessoas e máquinas de escritório. Assim, enquanto as zonas do perímetro exigem aquecimento, a zona interior pode exigir resfriamento.

Isto poderia ser controlado pelo suprimento de ar exterior parcialmente aquecido, digamos a 10 °C ou 15 °C, para a zona interior.

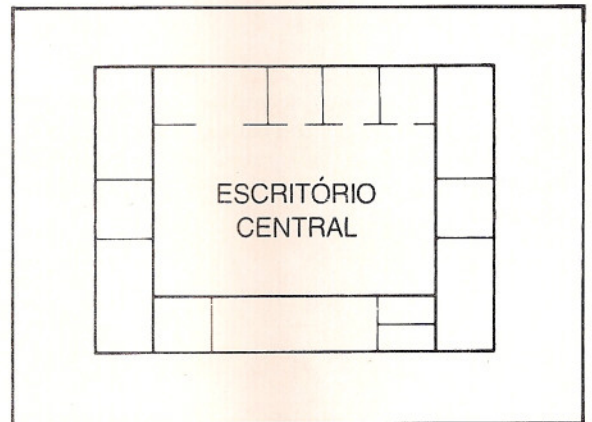


FIGURA 92

A carga de calor está, assim, primariamente constituída do calor por condução através dos vidros, paredes, teto e telhado, e através do piso, e ainda da carga devida ao ar exterior.

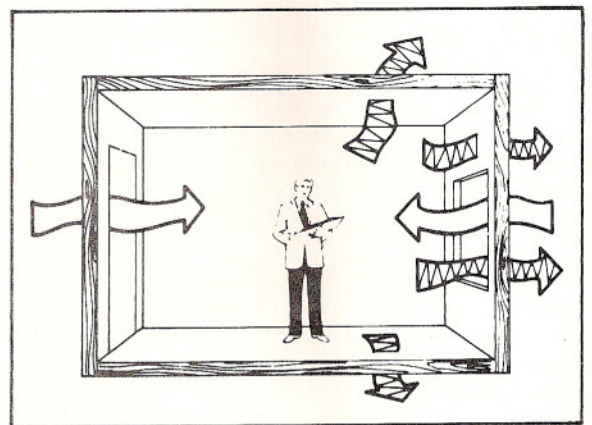




FIGURA 93

Os ganhos de calor a partir de fontes internas ou do sol, não são normalmente tomados como créditos durante a seleção do equipamento, porém devem ser considerados quando do projeto do sistema.

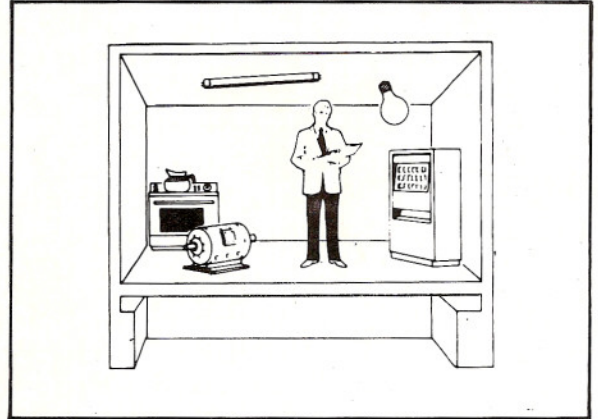
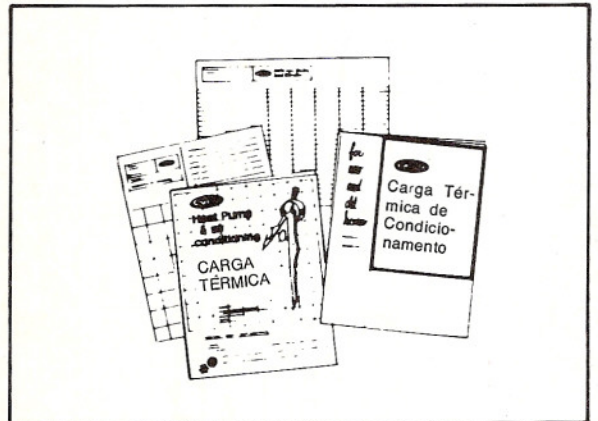


FIGURA 94

O reconhecimento das fontes de carga permite a seleção do tamanho correto do equipamento, e também como projetar um sistema de aquecimento com sucesso.





## APÊNDICES

Condições internas para verão	A1
Condições externas para verão	A2
Condições externas para inverno	A3
Coefficiente global "U" - Parede de alvenaria	A4
Coefficiente global "U" - Parede de alvenaria dupla	A5
Coefficiente global "U" - Parede estruturais e divisórias	A6
Coefficiente global "U" - Tetos planos	A7
Coefficiente global "U" - Tetos inclinados	A8
Coefficiente global "U" - Forro e piso (Fluxo calor ascendente)	A9
Coefficiente global "U" - Forro e piso (Fluxo calor descendente)	A10
Coefficiente global "U" - Com isolamento e espaço de ar	A11
"Standards" de ventilação	A12
Calor liberado por pessoas	A13
Ganho de calor a partir de luzes	A14
Ganho de calor a partir de utensílios de restaurante	A15
Ganho de calor a partir de motores elétricos	A16
Sessão de trabalho N <sup>o</sup> 1	A17 e A18
Sessão de trabalhos N <sup>o</sup> 2	A19 e A20
Questionário	A21 e A22



TABELA 6 — Condições Externas para Verão (°C)

<i>Cidades</i>	<i>TBS</i>	<i>TBU</i>	<i>Temperatura máxima</i>
<i>I — Região Norte</i>			
Macapá (AP)	34	28,5	34,7
Manaus (AM)	35	29,0	36,9
Santarém (PA)	35	28,5	37,3
Belém (PA)	33	27,0	34,9
<i>II — Região Nordeste</i>			
João Pessoa (PB)	32	26,0	—
São Luiz (MA)	33	28,0	33,9
Parnaíba (PI)	34	28,0	35,2
Terezina (PI)	38	28,0	40,3
Fortaleza (CE)	32	26,0	32,4
Natal (RN)	32	27,0	32,7
Recife (PE)	32	26,0	32,6
Petrolina (PE)	36	25,5	38,4
Maceió (AL)	33	27,0	35,0
Salvador (BA)	32	26,0	33,6
Aracajú (SE)	32	26,0	—
<i>III — Região Sudeste</i>			
Vitória (ES)	33	28,0	36,1
Belo Horizonte (MG)	32	24,0	35,5
Uberlândia (MG)	33	23,5	37,6
Rio (RJ)	35	26,5	39,4
São Paulo (SP)	31	24,0	34,9
Santos (SP)	33	27,0	37,7
Campinas (SP)	33	24,0	37,4
Pirassununga (SP)	33	24,0	37,8
<i>IV — Região Centro-Oeste</i>			
Brasília (DF)	32	23,5	34,8
Goiânia (GO)	33	26,0	37,3
Cuiabá (MT)	36	27,0	39,0
Campo Grande (MT)	34	25,0	37,0
Ponta-Porã (MT)	32	26,0	35,8
<i>V — Região Sul</i>			
Curitiba (PR)	30	23,5	33,3
Londrina (PR)	31	23,5	34,0
Foz do Iguaçu (PR)	34	27,0	38,0
Florianópolis (SC)	32	26,0	36,0
Joinville (SC)	32	26,0	36,0
Blumenau (SC)	32	26,0	36,0
Porto Alegre (RS)	34	26,0	39,0
Santa Maria (RS)	35	25,5	40,0
Rio Grande (RS)	30	24,5	—
Pelotas (RS)	32	25,5	—
Caxias do Sul (RS)	29	22,0	—
Uruguaiana (RS)	34	25,5	—

Fonte: Tabelas Climatológicas da Diretoria de Rotas Aéreas do Ministério da Aeronáutica.



TABELA 1 — Condições Internas para Verão

Finalidade	Local	Recomendável		Máxima	
		T.B.S. (°C)	U.R. (%)	T.B.S. (°C)	U.R. (%)
Conforto	Residências Hotéis Escritórios Escolas	23 a 25	40 a 60	26,5	65
Lojas de curto tempo de ocupação	Bancos Barbearias Cabeleireiros Lojas Magazines Supermercados	24 a 26	40 a 60	27	65
Ambientes com grandes cargas de calor latente e/ou sensível	Teatros Auditórios Templos Cinemas Bares Lanchonetes Restaurantes Bibliotecas Estúdios TV	24 a 26	40 a 65	27	65
Locais de reuniões com movimento	Boites Salões de baile	24 a 26	40 a 65	27	65
Ambientes de Arte	Depósitos de livros, manuscritos, obras raras	21 a 23*	40 a 50*	—	—
	Museus e galerias de arte	21 a 23*	50 a 55*	—	—
Acesso	Halls de elevadores	—	—	28	70

\* Condições constantes para o ano inteiro.

TBS = Temperatura de bulbo seco (°C)

UR = Umidade relativa (%)



**TABELA 7 – Condições Externas para Inverno**

<i>Cidades</i>	<i>TBS (°C)</i>	<i>Umidade Relativa (%)</i>
Aracajú (SE)	20	78
Belém (PA)	20	80
Belo Horizonte (MG)	10	75
Blumenau (SC)	10	80
Boa Vista (RR)	21	80
Brasília (DF)	13	65
Caxias do Sul (RS)	0	90
Cuiabá (MT)	15	75
Curitiba (PR)	5	80
Florianópolis (SC)	10	80
Fortaleza (CE)	21	80
Goiânia (GO)	10	65
João Pessoa (PB)	20	77
Joinville (SC)	10	80
Macapá (AP)	21	80
Maceió (AL)	20	78
Manaus (AM)	22	80
Natal (RN)	19	80
Pelotas (RS)	5	80
Porto Alegre (RS)	8	80
Porto Velho (RO)	15	80
Recife (PE)	20	78
Rio Branco (AC)	15	80
Rio Grande (RS)	7	90
Rio de Janeiro (RJ)	16	78
Salvador (BA)	20	80
Santa Maria (RS)	3	80
São Luiz (MA)	20	80
São Paulo (SP)	10	70
Terezina (PI)	20	75
Uruguaiana (RS)	7	80
Vitória (ES)	18	78

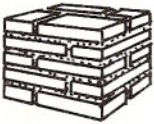
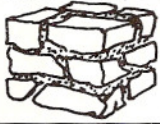
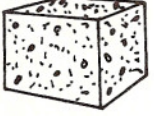
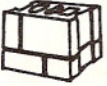
Fonte: Tabelas Climatológicas da Diretoria de Rotas Aéreas, Ministério da Aeronáutica e Instituto Nacional de Metrologia.



TABELA 21 – COEFICIENTE GLOBAL DE TRANSMISSÃO DE CALOR (U) – PAREDES DE ALVENARIA\*

Para Verão e Inverno  
Kcal/h: m<sup>2</sup>.°C

Todos os números entre parênteses indicam peso por m<sup>2</sup>. O peso total por m<sup>2</sup> é o resultado da soma da parede e dos acabamentos.

ACABAMENTO EXTERIOR		Espessura (cm) e peso (kg/m <sup>2</sup> )	ACABAMENTO INTERIOR										
			Nenhum	Chapa de Revestimento em Base de (10 mm) Gesso (10)	Reboco de 15 mm na parede		Tela Metálica Emboçada no Esqueleto		Estrutura de Suporte 10mm em Gesso ou Madeira, Emboçada no Esqueleto		Chapa Isolante Simples ou Emboçada no Esqueleto		
					Agreg. de Areia (30)	Agreg. Leve (15)	Argamassa de Areia 20 mm (35)	Argamassa Leve 20 mm (15)	Argamassa de Areia 12 mm (35)	12 mm Argamassa Leve (10)	Chapa de 12 mm (10)	Chapa de 25 mm (20)	
TIJOLO MACIÇO 	De Fachada & Comum	20 (425)	2,34	2,00	2,20	2,00	1,51	1,37	1,42	1,32	1,07	0,78	
		30 (600)	1,71	1,51	1,61	1,46	1,22	1,12	1,12	1,07	0,93	0,68	
		40 (846)	1,32	1,22	1,27	1,22	1,02	0,93	0,98	0,93	0,78	0,63	
	Somente Comum	20 (391)	2,00	1,76	1,90	1,71	1,37	1,27	1,27	1,22	1,02	0,73	
		30 (586)	1,51	1,37	1,46	1,32	1,12	1,07	1,07	1,02	0,88	0,68	
		40 (781)	1,22	1,12	1,17	1,12	0,93	0,88	0,88	0,88	0,78	0,59	
PEDRA 	20 (488)	3,27	2,68	3,07	2,59	1,90	1,66	1,71	1,56	1,27	0,88		
	30 (732)	2,68	2,29	2,54	2,25	1,66	1,51	1,51	1,42	1,17	0,83		
	40 (976)	2,29	2,00	2,20	1,95	1,51	1,37	1,37	1,32	1,07	0,78		
	60 (1466)	1,76	1,56	1,71	1,56	1,27	1,17	1,17	1,12	0,93	0,73		
BLOCOS OU TIJOLOS TIPO ADOBE (CRU)	20 (127)	1,66	1,46	1,56	1,46	1,22	1,12	1,12	1,07	0,88	0,59		
	30 (195)	1,22	1,12	1,17	1,12	0,98	0,88	0,88	0,88	0,73	0,68		
CONCRETO DESPEJADO 	2.250 kg/m <sup>3</sup>	15 (342)	3,66	2,68	3,37	2,83	2,00	1,76	1,81	1,66	1,32	0,88	
		20 (454)	3,27	2,39	3,07	2,59	1,90	1,66	1,71	1,56	1,27	0,83	
		25 (571)	2,98	2,15	2,78	2,39	1,76	1,56	1,61	1,51	1,22	0,83	
	1300 kg/m <sup>3</sup>	30 (683)	2,68	1,95	2,54	2,20	1,66	1,51	1,51	1,42	1,17	0,78	
		15 (195)	1,51	1,37	1,46	1,32	1,12	1,02	1,07	1,02	0,88	0,68	
		20 (259)	1,22	1,12	1,17	1,12	0,93	0,88	0,88	0,88	0,78	0,59	
	500 kg/m <sup>3</sup>	25 (322)	1,02	0,93	0,98	0,93	0,83	0,78	0,73	0,68	0,68	0,54	
		30 (390)	0,88	0,83	0,83	0,73	0,73	0,68	0,68	0,68	0,59	0,49	
		15 (73)	0,63	0,63	0,63	0,63	0,59	0,54	0,54	0,54	0,54	0,63	
	BLOCOS DE CONCRETO FURADOS 	Agreg. d/Areia & Cascalho	20 (210)	2,54	2,15	2,34	2,10	1,61	1,42	1,46	1,37	1,12	0,83
			30 (307)	2,29	2,00	2,20	1,95	1,51	1,37	1,37	1,32	1,07	0,78
		Agreg. d/ Escória de Alto-Forno	20 (180)	1,90	1,71	1,81	1,66	1,32	1,22	1,22	1,17	0,98	0,73
30 (259)	1,76		1,61	1,71	1,56	1,27	1,17	1,12	1,12	0,93	0,73		
Agreg. Leve	20 (156)	1,71	1,56	1,66	1,51	1,27	1,12	1,17	1,17	1,07	0,93	0,73	
	30 (200)	1,56	1,42	1,51	1,37	1,17	1,07	1,07	1,02	0,88	0,68		
ESTUQUE SOBRE LADRILHO CERÂMICO VAZADO	20 (190)	1,76	1,56	1,66	1,56	1,27	1,17	1,17	1,12	0,93	0,73		
	25 (216)	1,56	1,42	1,51	1,37	1,12	1,07	1,07	1,02	0,88	0,68		
	30 (239)	1,42	1,32	1,37	1,27	1,07	0,98	1,02	0,98	0,83	0,63		

Equações: Ganho de Calor, Kcal/h = (Área, m<sup>2</sup>) × (valor de U) × (dif. temp. equivalente, Tab. 19 do Manual Carrier)

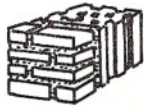
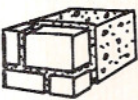
Perda de Calor, Kcal/h = (Área, m<sup>2</sup>) × (Valor de U) × (temp. ext. - temp. int.)

\* Para adição de isolamento e caixa de ar nas paredes acima, consulte a Tabela 31.



**TABELA 22 – COEFICIENTE GLOBAL DE TRANSMISSÃO DE CALOR (U) – PAREDES DE ALVENARIA DUPLA TIPO “VENEER” Para Verão e Inverno**  
Kcal/h. m<sup>2</sup>.°C

Todos os números entre parênteses indicam peso por m<sup>2</sup>. O peso total por m<sup>2</sup> é o resultado da soma da parede e dos acabamentos.

ACABAMENTO EXTERIOR	TIPO DE ACABAMENTO	Espessura (cm) e peso (kg/m <sup>2</sup> )	ACABAMENTO INTERIOR									
			Nenhum	Chapa (Painel) d/Revestimento em Argamassa de Gesso (10)	15 mm em Argamassa sobre a Parede		Tela Metálica no Esqueleto		Estrutura de Suporte 10 mm em Gesso ou Madeira, no Esqueleto		Chapa Isolante em Painel ou no Esqueleto	
					Agreg. de Areia (30)	Agreg. Leve (15)	Argamassa de Areia 20 mm (35)	Argamassa Leve 20 mm (15)	Argamassa de Areia de 12 mm (35)	Argamassa Leve 12 mm (10)	Chapa de 12 mm (10)	Chapa de 25 mm (20)
	Bloco de Concreto (Agreg. de Escória)	10 (97)	2,00	1,81	1,90	1,71	1,37	1,27	1,27	1,22	1,02	0,78
		20 (180)	1,61	1,46	1,56	1,42	1,17	1,07	1,12	1,02	0,88	0,68
		30 (258)	1,51	1,42	1,46	1,37	1,12	1,02	1,07	1,02	0,88	0,63
	(Agreg. Leve)	10 (83)	1,71	1,56	1,66	1,51	1,22	1,12	1,17	1,07	0,93	0,73
		20 (156)	1,46	1,37	1,42	1,32	1,12	1,02	1,02	0,98	0,83	0,68
		30 (209)	1,37	1,27	1,32	1,22	1,02	0,98	0,98	0,93	0,83	0,63
	(Agreg. de Areia & Cascalho)	10 (112)	2,39	2,15	2,25	2,00	1,56	1,42	1,42	1,32	1,07	0,83
		20 (209)	2,00	1,81	1,90	1,71	1,37	1,27	1,27	1,22	1,02	0,78
		30 (307)	1,85	1,71	1,81	1,61	1,32	1,22	1,22	1,17	0,98	0,73
	Tijolo Vazado de Cerâmica	10 (78)	2,00	1,81	1,90	1,71	1,37	1,27	1,27	1,22	1,02	0,78
		20 (146)	1,51	1,42	1,46	1,37	1,12	1,07	1,07	1,02	0,88	0,68
		30 (195)	1,27	1,22	1,22	1,17	0,98	0,93	0,93	0,88	0,78	0,63
Tijolo Aparente de 10 cm (215) ou Pedra de 10 cm (250) ou Concreto Pré-Fundido (Agreg. de Areia) 10 e 15 cm (190) e (290)	Concreto (Agreg. Leve) 1300 kg/m <sup>3</sup>	10 (126)	1,71	1,51	1,66	1,51	1,22	1,12	1,17	1,07	0,93	0,73
		15 (195)	1,32	1,22	1,32	1,22	1,02	0,98	0,98	0,93	0,78	0,63
		20 (263)	1,07	1,02	1,07	1,02	0,88	0,83	0,83	0,78	0,68	0,59
	(Agreg. de Areia & Cascalho)	10 (229)	2,93	2,59	2,73	2,39	1,76	1,56	1,61	1,51	1,22	0,88
		15 (341)	2,68	2,39	2,54	2,20	1,66	1,51	1,56	1,42	1,17	0,83
		20 (463)	2,49	2,20	2,34	2,05	1,56	1,42	1,46	1,37	1,12	0,83
Tijolo Comum	10 (195)	2,39	2,05	2,25	2,00	1,56	1,42	1,42	1,32	1,07	0,78	
	20 (390)	1,71	1,51	1,66	1,51	1,22	1,12	1,17	1,07	0,93	0,73	
	Bloco de Concreto (Agreg. d/ Escória)	10 (97)	1,76	1,61	1,71	1,56	1,27	1,17	1,17	1,12	0,93	0,73
		20 (180)	1,42	1,37	1,42	1,27	1,07	1,02	1,02	0,98	0,83	0,68
		30 (258)	1,37	1,27	1,32	1,22	1,02	0,98	0,98	0,93	0,83	0,63
	(Agreg. Leve)	10 (83)	1,56	1,42	1,46	1,37	1,12	1,07	1,07	1,02	0,88	0,68
		20 (156)	1,32	1,27	1,27	1,22	1,02	0,98	0,98	0,93	0,83	0,63
		30 (209)	1,22	1,17	1,22	1,12	0,98	0,93	0,93	0,88	0,78	0,63
	(Agreg. de Areia & Cascalho)	10 (112)	2,05	1,85	1,95	1,76	1,42	1,27	1,32	1,22	1,02	0,78
		20 (209)	1,76	1,61	1,71	1,56	1,27	1,17	1,17	1,12	0,93	0,73
		30 (307)	1,66	1,56	1,61	1,46	1,22	1,12	1,12	1,07	0,93	0,73
	Tijolo de Cerâmica Vazado	10 (78)	1,76	1,61	1,71	1,56	1,27	1,17	1,17	1,12	0,93	0,73
		20 (146)	1,37	1,32	1,37	1,27	1,07	0,98	0,98	0,93	0,83	0,63
		30 (195)	1,17	1,12	1,12	1,07	0,93	0,88	0,88	0,83	0,73	0,59
Tijolo Comum de 4" (40) ou Concreto Pré-fundido (Agreg. de Areia) 20 e 25 cm (390) (490) ou Bloco Concreto 10 cm (115) (Agreg. de Areia) ou Pedra de 20 cm (500)	Concreto (Agreg. Leve) 1300 kg/km <sup>3</sup>	10 (126)	1,56	1,42	1,46	1,37	1,12	1,07	1,07	1,02	0,88	0,68
		15 (195)	1,22	1,12	1,22	1,12	0,98	0,88	0,93	0,88	0,73	0,63
		20 (263)	1,02	0,98	0,98	0,93	0,83	0,78	0,78	0,78	0,68	0,54
	(Agreg. de Areia & Cascalho)	10 (112)	2,44	2,20	2,34	2,05	1,56	1,42	1,46	1,37	1,12	0,83
		15 (209)	2,29	2,05	2,15	1,90	1,51	1,37	1,42	1,32	1,07	0,83
		20 (307)	2,10	1,95	2,00	1,81	1,42	1,32	1,37	1,27	1,02	0,78
Tijolo Comum	10 (195)	2,05	1,81	1,95	1,76	1,42	1,27	1,32	1,27	1,02	0,78	
	20 (390)	1,56	1,42	1,46	1,37	1,12	1,07	1,07	1,02	0,88	0,68	

Equações: Ganho de Calor, Kcal/h = (Área, m<sup>2</sup>) × (valor de U) × (dif. temp. equivalente, Tab. 19 do Manual Carrier)

Perda de Calor, Kcal/h = (Área, m<sup>2</sup>) × (valor de U) × (Temp. ext. - temp. int.)

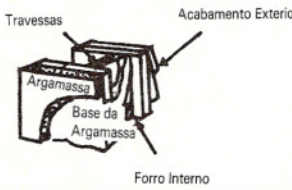
\* Para adição de isolamento e caixa de ar para as paredes, consulte a Tabela 31.



TABELA 25 — COEFICIENTE GLOBAL DE TRANSMISSÃO DE CALOR (U) — PAREDES ESTRUTURAIS E DIVISÓRIAS\*

Para Verão e Inverno  
Kcal/h. m<sup>2</sup>. °C

Todos os números entre parênteses indicam peso por m<sup>2</sup>. O peso total por m<sup>2</sup> é o resultado da soma dos materiais componentes

		ACABAMENTO INTERIOR								
		Nenhum	Painel de Madeira 20 mm (10)	Chapa (painel) de Revestimento 10 mm (10) em Argamassa de Gesso	Tela Metálica Emboçada		Estrutura de Suporte 10 mm em Gesso ou Madeira Emboçada		Chapa Isolante em Painel ou Emboçada	
					Argamassa de Areia de 20 mm (35)	Argamassa Leve 20 mm (15)	Argamassa de Areia de 12 mm (35)	Argamassa Leve 12 mm	Chapa de 12 mm (10)	Chapa de 25 mm (20)
ACABAMENTO EXTERIOR	FORRAÇÃO									
Estuque de 25 mm (50) Ou Placa de Forro Externo em Cimento Amianto (5) ou Fôtha Asfáltico (10)	Nenhum "Papel" de Construção	4,44	1,61	2,05	2,20	1,90	1,95	1,81	1,42	0,98
	Compensado de 8 mm (5) ou Gesso 12 mm (10)	3,32	1,46	1,81	1,95	1,71	1,76	1,61	1,27	0,93
	Mad. 20 mm & "Papel" de Construção (10)	2,34	1,22	1,46	1,51	1,37	1,42	1,32	1,07	0,83
	Chapa Isolante 12 mm (10)	2,05	1,12	1,32	1,42	1,27	1,32	1,22	1,02	0,78
	Chapa Isolante 20 mm (15)	1,56	0,98	1,12	1,17	1,07	1,07	1,02	0,88	0,68
Tijolo Aparente 10 cm (215) ou Madeira compensada de 10 mm (5) ou Fôtha Asfáltico (10)	Nenhum, "Papel" de Construção	3,56	1,46	1,81	1,95	1,71	1,76	1,61	1,27	0,93
	Compensado de 8 mm (5) ou Gesso 12 mm (10)	2,78	1,37	1,61	1,76	1,56	1,56	1,46	1,17	0,88
	Madeira 20 mm & "Papel" de Construção (10)	2,05	1,12	1,32	1,42	1,27	1,32	1,22	1,02	0,78
	Chapa Isolante 12 mm (10)	1,85	1,07	1,22	1,32	1,22	1,22	1,17	0,98	0,73
	Chapa Isolante 20 mm (15)	1,46	0,93	1,02	1,07	1,02	1,02	0,98	0,83	0,68
Forro Externo em Madeira ou Ripas de Madeira (10) ou Painéis de Madeira de 20 mm (15)	Nenhum, "Papel" de Construção	2,78	1,32	1,61	1,71	1,51	1,56	1,46	1,17	0,88
	Compensado de 8 mm (5) ou Gesso 12 mm (10)	2,34	1,22	1,46	1,51	1,37	1,42	1,32	1,07	0,83
	Madeira 20 mm & "Papel" de Construção (10)	1,76	1,07	1,22	1,27	1,17	1,17	1,12	0,93	0,73
	Chapa Isolante 12 mm (10)	1,61	0,98	1,12	1,17	1,07	1,12	1,07	0,88	0,68
	Chapa Isolante 20 mm (15)	1,32	0,88	0,98	1,02	0,93	0,93	0,93	0,78	0,63
Ripas de Madeira Acima de 20 mm ou Forro Externo Asfáltico isolado (20)	Nenhum, "Papel" de Construção	2,10	1,17	1,37	1,42	1,32	1,32	1,22	1,02	0,78
	Compensado de 8 mm (5) ou Gesso 12 mm (10)	1,85	1,07	1,22	1,32	1,17	1,22	1,12	0,93	0,73
	Madeira 20 mm & "Papel" de Construção (10)	1,46	0,93	1,07	1,12	1,02	1,02	0,98	0,83	0,68
	Chapa Isolante 12 mm (10)	1,37	0,88	0,98	1,02	0,98	0,98	0,93	0,78	0,63
	Chapa Isolante 20 mm (15)	1,12	0,78	0,88	0,88	0,83	0,88	0,83	0,73	0,59
Divisória Simples (Acabamento em apenas um dos lados)		2,10		2,93	3,27	2,68	2,78	2,44	1,76	1,12
Divisória Dupla (Acabamento em ambos os lados)		1,17		1,66	1,90	1,51	1,56	1,37	0,93	0,59

Equações: Paredes — Ganho de Calor Kcal/h = (Área, m<sup>2</sup>) × (valor de U) × (dif. temp. equival, Tabela 19 do Manual Carrier)

Perda de calor, Kcal/h = (Área, m<sup>2</sup>) × (valor de U) × (temp. ext. - temp. int.)

Divisórias, com espaço adjacente sem condicionamento — Ganho ou Perda de Calor, Kcal/h = (Área, m<sup>2</sup>) × (Valor de U) × (temp. exterior - temp. interior - 3°C)



Divisórias, com cozinha ou Compartimento para Caldeira adjacente — Ganho de Calor Kcal/h = (Área, m<sup>2</sup>) × (Valor de U) × (diferença real de temp. ou temp. exterior - temp. interior + 8 a 14°C)

\* Para adição de isolamento de ar às divisórias, consulte a tabela 31.



**TABELA 27 — COEFICIENTE "U" DE TRANSMISSÃO — TETOS PLANOS REVESTIDOS COM COBERTURA IMPERMEABILIZADA TIPO "ROOFING"\***
**PARA FLUXO DE CALOR DESCENDENTE — VERÃO  
PARA FLUXO DE CALOR ASCENDENTE — INVERNO (Veja Equação Abaixo da Tabela)**
**Kcal/h. m<sup>2</sup>.°C**

 Todos os números entre parênteses indicam peso por m<sup>2</sup>. O peso total por m<sup>2</sup> é o resultado da soma do teto de cobertura com acabamento e com o isolamento.

TIPO DE ESTRUTURA DE ARMAÇÃO DO TETO DE COBERTURA (LAGE, ETC.)	Espessura (cm) e Peso (kg/m <sup>2</sup> ) de Estrutura	FORRO +	ISOLAMENTO NA PARTE SUPERIOR DA COBERTURA DO TETO (mm)						
			Sem Isolamento	13 (5)	25 (5)	38 (10)	50 (15)	63 (15)	75 (20)
Metálica Plana 	2,5 (24)	Nenhum ou Reboco (30) Reboco Suspenso (25) Chapa Acústica Suspensa (10)	3,27	1,71	1,12	0,88	0,73	0,59	0,49
			1,56	1,07	0,83	0,68	0,59	0,49	0,44
			1,12	0,88	0,68	0,59	0,54	0,44	0,39
"Lajes" Pré-formadas Fibra de Madeira e Aglutinante de Cimento 	5 (19)	Nenhum ou Reboco (30) Reboco Suspenso (25) Chapa Acústica Suspensa (10)	0,98	0,78	0,63	0,54	0,49	0,44	0,39
			0,73	0,59	0,54	0,44	0,39	0,39	0,34
			0,63	0,49	0,44	0,39	0,39	0,34	0,29
	7,5 (34)	Nenhum ou Reboco (30) Reboco Suspenso (25) Chapa Acústica Suspensa (10)	0,68	0,54	0,49	0,44	0,39	0,39	0,34
			0,59	0,49	0,44	0,34	0,34	0,29	0,24
			0,49	0,44	0,39	0,34	0,34	0,29	0,24
Concreto (Agregado de Areia & Cascalho)	10 (229)	Nenhum ou Reboco (30) Reboco Suspenso (25) Chapa Acústica Suspensa (10)	2,49	1,46	1,02	0,78	0,68	0,59	0,49
			1,37	0,98	0,78	0,63	0,59	0,49	0,44
			1,02	0,78	0,63	0,54	0,49	0,44	0,39
	15 (34)	Nenhum ou Reboco (30) Reboco Suspenso (25) Chapa Acústica Suspensa (10)	1,32	0,98	0,73	0,63	0,54	0,49	0,39
			0,88	0,68	0,59	0,49	0,44	0,44	0,39
			0,73	0,59	0,54	0,44	0,39	0,39	0,34
20 (45)	Nenhum ou Reboco (30) Reboco Suspenso (25) Chapa Acústica Suspensa (10)	1,02	0,78	0,63	0,54	0,49	0,44	0,39	
		0,83	0,68	0,54	0,49	0,44	0,44	0,39	
		0,63	0,54	0,49	0,39	0,39	0,34	0,29	
(Agregado Leve em Chapa de Gesso)	5 (43)	Nenhum ou Reboco (30) Reboco Suspenso (25) Chapa Acústica Suspensa (10)	1,32	0,98	0,73	0,63	0,54	0,49	0,39
			0,88	0,68	0,59	0,49	0,44	0,44	0,39
			0,73	0,59	0,54	0,44	0,39	0,39	0,34
	7,5 (63)	Nenhum ou Reboco (30) Reboco Suspenso (25) Chapa Acústica Suspensa (10)	1,02	0,78	0,63	0,54	0,49	0,44	0,39
			0,73	0,59	0,54	0,44	0,39	0,39	0,34
			0,63	0,54	0,49	0,39	0,39	0,34	0,29
10 (78)	Nenhum ou Reboco (30) Reboco Suspenso (25) Chapa Acústica Suspensa (10)	0,83	0,68	0,54	0,49	0,44	0,39	0,34	
		0,63	0,54	0,49	0,39	0,39	0,34	0,29	
		0,59	0,49	0,44	0,34	0,34	0,29	0,24	
"Laje" de Gesso sobre Painel de Gesso de 12 mm	5 (53)	Nenhum ou Reboco (30) Reboco Suspenso (25) Chapa Acústica Suspensa (10)	1,56	1,07	0,83	0,68	0,59	0,49	0,44
			1,02	0,83	0,63	0,54	0,49	0,44	0,39
			0,83	0,63	0,59	0,49	0,44	0,39	0,34
	7,5 (73)	Nenhum ou Reboco (30) Reboco Suspenso (25) Chapa Acústica Suspensa (10)	1,32	0,93	0,73	0,63	0,54	0,49	0,39
			0,93	0,73	0,63	0,54	0,49	0,44	0,39
			0,73	0,59	0,54	0,44	0,39	0,39	0,34
10 (92)	Nenhum ou Reboco (30) Reboco Suspenso (25) Chapa Acústica Suspensa (10)	1,12	0,83	0,68	0,59	0,49	0,44	0,39	
		0,83	0,63	0,59	0,49	0,44	0,39	0,34	
		0,68	0,59	0,54	0,44	0,39	0,39	0,34	
Madeira	2,5 (14)	Nenhum ou Reboco (30) Reboco Suspenso (25) Chapa Acústica Suspensa (10)	1,95	1,27	0,93	0,73	0,63	0,54	0,44
			1,17	0,88	0,68	0,59	0,54	0,44	0,39
			0,93	0,73	0,63	0,54	0,49	0,39	0,34
	5 (24)	Nenhum ou Reboco (30) Reboco Suspenso (25) Chapa Acústica Suspensa (10)	1,37	0,98	0,78	0,63	0,54	0,49	0,39
			0,93	0,73	0,63	0,54	0,49	0,44	0,34
			0,78	0,63	0,54	0,49	0,44	0,39	0,34
7,5 (39)	Nenhum ou Reboco (30) Reboco Suspenso (25) Chapa Acústica Suspensa (10)	1,02	0,78	0,63	0,54	0,49	0,44	0,39	
		0,78	0,63	0,54	0,44	0,44	0,39	0,34	
		0,63	0,54	0,44	0,44	0,39	0,34	0,29	

 Equações: Verão — (Fluxo Calor Descendente) Ganho de Calor, Kcal/h = (Área, m<sup>2</sup>) × (Valor de U) × (Diferença de Temp. Equivalente, Tabela 20).

 Inverno — (Fluxo de Calor Ascendente) Perda de Calor, Kcal/h = (Área, m<sup>2</sup>) × (Valor de U × 1,1) × (temp. exterior — temp. interior).

\* Para adição de espaços caixa de ar ou de isolamento aos tetos de cobertura, consulte a Tabela 31.

+ Para Chapa (painel) de isolamento de 12 mm suspensa, lisa (3) ou com argamassa de areia de 12 mm em reboco (25) use os valores para chapa acústica suspensa.




**TABELA 28 — COEFICIENTE GLOBAL DE TRANSMISSÃO DE CALOR (U) — TETOS INCLINADOS\*  
PARA FLUXO DE CALOR DESCENDENTE — VERÃO. PARA FLUXO DE CALOR ASCENDENTE — INVERNO**

**Kcal/h. m<sup>2</sup>.°C DE ÁREA PROJETADA**

**(Veja Equação abaixo da tabela)**

Todos os números entre parênteses indicam peso por m<sup>2</sup>. O peso total por m<sup>2</sup> é o resultado da soma dos materiais componentes.

TETOS COBERTURA INCLINADOS		FORRO OU TETO										
		Nenhum	Painel de Madeira de 20 mm (10)	Chapa (Painel) d/Revestimento em Argamassa de Gesso 10 mm (10)	Tela Metálica Emboçada		Estrutura de Suporte 10 mm em Gesso ou Madeira Emboçada		Chapa Isolante Lisa ou Emboçada de 12 mm de Agreg. d/ Areia		Placa Acústica Sobre Esqueleto ou Gesso 12 mm	
					Argamassa de Areia de 20 mm (35)	Argamassa Leve 20 mm (15)	Argamassa de Areia de 12 mm (25)	12 mm Argamassa Leve (10)	Chapa de 12 mm (10)	Chapa de 25 mm (20)	Placa de 12 mm (10)	Placa de 20 mm (15)
SUPERFÍCIE EXTERIOR	REVESTIMENTO											
Ripas de Material Asfáltico (10)	"Papel" de Construção sobre compensado de 8 mm (10)	2,49	1,32	1,46	1,56	1,42	1,42	1,37	1,07	0,83	1,12	1,02
	"Papel" de Construção sobre revestimento de madeira de 20 mm	1,46	1,12	1,27	1,32	1,22	1,22	1,17	0,98	0,78	1,02	0,93
Ripas de Cimento/Amianto (15) ou Cobertura Asfáltica (5)	"Papel" de Construção sobre compensado de 8 mm (10)	2,88	1,37	1,66	1,81	1,61	1,61	1,51	1,22	0,88	1,22	1,07
	"Papel" de Construção sobre revestimento de madeira de 20 mm (15)	2,20	1,22	1,42	1,51	1,37	1,37	1,32	1,07	0,83	1,07	0,98
Ardósais (40) Telha (50) ou Folha Metálica (5)	"Papel" de Construção em compensado de 8 mm (10)	3,12	1,42	1,76	1,85	1,66	1,71	2,29	1,27	0,93	1,27	1,12
	"Papel" de Construção em madeira de revestimento de 20 mm (15)	2,34	1,22	1,42	1,51	1,37	1,37	1,32	1,07	0,83	1,12	0,98
Ripas de Madeira (10)	"Papel" de Construção sobre caibros (5)	2,59	1,27	1,51	1,61	1,46	1,46	1,37	1,12	0,83	1,17	1,02
	"Papel" de Construção em compensado de 8 mm (10)	2,00	1,12	1,32	1,42	1,27	1,32	1,22	1,02	0,78	1,02	0,93
	"Papel" de Construção em madeira de revestimento de 20 mm (15)	1,66	1,02	1,17	1,22	1,12	1,12	1,07	0,93	0,73	0,93	0,83

Equações: Verão (Fluxo de Calor Descendente) Ganho de Calor, Kcal/h = (área horizontal projetada, m<sup>2</sup>) × (valor U) × (dif. temp. equivalente, Tabela 20)

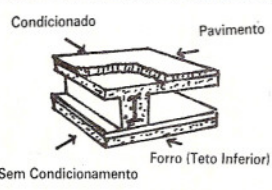
Inverno (Fluxo de Calor Ascendente) Perda de Calor, Kcal/h = (área horizontal projetada, m<sup>2</sup>) × (Valor de U × 1,1) × (temp. exterior - temp. interior).

\* Para adição de espaços Caixa de ar ou isolamento nos tetos de cobertura acima referidos, consulte a Tabela 31.

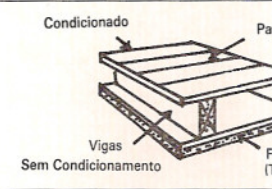


**TABELA 29 — COEFICIENTE GLOBAL DE TRANSMISSÃO DE CALOR (U) — FORRO (Teto Inferior) E Piso, Nos Sobrados (Fluxo de Calor Ascendente) Baseado no Ar Parado em Ambos os Lados Kcal/h. m<sup>2</sup>. °C**

Todos os números entre parênteses indicam peso por m<sup>2</sup>. O peso total por m<sup>2</sup> é o resultado da soma do forro (teto inferior) e do piso.

		Forro (Teto Inferior) Em Alvenaria												
		Espessura (polegadas) e Peso (kg/m <sup>2</sup> )	Esqueleto Não Ligado Direto				Suspensão ou Com Esqueleto Ligado Diretamente							
			Nenhum ou Argamassa de Areia 12 mm (25)	Emboço 12 mm (15)	Chapa Acústica Colada		Tela Metálica Emboçada		Gesso de 10 mm na Estrutura de Suporte de Madeira Emboçada		Chapa Isolante Lisa ou Argamassa de Areia de 12 mm Emboçada		Placa Acústica sobre Esqueleto ou Gesso de 10 mm	
					Placa de 12 mm (5)	Placa de 20 mm (5)	Argamassa de Areia de 20 mm (35)	Argamassa Leve de 20 mm (15)	Argamassa de Areia de 12 mm (25)	Argamassa Leve de 12 mm (10)	Chapa de 12 mm (10)	Chapa de 25 mm (20)	Placa de 12 mm (5)	Placa de 20 mm (5)
Piso	Subpiso de Concreto													
Nenhum ou Linóleo de 3 mm ou Placa (Ladrilho) de Piso	Agreg. de Areia	5 (92)	2,34	2,10	1,51	1,27	1,56	1,42	1,46	1,37	1,12	0,83	1,12	0,98
		10 (190)	2,15	1,95	1,46	1,22	1,51	1,37	1,37	1,32	1,07	0,83	1,07	0,98
		15 (288)	2,00	1,81	1,37	1,17	1,42	1,32	1,32	1,27	1,02	0,78	1,07	0,93
		20 (385)	1,90	1,71	1,32	1,12	1,37	1,27	1,27	1,22	1,02	0,78	1,02	0,93
		25 (483)	1,76	1,66	1,27	1,07	1,32	1,22	1,22	1,17	0,98	0,73	0,98	0,88
	Agreg. Leve	5 (73)	1,76	1,66	1,27	1,07	1,32	1,22	1,22	1,17	0,98	0,73	0,98	0,88
10 (136)	1,42	1,27	1,02	0,93	1,07	1,02	1,02	0,98	0,83	0,68	0,83	0,78	0,68	
15 (200)	1,12	1,07	0,88	0,83	0,93	0,88	0,88	0,83	0,83	0,73	0,63	0,73	0,68	
Blocos (Tacos) de Madeira sobre a Laje	Agreg. de Areia	5 (97)	1,76	1,61	1,22	1,07	1,27	1,17	1,17	1,12	0,98	0,73	0,98	0,88
		10 (195)	1,61	1,51	1,17	1,02	1,22	1,12	1,12	1,07	0,93	0,73	0,93	0,83
		15 (292)	1,56	1,42	1,12	1,02	1,17	1,07	1,07	1,02	0,88	0,73	0,88	0,83
		20 (390)	1,46	1,37	1,12	0,98	1,12	1,07	1,07	1,02	0,88	0,68	0,88	0,78
		25 (488)	1,42	1,32	1,07	0,93	1,07	1,02	1,02	0,98	0,83	0,68	0,83	0,78
	Agreg. Leve	5 (78)	1,42	1,32	1,07	0,93	1,07	1,02	1,02	0,98	0,83	0,68	0,83	0,78
10 (141)	1,12	1,07	0,93	0,83	0,93	0,88	0,88	0,83	0,73	0,63	0,73	0,68		
15 (205)	0,98	0,93	0,78	0,73	0,78	0,78	0,78	0,73	0,68	0,54	0,68	0,63		
Placa (Ladrilho) de Piso ou Linóleo 3 mm sobre Madeira Compensada 16 mm sobre Barrotes	Agreg. de Areia	5 (107)	1,56	1,37	1,12	1,02	1,51	1,37	1,56	1,46	0,88	0,68	0,88	0,83
		10 (205)	1,51	1,32	1,12	0,98	1,46	1,32	1,46	1,37	0,88	0,68	0,88	0,83
		15 (302)	1,42	1,27	1,07	0,93	1,37	1,27	1,42	1,32	0,83	0,68	0,88	0,78
		20 (400)	1,37	1,22	1,02	0,93	1,32	1,22	1,32	1,27	0,83	0,63	0,83	0,78
		25 (498)	1,32	1,17	0,98	0,88	1,27	1,17	1,27	1,22	0,78	0,63	0,83	0,73
	Agreg. Leve	5 (92)	1,32	1,17	0,98	0,88	1,27	1,17	1,27	1,22	0,78	0,63	0,83	0,73
10 (151)	1,07	0,98	0,83	0,78	1,07	0,98	1,07	1,02	0,68	0,59	0,73	0,68		
15 (214)	0,93	0,83	0,73	0,68	0,88	0,83	0,93	0,88	0,63	0,54	0,63	0,59		
Madeira Sólida sobre Subpiso sobre Barrotes	Agreg. de Areia	5 (117)	1,27	1,12	0,98	0,88	1,22	1,12	1,22	1,17	0,78	0,63	0,78	0,73
		10 (214)	1,22	1,07	0,93	0,83	1,17	1,07	1,17	1,12	0,78	0,63	0,78	0,73
		15 (312)	1,17	1,02	0,93	0,83	1,12	1,02	1,12	1,07	0,73	0,59	0,78	0,68
		20 (410)	1,12	1,02	0,88	0,78	1,07	1,02	1,07	1,02	0,73	0,59	0,73	0,68
		25 (507)	1,07	0,98	0,83	0,78	1,02	0,98	1,07	1,02	0,68	0,59	0,73	0,68
	Agreg. Leve	5 (97)	1,07	0,98	0,83	0,78	1,02	0,98	1,07	1,02	0,68	0,59	0,73	0,68
10 (161)	0,93	0,83	0,73	0,68	0,88	0,83	0,88	0,88	0,63	0,54	0,63	0,59		
15 (224)	0,78	0,73	0,68	0,63	0,78	0,73	0,78	0,78	0,59	0,48	0,59	0,54		

		Forro (Teto Inferior) de Construção Estrutural											
		Nenhum	Esqueleto Não Ligado Direto				Suspensão ou Com Esqueleto Ligado Diretamente						
			Placa Acústica Colada		Tela Metálica Emboçada		Gesso de 10 mm ou Estrutura de Madeira Emboçada		Chapa Isolante Lisa ou Argamassa de Areia de 12 mm Emboçada		Placa Acústica sobre Esqueleto ou Gesso de 10 mm		
			Placa de 12 mm (5)	Placa de 20 mm (5)	Argamassa de Areia de 20 mm (36)	Argamassa Leve de 20 mm (15)	Argamassa de Areia 12 mm (25)	Argamassa Leve 12 mm (10)	Chapa de 12 mm (10)	Chapa de 25 mm (20)	Placa de 12 mm (5)	Placa de 20 mm (5)	
Piso	Subpiso												
Nenhum	Nenhum	Madeira de 20 mm (10)	2,20	1,46	1,27	3,61	2,88	2,98	2,64	1,81	1,17	1,90	1,51
		Madeira de 50 mm (25)	1,32	0,98	0,88	1,51	1,37	1,42	1,32	1,07	0,83	1,12	0,98
Ladrilho Cerâmico sobre Cimento de 38 mm	Madeira de 20 mm (105)	Madeira de 50 mm (120)	1,85	1,02	0,93	1,37	1,27	1,27	1,17	0,98	0,78	1,02	0,93
			1,17	0,93	0,83	0,98	0,93	0,93	0,88	0,78	0,63	0,78	0,73
Piso (Assoalho) em Madeira Sólida de 20 mm ou Linóleo sobre Compensado de 16 mm	Madeira de 20 mm (25)	Madeira de 50 mm (35)	1,61	1,17	1,02	1,22	1,12	1,12	1,07	0,88	0,73	0,93	0,83
			1,07	0,83	0,78	0,88	0,83	0,83	0,83	0,73	0,59	0,73	0,68
Linóleo de 3 mm Madeira Sólida de 6 mm sobre Chapa isolante de 10 mm	Madeira de 20 mm (25)	Madeira de 50 mm (40)	1,37	1,02	0,93	1,07	0,98	1,02	0,98	0,83	0,68	0,88	0,78
			0,98	0,78	0,73	0,83	0,78	0,78	0,78	0,68	0,59	0,68	0,63

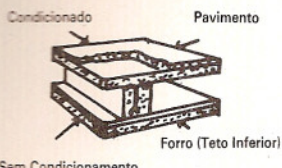
Equações: Fluxo de Calor Ascendente, Espaço Sem Condicionamento abaixo: Ganho de Calor, Kcal/h = (Área, m<sup>2</sup>) × (Valor U) × (temp. exterior — temp. interior — 3°C)

Cozinha ou Compartimento para Caldeira abaixo: Ganho de Calor, Kcal/h = (Área m<sup>2</sup>) × (Valor de U) × (Dif. Real d/temp. ou temperatura exterior — temp. interior + 8 a 14°C.)



**TABELA 30 – COEFICIENTE GLOBAL DE TRANSMISSÃO DE CALOR (U) – FORRO (Teto Inferior)  
E Piso, Nos Sobrados (Fluxo de Calor Descendente)  
Baseado no Ar Parado em Ambos os Lados Kcal/h. m<sup>2</sup>.°C**

Todos os números entre parênteses indicam peso por m<sup>2</sup>. O peso total por m<sup>2</sup> é o resultado da soma do forro (teto inferior) e do piso.

		Forro (Teto Inferior) Em Alvenaria												
		Esqueleto Não Ligado Direto				Suspensão ou Com Esqueleto Ligado Diretamente								
		Espessura (mm) e Peso (kg/m <sup>2</sup> )	Nenhum ou Argamassa de Areia 12 mm (25)	Emboço 12 mm (15)	Chapa Acústica Colada		Tela Metálica Emboçada		Gesso de 10 mm na Estrutura de Suporte de Madeira Emboçada		Chapa Isolante Lisa ou Argamassa de Areia de 12 mm Emboçada		Placa Acústica sobre Esqueleto ou Gesso de 10 mm	
Placa de 12 mm (5)	Placa de 20 mm (5)				Argamassa de Areia de 20 mm (35)	Argamassa Leve de 20 mm (15)	Argamassa de Areia de 12 mm (25)	Argamassa Leve de 12 mm (10)	Chapa de 12 mm (10)	Chapa de 25 mm (20)	Placa de 12 mm (5)	Placa de 20 mm (5)		
Piso	Subpiso de Concreto													
Nenhum ou Linóleo de 3 mm ou Placa (Ladrilho) de Piso	Agreg. de Areia	5 (92)	2,34	2,10	1,51	1,27	1,56	1,42	1,46	1,37	1,12	0,83	1,12	0,98
		10 (190)	2,15	1,95	1,46	1,22	1,51	1,37	1,37	1,32	1,07	0,83	1,07	0,98
		15 (288)	2,00	1,81	1,37	1,17	1,42	1,32	1,32	1,27	1,02	0,78	1,07	0,93
		20 (385)	1,90	1,71	1,32	1,12	1,37	1,27	1,27	1,22	1,02	0,78	1,02	0,93
		25 (483)	1,76	1,66	1,27	1,07	1,32	1,22	1,22	1,17	0,98	0,73	0,98	0,88
		5 (73)	1,76	1,66	1,27	1,07	1,32	1,22	1,22	1,17	0,98	0,73	0,98	0,88
Blocos (Tacos) de Madeira sobre a Laje	Agreg. de Areia	5 (97)	1,76	1,61	1,22	1,07	1,27	1,17	1,17	1,12	0,98	0,73	0,98	0,88
		10 (195)	1,61	1,51	1,17	1,02	1,22	1,12	1,12	1,07	0,93	0,73	0,93	0,83
		15 (292)	1,56	1,42	1,12	1,02	1,17	1,07	1,07	1,02	0,88	0,73	0,88	0,83
		20 (390)	1,46	1,37	1,12	0,98	1,12	1,07	1,07	1,02	0,88	0,68	0,88	0,78
		25 (488)	1,42	1,32	1,07	0,93	1,07	1,02	1,02	0,98	0,83	0,68	0,83	0,78
		5 (78)	1,42	1,32	1,07	0,93	1,07	1,02	1,02	0,98	0,83	0,68	0,83	0,78
Placa (Ladrilho) de Piso ou Linóleo 3 mm sobre Madeira Compensada 16 mm sobre Barrotes	Agreg. de Areia	5 (107)	1,61	1,51	1,17	1,02	1,22	1,12	1,12	1,07	0,93	0,73	0,98	0,83
		10 (205)	1,56	1,42	1,12	1,02	1,17	1,07	1,07	1,02	0,88	0,73	0,93	0,83
		15 (302)	1,46	1,37	1,12	0,98	1,12	1,02	1,02	1,02	0,88	0,68	0,88	0,78
		20 (400)	1,42	1,32	1,07	0,93	1,07	1,02	1,02	0,98	0,83	0,68	0,88	0,78
		25 (498)	1,37	1,27	1,02	0,93	1,02	0,98	0,98	0,93	0,83	0,63	0,83	0,78
		5 (92)	1,37	1,27	1,02	0,93	1,02	0,98	0,98	0,93	0,83	0,63	0,83	0,73
Madeira Sólida sobre Subpiso sobre Barrotes	Agreg. de Areia	5 (117)	1,27	1,22	0,98	0,88	0,98	0,98	0,98	0,93	0,78	0,63	0,83	0,73
		10 (214)	1,22	1,17	0,98	0,88	0,98	0,93	0,93	0,88	0,78	0,63	0,78	0,73
		15 (312)	1,17	1,12	0,93	0,83	0,93	0,88	0,93	0,88	0,73	0,63	0,78	0,68
		20 (410)	1,12	1,07	0,93	0,83	0,93	0,88	0,88	0,83	0,73	0,59	0,73	0,68
		25 (507)	1,07	1,02	0,88	0,78	0,88	0,83	0,83	0,83	0,68	0,59	0,73	0,68
		5 (97)	1,07	1,02	0,88	0,78	0,88	0,83	0,83	0,83	0,68	0,59	0,73	0,68
Forro (Teto Inferior) de Construção Estrutural	Nenhum	Espessura (mm) e Peso (kg/m <sup>2</sup> )	Placa Acústica Colada		Tela Metálica Emboçada		Gesso de 10 mm ou Estrutura de Suporte de Madeira Emboçada		Chapa Isolante Lisa ou Argamassa de Areia de 12 mm Emboçada		Placa Acústica sobre Esqueleto ou Gesso de 10 mm			
			Placa de 12 mm (5)	Placa de 20 mm (5)	Argamassa de Areia de 20 mm (35)	Argamassa Leve de 20 mm (15)	Argamassa de Areia de 12 mm (25)	Argamassa Leve de 12 mm (10)	Chapa de 12 mm (10)	Chapa de 25 mm (20)	Placa de 12 mm (5)	Placa de 20 mm (5)		
			Nenhum	Subpiso	2,49	2,10	2,15	1,95	1,51	1,02	1,51	1,02	1,51	1,32
					1,27	1,17	1,17	1,12	0,93	0,73	0,93	0,73	0,98	0,83
					0,93	0,83	0,88	0,83	0,73	0,59	0,73	0,59	0,73	0,68
					0,93	0,83	0,88	0,83	0,73	0,59	0,73	0,59	0,73	0,68
Ladrilho Cerâmico sobre Cimento de 38 mm	Madeira de 20 mm (105) Madeira de 50 mm (120)	1,85	0,88	0,83	0,93	0,88	0,88	0,83	0,73	0,59	0,73	0,68		
		1,17	0,68	0,63	0,73	0,68	0,68	0,68	0,59	0,54	0,59	0,59		
Piso (Assoalho) em Madeira Sólida de 20 mm ou Linóleo sobre Compensado de 16 mm	Madeira de 20 mm (25) Madeira de 50 mm (95)	1,61	0,83	0,78	0,88	0,83	0,83	0,78	0,68	0,59	0,68	0,63		
		1,07	0,68	0,63	0,68	0,63	0,63	0,63	0,59	0,49	0,59	0,54		
Linóleo de 3 mm sobre Madeira Sólida de 6 mm sobre Chapa isolante de 10 mm	Madeira de 20 mm (25) Madeira de 50 mm (40)	1,42	0,78	0,73	0,78	0,73	0,78	0,73	0,63	0,54	0,68	0,63		
		0,98	0,63	0,59	0,63	0,59	0,63	0,59	0,54	0,49	0,54	0,54		

Equações: Fluxo de Calor Ascendente, Espaço Sem Condicionamento abaixo: Ganho de Calor, Kcal/h = (Área, m<sup>2</sup>) × (Valor U) × (temp. exterior – temp. interior – 3°C)

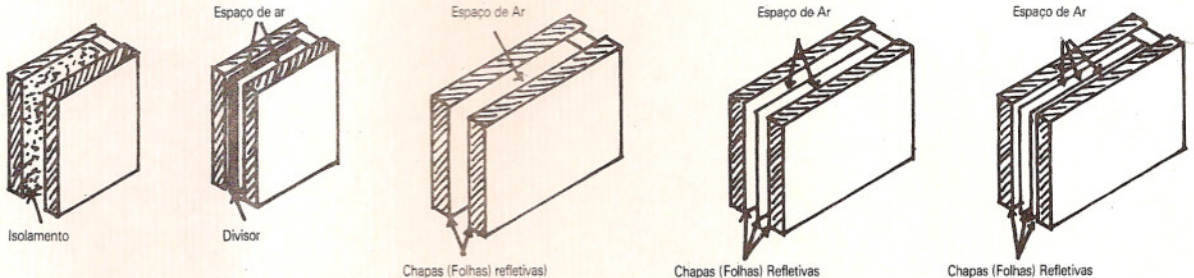
Cozinha ou Compartimento para Caldeira abaixo: Ganho de Calor, Kcal/h = (Área, m<sup>2</sup>) × (Valor de U) × (Dif. Real d/temp. ou temperatura exterior – temp. interior + 8 a 14°C.)



**TABELA 31 — COEFICIENTE "GLOBAL DE TRANSMISSÃO DE CALOR (U) — COM ISOLAMENTO E ESPAÇO DE AR VERÃO E INVERNO Kcal/h. m<sup>2</sup>.°C**

Adição de U antes de adicionar Isolamento de Parede, Forro teto de cobertura a piso.	Adição de Isolamento Fibroso			Adição de Espaço de Ar de 20 mm ou mais	Adição de Chapas Refletivas ao Espaço de Ar (Folha de Alumínio Emissividade Média = 0,05)								
					Direção de Fluxo de Calor								
	Espessura (mm)				Inverno e verão Horizontal			Verão Descendente			Inverno Ascendente		
	25	50	75		Adicione a um ou ambos os lados	Uma chapa (Folha) no espaço de ar	Dois chapas (Folhas) no espaço de ar	Adicione a um ou ambos os lados	Uma chapa (Folha) no espaço de ar	Dois chapas (Folhas) no espaço de ar	Adicione a um ou ambos os lados	Uma chapa (Folha) no espaço de ar	Dois chapas (Folhas) no espaço de ar
	3,0	0,93	0,54		0,39	1,85	1,66	0,88	0,54	0,59	0,29	0,24	1,76
2,9	0,93	0,54	0,39	1,81	1,61	0,88	0,54	0,59	0,29	0,24	1,76	0,98	0,68
2,8	0,88	0,54	0,39	1,76	1,56	0,88	0,54	0,54	0,29	0,24	1,71	0,98	0,68
2,7	0,88	0,54	0,39	1,76	1,51	0,83	0,54	0,54	0,29	0,24	1,66	0,93	0,68
2,6	0,88	0,54	0,39	1,71	1,46	0,83	0,49	0,54	0,29	0,24	1,61	0,93	0,68
2,5	0,88	0,54	0,39	1,66	1,42	0,83	0,49	0,54	0,29	0,24	1,56	0,93	0,63
2,4	0,83	0,49	0,34	1,61	1,37	0,78	0,49	0,54	0,29	0,20	1,51	0,88	0,63
2,3	0,83	0,49	0,39	1,56	1,37	0,78	0,49	0,54	0,29	0,20	1,46	0,88	0,63
2,2	0,83	0,49	0,34	1,51	1,32	0,78	0,49	0,54	0,29	0,20	1,42	0,88	0,63
2,1	0,78	0,49	0,34	1,46	1,27	0,73	0,49	0,54	0,29	0,20	1,37	0,83	0,63
2,0	0,78	0,49	0,34	1,42	1,27	0,73	0,49	0,49	0,29	0,20	1,32	0,83	0,59
1,9	0,78	0,49	0,34	1,37	1,22	0,73	0,44	0,49	0,29	0,20	1,27	0,83	0,59
1,8	0,73	0,49	0,34	1,32	1,17	0,68	0,44	0,49	0,29	0,20	1,22	0,78	0,59
1,7	0,73	0,49	0,34	1,27	1,12	0,68	0,44	0,49	0,29	0,20	1,17	0,78	0,59
1,6	0,73	0,49	0,34	1,22	1,07	0,63	0,44	0,49	0,24	0,20	1,12	0,73	0,54
1,5	0,68	0,44	0,34	1,12	1,02	0,63	0,44	0,49	0,24	0,20	1,07	0,73	0,54
1,4	0,68	0,44	0,34	1,07	0,98	0,63	0,39	0,44	0,24	0,20	0,98	0,68	0,49
1,3	0,63	0,44	0,34	1,02	0,93	0,59	0,39	0,44	0,24	0,20	0,93	0,63	0,49
1,2	0,63	0,44	0,34	0,98	0,83	0,59	0,39	0,44	0,24	0,20	0,88	0,63	0,49
1,1	0,59	0,39	0,29	0,88	0,78	0,54	0,39	0,39	0,24	0,20	0,78	0,59	0,44
1,0	0,59	0,39	0,29	0,83	0,73	0,49	0,34	0,39	0,24	0,20	0,73	0,54	0,44
0,9	0,54	0,39	0,29	0,73	0,68	0,49	0,34	0,39	0,24	0,20	0,68	0,54	0,39
0,8	0,49	0,34	0,29	0,68	0,59	0,44	0,34	0,34	0,24	0,20	0,63	0,49	0,39
0,7	0,44	0,34	0,24	0,59	0,54	0,39	0,29	0,34	0,20	0,20	0,59	0,44	0,34
0,6	0,39	0,29	0,24	0,54	0,49	0,39	0,29	0,29	0,20	0,15	0,49	0,39	0,34
0,5	0,34	0,29	0,24	0,44	0,39	0,34	0,24	0,29	0,20	0,15	0,44	0,34	0,29

Isolamento Adicionado	Espaço de Ar Adicionado	Chapas (Folhas) Refletivas Adicionadas a um ou ambos os lados	Chapa (Folha) Refletiva no Espaço de Ar	Chapas (Folhas) Refletivas no Espaço de Ar
-----------------------	-------------------------	---	---	--



\* Verificado quanto as condições de verão, para fluxo de calor ascendente, descendente, e horizontal. O erro a partir dos valores acima é menor que 1%.



TABELA 45 — "STANDARDS" DE VENTILAÇÃO

Aplicação	Número de Fumantes	m <sup>3</sup> /Por Pessoa		m <sup>3</sup> /h Por m <sup>2</sup> de Pavimento Mínimo
		Recomendado	Mínimo*	
Apartamento Médio Luxo Banco (Área de Público) Barbearia Instituto de Beleza	Pequeno Muito Pequeno Pequeno Grande Muito Pequeno	34 51 17 25 17	25 42 13 17 13	— 6,0 — — —
Salas de Corretores Bares Corredores (Suprimento ou Exaustão) Grandes Lojas Salas de Diretoria	Muito Grande Grande — Pequeno Muito Grande	85 51 — 13 85	51 42 — 8,5 51	— — 4,6 0,9 —
Farmácias Fábricas + \$ Supermercados Velórios Garagem	Grande Nenhum Nenhum Nenhum —	17 17 13 17 —	13 13 8,5 13 —	— 1,8 — — 18,3
Hospitais Salas de Operação Salas Privadas Enfermarias Quartos de Hotel Cozinha Restaurante Residencial Laboratórios	Nenhum Nenhum Nenhum Grande — — Pequeno	— 51 34 51 — — 34	— 42 25 42 — — 25	36,6 6,0 — 6,0 73,0 36,6 —
Salas de Reuniões Escritórios Geral Privado Privado Restaurante Lanchonete + Clássico	Muito grande Pequeno Nenhum Grande Grande Grande	85 25 42 51 20 25	51 17 25 42 17 20	22,8 — 4,6 4,6 — —
Salas de Escola Lojas de Varejo Teatro Teatro Lavatórios (Exaustão)	Nenhum Nenhum Nenhum Pequeno —	— 17 13 25 —	— 13 8,5 17 —	— — — — 36,6

Quando o mínimo for usado, use o maior.

Consulte os códigos locais que eventualmente regulem o assunto.

Pode ser regulado pela exaustão

Use estes valores a não ser que sejam regulados por outras fontes de contaminação, ou pelos códigos locais.

Todo o ar exterior é recomendado para vencer o perigo de explosão de anestésicos.



TABELA 48 – Calor Liberado por Pessoas (kcal/h)

Local	Metabolismo homem adulto	Metabolismo médio*	TBS (TEMP. AMBIENTE °C)									
			28		27		26		24		21	
			S	L	S	L	S	L	S	L	S	L
Teatro, Escola primária	98	88	44	44	49	39	53	35	58	30	65	23
Escola Secundária	113	100	45	55	48	52	54	46	60	40	68	32
Escrit. Hot. Aptos. Universidades	120	113	45	68	50	63	54	59	61	52	71	42
Supermercados varejistas, lojas	139											
Farmácias, drogarías	139	126	45	81	50	76	55	71	64	62	73	53
Bancos	139											
Restaurante**	126	139	48	91	55	84	61	78	71	68	81	58
Fábrica, trabalho leve	202	189	48	141	55	134	62	127	74	115	92	97
Sallão de baile	227	214	55	159	62	152	69	145	82	132	101	113
Fábrica, trabalho moderadamente pesado	252	252	68	184	76	176	83	169	96	156	116	136
Boliche, fábricas, ginásios***	378	365	113	252	117	248	122	243	132	233	152	213

S = Sensível L = Latente

NOTAS:

- \* O "METABOLISMO MÉDIO" corresponde a um grupo composto de adultos e crianças de ambos os sexos, nas proporções normais. Estes valores foram obtidos à base das seguintes hipóteses:  
 Metabolismo mulher adulta = Metabolismo homem adulto × 0,85  
 Metabolismo criança = Metabolismo homem adulto × 0,75
- \*\* Estes valores compreendem 14 kcal/h (50% calor sensível e 50% calor latente) por ocupante, para levar em conta o calor despreendido pelos pratos.
- \*\*\* Boliche: admitindo uma pessoa jogando por pista e os outros sentados (100 kcal/h) ou de pé (135 kcal/h).

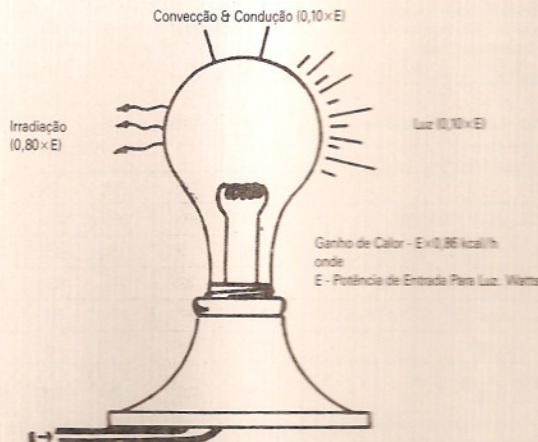
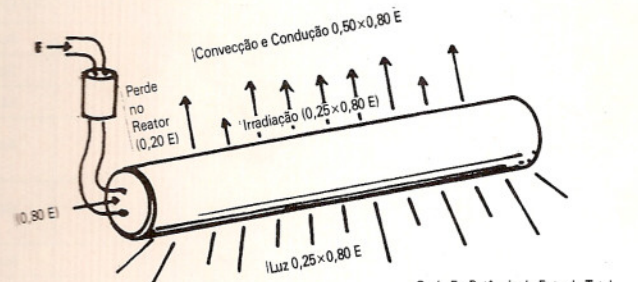


Fig. 30 - Conversão de Energia Elétrica em Calor e Luz com Lâmpadas Incandescentes, Aproximada

As lâmpadas fluorescentes convertem cerca de 25% da potência de entrada em luz, com cerca de 25% sendo dissipada por irradiação para as superfícies em volta.

Os outros 50% são dissipados por condução e convecção. Complementarmente a isto, aproximadamente 25% a mais de calor é gerado sob forma de calor no reator da lâmpada fluorescente, Fig. 31.

A tabela 49 indica a base para chegar ao ganho bruto de calor a partir de luzes incandescentes, e fluorescentes.



Ganho de Calor -  $E \times 0,86$  kcal/h ou  $0,8 E \times 1,25 \times 0,86$  kcal/h

Onde E - Potência de Entrada Total para Luz, Watts 0,8 E Valor Nominal de Lâmpada, Watts

Fig. 31 - Conversão de Energia Elétrica em Calor e Luz com Lâmpadas Fluorescentes, Aproximada



TABELA 49 — GANHO DE CALOR A PARTIR DE LUZES

TIPO	GANHO DE CALOR (Kcal/h)
Fluorescente	Potência em Watts $\times 1,25 \times 0,86$
Incandescente	Potência em Watts $\times 0,86$

\* Consulte as Tabelas 12 e 13, páginas 35-37 para determinar a carga de resfriamento real.

Os watts da luz fluorescente são multiplicados por 1,25 para incluir o ganho de calor no reator.

### UTENSÍLIOS

Muitos utensílios contribuem tanto com calor sensível como com calor latente em um ambiente. Os utensílios elétricos contribuem com calor latente, apenas em virtude da função que realizam, isto é, secagem, cozimento, etc., ao passo que

os utensílios que queimam gás contribuem com umidade adicional, como um produto da combustão. Uma coifa corretamente projetada, com um sistema de exaustão positiva, remove uma considerável quantidade de calor e umidade, gerados a partir da maioria de utensílios.

Base das Tabelas 50 a 52

— Ganho de Calor a partir de Utensílios de Restaurante e Utensílios Diversos:

Os dados nestas tabelas foram determinados a partir de dados dos Fabricantes, dados da American Gas Association, "Directory of Approved Gas Appliances," e testes reais feitos pela Carrier Corporation.

TABELA 50 — GANHO DE CALOR A PARTIR DE UTENSÍLIOS DE RESTAURANTE

Sem Cúpulas\* — Elétricos

Utensílio	Dimensões Gerais Sem Pernas (mm)	Tipo de Controle	Dados Diversos	Valor Nom. Máx. d/Fábr. (Kcal/h)	Média Mantida (Kcal/h)	Ganho de Calor Recom. para Uso Médio		
						Calor Sensível (Kcal/h)	Calor Latente (Kcal/h)	Calor Total (Kcal/h)
Máquina de Café — 2 litros Aquecedor de Café — 2 litros		Man. Man.		560 77	77 77	227 58	55 22	282 80
4 Unidades de Máquinas de Café com Tanque de 17 litros	508 $\times$ 762 $\times$ 660 H	Auto.	Aquecedor de água — 2000 watts — 2960 watts	4225		1200	300	1500
Depósito de Café — 10 litros Depósito de Café — 10 litros Depósito de Café — 20 litros	381 $\varnothing$ $\times$ 864 H 305 $\times$ 584 oval. $\times$ 533 H 457 $\varnothing$ $\times$ 940 H	Man. Auto. Auto.	Acabamento em preto Niquelado Niquelado	3000 3855 4280	750 650 900	650 550 850	425 375 575	1075 925 1425
Máquina de Bolo	558 $\times$ 558 $\times$ 1450 H	Áuto.	Sistema Exaustor para o Exterior (motor de 1/2 hp)	4000		1250		1250
Máquina de Cozer ovos	254 $\times$ 330 $\times$ 635 H	Man.	Calor Med. — 550 W Calor Baixo — 275 W	935		300	200	500
— Aquecedor de Alimentos com Placa — Aquecedora (por m <sup>2</sup> ) de superfície superior)		Auto.	Isolado, unidade de aquecimento separada para cada panela. Placa aquecedora na base	3600	1350	950	950	1900
— Aquecedor de Alimentos sem Placa — Aquecedora (por m <sup>2</sup> ) de superfície superior)		Auto.	Idem, sem placa aquecedora	2750	1080	540	960	1500
Tacho de Fritar — 5 litros de gordura	305 $\varnothing$ $\times$ 355 H	Auto.		2220	275	400	600	1000
Tacho de Fritar 10 litros de gordura	406 $\times$ 457 $\times$ 305 H	Auto.	Área de Fritar 300 $\times$ 360 mm	5995	5000	950	1425	2375
Máquina de Fritar Tortas	457 $\times$ 457 $\times$ 203 H	Auto.	Topo de Fritar 450 $\times$ 360 mm	2000	700	775	425	1200
Grelha para Carne	355 $\times$ 355 $\times$ 254 H	Auto.	Área de Cozinhar 250 $\times$ 300 mm	2550	475	975	525	1500
Grelha para Sanduiche	330 $\times$ 355 $\times$ 254 H	Auto.	Área de grelhados 300 $\times$ 300 mm	1400	475	675	175	850
Aquecedor	660 $\times$ 432 $\times$ 330 H	Auto.	Uma gaveta	375	100	275	25	300
Torradeira Contínua	381 $\times$ 381 $\times$ 711 H	Auto.	Largura de duas fatias 360 fatias/h	1875	1250	1275	325	1600
Torradeira Contínua	508 $\times$ 381 $\times$ 711 H	Auto.	Largura de quatro fatias 720 fatias/h	2570	1500	1525	650	2175
Torradeira. "Pop Up" Automática	152 $\times$ 279 $\times$ 228 H	Auto.	2 fatias	1025	250	617	113	730
Máquina p/"Waffle"	305 $\times$ 330 $\times$ 254 H	Auto.	Uma Torta de 180 mm	620	150	275	185	460
Máquina de "Waffle" para Sanduiche de Sorvete	355 $\times$ 330 $\times$ 254 H	Auto.	12 Bolos cada com 64 $\times$ 95 mm	1890	375	775	525	1300

\* Caso seja usada uma cúpula de exaustão corretamente projetada multiplique o valor recomendado por 0,50.



TABELA 53 – GANHO DE CALOR A PARTIR DE MOTORES ELÉTRICOS

Operação Contínua\*

Potência Nominal CV	Rendimento a plena carga (P) %	Localização do Equipamento em Relação ao Espaço Condicionado Ou Corrente de Ar		
		Motor dentro - Máquina acionada dentro CV x 632 P	Motor fora - Máquina acionada dentro CV x 632	Motor dentro - Máquina acionada fora CV x 632 (1-P) P
		Kcal/h		
1/20	40	80	30	47
1/12	49	105	50	55
1/8	55	145	80	65
1/6	60	180	105	70
1/4	64	250	160	90
1/3	66	320	215	110
1/2	70	450	320	135
3/4	72	660	480	187
1	79	800	630	170
1 1/2	80	1 200	950	237
2	80	1 600	1 260	320
3	81	2 350	1 990	450
5	82	3 900	3 160	700
7 1/2	85	5 500	4 800	850
10	85	7 500	6 400	1 125
15	86	11 100	9 500	1 575
20	87	14 500	12 750	1 875
25	88	18 100	15 900	2 200
30	89	21 300	19 100	2 350
40	89	28 700	25 500	3 250
50	89	35 700	31 800	4 000
60	89	43 000	38 400	4 750
75	90	53 000	47 800	5 250
100	90	71 000	63 800	7 250
125	90	87 500	79 500	9 000
150	91	105 000	95 600	9 500
200	91	140 000	127 500	12 500
250	91	175 000	159 000	16 000

\* Para operação intermitente, é necessário usar um fator, de preferência medido.

Casos motores estejam sobrecarregados e a quantidade da sobrecarga seja desconhecida, multiplique os fatores de ganho de calor acima pelos seguintes fatores de serviço máximo.

Fatores	de			Serviço		Máximo
Potência	1/20-1/2	1/6-1/2	1/2-3/4	1	1 1/2-2	3-250
Tipo Aberto C.A.	1.4	1.35	1.25	1.25	1.20	1.15
Tipo Aberto C.C.	—	—	—	1.15	1.15	1.15

Nos motores blindados não é permitido sobrecarga

Para um ventilador ou bomba no espaço condicionado, fazendo exaustão de ar ou bombeando fluidos, respectivamente, para fora do espaço condicionado, use os valores na última coluna.



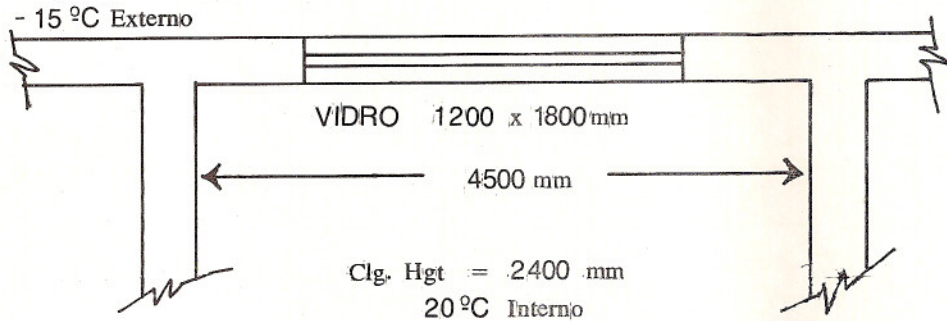
## SESSÃO DE TRABALHO Nº 01

## ESTIMATIVA DE CARGA

1) Existem três fatores que afetam a quantidade de calor em Watts que será conduzida através de uma parede, teto de cobertura, ou divisória. Estes três fatores são:

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_

2) Quanto de calor é transferido através do vidro e parede externa indicados no esboço, caso o fator "U" para um vidro comum seja  $6,42\text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$  e "U" para parede seja  $1,52\text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$  (Veja figura 9 do texto).



3) As tabelas 21, 22 e 25 do Manual de Projetos de Sistemas mostram fatores "U", ou coeficientes de transmissão, para paredes de alvenaria e estruturais. Utilizando estes dados encontre o fator "U" para:

- a) Uma parede de  $300\text{ mm}$  de tijolos comuns de fachada com acabamento interno de reboco em agregado de areia.
- b) Uma parede "dupla", com tijolo aparente em face de  $100\text{ mm}$  no acabamento exterior, e bloco de concreto (em agregado de escória de alto forno) de  $200\text{ mm}$  no revestimento traseiro, sem acabamento interior.
- c) Uma parede estrutural com forro exterior em madeira superposta, forro interno em madeira de  $16\text{ mm}$  mais "papel" de construção, e com acabamento em chapa de gesso de  $9\text{ mm}$  ou chapa de argamassa.

4) a) Na figura 10 do texto, caso o pico da curva a aproximadamente 16 horas, for  $606\text{ Watts}$  de calor solar, para cada  $\text{m}^2$  de vidro, quanto de calor solar será transmitido através de  $9,0\text{ m}^2$  de vidro não sombreado para oeste?

Se venezianas de quebra-luz, internas, reduzem a carga solar através do vidro de  $35\%$ , quanto de redução resultará para os  $9,0\text{ m}^2$  do vidro descrito acima?

5) De acordo com a ilustração da figura 25 do texto, um teto de cobertura em concreto de  $100\text{ mm}$  exposto ao sol tem seu pico a cerca de 16 horas e cada  $\text{m}^2$  de teto de cobertura transmite  $60\text{ W/m}^2$  de calor para o espaço abaixo. Caso a loja que possui tal teto tenha  $6000\text{ mm} \times 15000\text{ mm}$  de dimensão, quanto de calor será transmitido através do teto?



- 6) Sabe-se que as Condições de Projeto normais externas para verão no Rio de Janeiro são: 35 °C BS e 26,5 °C BU (vide tabela 6 – pg. 7 da NB -10). Caso 95 l/s do ar exterior vaze para dentro de um espaço condicionado mantido a 27 °C (Bulbo Seco) e 50% (Umidade Relativa), quanto de calor sensível deve ser obrigatoriamente removido do ar exterior para resfriá-lo até a temperatura do aposento?
- 7) Com referência a questão 6 acima, quanto de calor latente deve ser obrigatoriamente removido para levar o teor de umidade do ar exterior para resfriá-lo até o valor do teor de umidade do aposento?



## ESTIMATIVA DE CARGA

- 1) A tabela 12, página 13 da NB-10, dá o ganho de calor a partir das pessoas. Qual é o calor sensível e o calor latente liberado por:

	TEMP. APOSENTO	(WATTS) SENSÍVEL	(WATTS) LATENTE	TOTAL
a) Um funcionário de escritório	27°C			
b) Um cliente de restaurante	24°C			
c) Um trabalhador de bancada	21°C			

- 2) Como explicar o decréscimo de calor sensível e o aumento do calor latente à medida que a temperatura ambiente e a atividade aumentam?
- 3) Uma loja de especialidades tem 7.000mm x 12000mm de comprimento. Estão instaladas lâmpadas incandescentes num total de 4000 Watts.
- Quantos Watts/m<sup>2</sup> isto representa?
  - Qual é o ganho de calor a partir das lâmpadas, quando todas estiverem em uso?
- 4) Se no problema 3 acima, são usados 4000Watts de lâmpadas fluorescentes, qual é o ganho de calor no ambiente?
- 5) Um torno numa oficina usa um motor de 2,5 KW. Qual é o ganho em KW quando o motor está em plena carga?
- 6) Referindo-se a tabela 11, página 12 da NB-10, qual é o ganho de calor sensível e latente de:
- Uma cafeteira de 20 litros?
  - Um banho maria c/m<sup>2</sup> de superfície?
  - Uma torradeira automática c/2.500 Watts.
- 7) O efeito de armazenagem ou pré-resfriamento conforme discutido nas pág. 21, 22 e 23 é aplicável a:
- Igrejas?
  - Restaurantes com refeições principalmente de café da manhã e almoço?
  - Edifícios de Escritórios?



A20

8) Ao calcular a perda de calor de um espaço, é dado um crédito para o ganho de calor de luzes ou pessoas. Sim \_\_\_\_ Não \_\_\_\_

Por quê? \_\_\_\_\_



## QUESTIONÁRIO

Nome: \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_\_\_

1) No Resfriamento de um aposento as três maiores fontes de calor exterior são:

a) \_\_\_\_\_

b) \_\_\_\_\_

c) \_\_\_\_\_

2) Cinco fontes de calor interior são:

a) \_\_\_\_\_ d) \_\_\_\_\_

b) \_\_\_\_\_ e) \_\_\_\_\_

c) \_\_\_\_\_

3) Encontre as seguintes condições de projeto para a cidade de São Paulo:

a) Verão BS (Bulbo Seco) = ( \_\_\_\_\_ °C) \_\_\_\_\_ °F

b) Verão BU (Bulbo Úmido) = ( \_\_\_\_\_ °C) \_\_\_\_\_ °F

c) Inverno BS (Bulbo Seco) = ( \_\_\_\_\_ °C) \_\_\_\_\_ °F

4) Qual é o coeficiente "U" de transferência de calor para uma parede estrutural com acabamento exterior em tijolo aparente de face de 100mm tipo "venner", com forro de chapa isolante de 20mm, mais um acabamento interior de tela metálica rebocada com argamassa de agregado de areia?

U = \_\_\_\_\_ W/m<sup>2</sup>. °C

5) Qual será o fator "U" \_\_\_\_\_ para a parede descrita no problema 4, se for adicionado 50mm de isolante (lã de vidro)?

U = \_\_\_\_\_ W/m<sup>2</sup>. °C

6) Qual a razão de ventilação recomendada para cada um dos seguintes ambientes.

a) escritório central \_\_\_\_\_ m<sup>3</sup>/h por pessoa.b) Bar de "Coktail" \_\_\_\_\_ m<sup>3</sup>/h por pessoa.c) Banco - área de público \_\_\_\_\_ m<sup>3</sup>/h por pessoa.



7) Relacione três tipos de aplicações onde o efeito de armazenagem ou pré-resfriamento seja eficiente para reduzir a carga de pico e o tamanho de equipamento necessário.

a) \_\_\_\_\_

b) \_\_\_\_\_

c) \_\_\_\_\_

8) Indique duas formas pelas quais os caixilhos de janela, bem ajustados para temporal, reduzem a carga de aquecimento no inverno.

a) \_\_\_\_\_

b) \_\_\_\_\_

9) Um computador num espaço de ar condicionado usa 5000 Watts de energia elétrica. Quantos Watts de calor sensível a máquina libera para o aposento?

10) A que hora do dia um edifício, com quantidades iguais de vidros expostos ao Norte e ao Oeste e um teto de cobertura de concreto de 100mm exposto ao sol, está provavelmente no pico?

A hora da carga de pico é: \_\_\_\_\_

da manhã

da tarde