***Refrigeração e Ar condicionado***

*Conforto Térmico e Carga Térmica de Climatização*

*por*

*Christian Strobel*

*“Existem três frases curtas que levarão sua vida adiante: ‘Não diga que fui eu!’, ‘Oh, boa idéia chefe!’ e ‘Já estava assim quando cheguei.”*

*- Homer J. Simpson*

# INTRODUÇÃO

Nos dias atuais, a climatização de ambientes é essencial para melhorar a produtividade do ser humano nas tarefas cotidianas. O conhecimento do clima, aliado ao conhecimento dos mecanismos básicos de transferência de calor e massa, permite ao ser humano uma consciente intervenção nas edificações, seja alterando sua arquitetura, seja projetando uma nova, seja incorporando equipamentos que promovam uma melhoria na qualidade do ar interno.

Para o correto dimensionamento de sistemas de ar condicionado, faz-se importante conhecer as condições ideais de conforto humano e o cálculo preciso da carga térmica de uma edificação para determinada região, e os fatores que afetam tal carga.

A climatização de ambientes possui três principais aplicações, importantíssimas para a vida moderna:

1. A satisfação do homem permitindo-lhe se sentir térmicamente confortável;
2. A performance humana: as atividades intelectuais, manuais e perceptivas geralmente apresentam um melhor rendimento quando realizadas em conforto térmico;
3. A conservação de energia: ao conhecer as condições e os parâmetros relativos ao conforto térmico dos ocupantes do ambiente, evitam-se desperdícios com calefação e refrigeração, muitas vezes desnecessários, sendo possível a escolha de equipamentos mais adequados e de menor consumo energético para uma determinada finalidade.

## Conforto Térmico

“Conforto Térmico é o estado mental que expressa satisfação do homem com o ambiente que o circunda”. *ASHRAE (American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers).*

O homem é um ser homeotérmico. Seu organismo é mantido a uma temperatura interna sensivelmente constante, na ordem de 37°C com limites muito estreitos, variando entre 36,1°C e 37,2°C, sendo 32°C o limite inferior e 42°C o limite superior para garantir a vida, em estado de enfermidade.

O ser humano pode ser comparado a uma máquina térmica — sua energia é conseguida através de fenômenos termoquímicos. A energia térmica produzida pelo organismo humano advém de reações químicas internas, sendo esse processo de produção de energia interna a partir de elementos combustíveis orgânicos, denominado de metabolismo.

O rendimento do organismo, como máquina térmica, possui um rendimento muito baixo, na ordem de 20%. A parcela restante, cerca de 80%, se transforma em calor, que deve ser dissipado para que o organismo seja mantido em equilíbrio.

O calor produzido e dissipado depende da atividade que o indivíduo desenvolve. Em repouso absoluto, o calor dissipado pelo corpo e cedido ao ambiente é aproximadamente 75 W.

Quando o calor produzido é maior que o calor dissipado, o corpo humano reage com mecanismos de termo regulação, ou seja, pelo suor, vasodilatação e termólise, que é a redução nos processos internos de combustão química no corpo. Quando o calor produzido é menor que o dissipado, o corpo se protege por aumentar o tremor do corpo, os pelos da pele ficam a uma altura maior (arrepio) de forma a manter uma camada de ar aquecido na superfície e ocorre a vasoconstrição, de modo a acelerar o fluxo sanguíneo.

Neste mesmo contexto, a vestimenta representa uma variável importante para o conforto térmico, pois atua como uma barreira para as trocas térmicas de convecção, radiação e condução. Em clima seco, vestimentas adequadas podem manter a umidade advinda do organismo pela transpiração. A vestimenta funciona como isolante térmico — que mantém, junto ao corpo, uma camada de ar mais aquecido, conforme seja mais ou menos isolante, conforme seu ajuste ao corpo e conforme a porção de corpo que cobre.

A vestimenta adequada será função da temperatura média ambiente, do movimento do ar, do calor produzido pelo organismo e, em alguns casos, da umidade do ar e da atividade a ser desenvolvida pelo indivíduo. A vestimenta reduz o ganho de calor relativo à radiação solar direta, as perdas em condições de baixo teor de umidade e o efeito refrigerador do suor. Reduz, ainda, a sensibilidade do corpo às variações de temperatura e de velocidade do ar. Sua resistência térmica depende do tipo de tecido, da fibra e do ajuste ao corpo, devendo ser medida através das trocas secas relativas de quem a usa. Sua unidade, “clo”, equivale a 0,155 m2/W.

Então, o conforto térmico está associado a algumas variáveis, que devem ser analisadas adequadamente. Entre elas:

1. ***Variáveis humanas:***

Metabolismo (idade, sexo, raça, hábitos alimentares, atividade) e vestimenta.

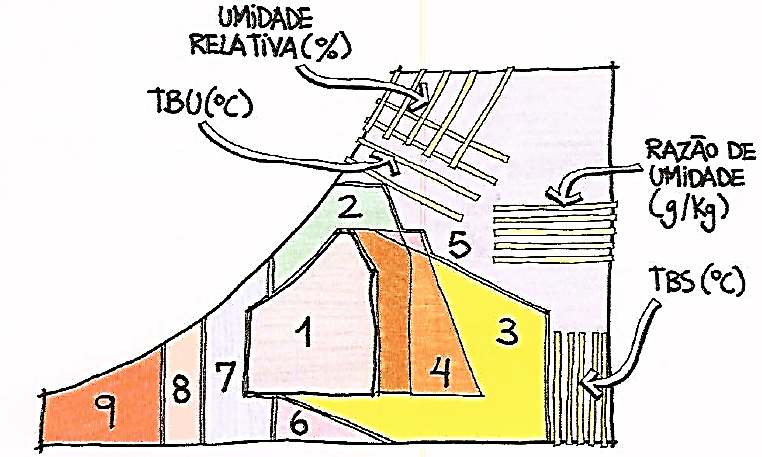
1. ***Variáveis meio ambiente:***

TBS, TBU, UR, Velocidade do ar, Latitude/Longitude e Radiação solar.

1. ***Variáveis do ambiente:***

Orientação do ambiente, área e material de janelas e paredes, iluminação artificial, equipamentos, demanda de renovação de ar externo e infiltração.

Fanger, em 1972, realizou uma análise experimental com uma grande amostragem de pessoas, e equacionou o conforto térmico através de diversas variáveis. Através destas equações, outros autores, como Givoni (1992), chegaram a uma zona de conforto, delimitada por algumas regiões dentro da carta psicrométrica (Região 1 na figura 01), como pode ser visualizado na Figura 01.



***Figura 1:*** *Carta bioclimática*

***Fonte:*** *Givoni, 1992*

## Padrão normalizado de conforto

O padrão de conforto pode variar para cada tipo de atividade. De acordo com a norma NBR 16401, a tabela 01 mostra alguns dados de temperatura e umidade relativa ideais para o conforto:

***Tabela 01:*** *Condições recomendadas para o verão*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Finalidade | Local | Recomendável | | Máxima | |
| TBS (°C) | UR (%) | TBS (°C) | UR (%) |
| Conforto | Residências  Hotéis  Escritórios  Escolas | 23 a 25 | 40 a 60 | 26,5 | 65 |
| Lojas de curto tempo de ocupação | Bancos  Barbearias  Cabelereiros  Lojas  Magazines  Supermercados | 24 a 26 | 40 a 60 | 27,0 | 65 |
| Ambientes com grandes cargas de calor latente e/ou sensível | Teatros  Auditórios  Templos  Cinemas  Bares  Lanchonetes  Restaurantes  Bibliotecas  Estúdios de TV | 24 a 26 | 40 a 65 | 27 | 65 |
| Locais de reunião com movimento | Boates  Salões de Baile | 24 a 26 | 40 a 65 | 27 | 65 |
| Ambientes de arte  (Para o ano inteiro) | Depósitos de livros, manuscritos e obras raras | 21 a 23 | 40 a 50 | - | - |
| Acesso | Halls de elevadores | - | - | 28 | 70 |

***Fonte:*** *NBR 16401*

E a tabela 02 mostra os dados requeridos para o conforto no inverno, independente da aplicação.

***Tabela 02:***  *Condições recomendadas para o inverno*

|  |  |
| --- | --- |
| *TBS (°C)* | *UR (%)* |
| *20 a 22* | *35 a 65* |

***Fonte:*** *NBR 16401*

Tão importante quanto definir as temperaturas e condições ideais de conforto no inverno e no verão, definidas pelas tabelas 01 e 02, é definir as condições climáticas externas, no inverno e no verão. Estas condições são fornecidas pela tabela 03.

***Tabela 03:*** *Condições climáticas médias para o verão e inverno para algumas cidades*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Cidades (UF) | Condições médias para o verão | | Condições médias para o inverno | |
| TBS (°C) | TBU (°C) | TBS (°C) | UR (%) |
| Macapá (AP) | 34,0 | 28,5 | 21,0 | 80,0 |
| Manaus (AM) | 35,0 | 29,0 | 22,0 | 80,0 |
| Santarém (PA) | 35,0 | 28,5 | - | - |
| Belém (PA) | 33,0 | 27,0 | 20,0 | 80,0 |
| João Pessoa (PB) | 32,0 | 26,0 | 20,0 | 77,0 |
| São Luiz (MA) | 33,0 | 28,0 | 20,0 | 80,0 |
| Parnaiba (PI) | 34,0 | 28,0 | - | - |
| Teresina (PI) | 38,0 | 28,0 | 20,0 | 75,0 |
| Fortaleza (CE) | 32,0 | 26,0 | 21,0 | 80,0 |
| Natal (RN) | 32,0 | 27,0 | 19,0 | 80,0 |
| Recife (PE) | 32,0 | 26,0 | 20,0 | 78,0 |
| Petrolina (PE) | 36,0 | 25,5 | - | - |
| Maceió (AL) | 33,0 | 27,0 | 20,0 | 78,0 |
| Salvador (BA) | 32,0 | 26,0 | 20,0 | 80,0 |
| Aracaju (SE) | 32,0 | 26,0 | 20,0 | 78,0 |
| Vitória (ES) | 33,0 | 28,0 | 18,0 | 78,0 |
| Belo Horizonte (MG) | 32,0 | 24,0 | 10,0 | 75,0 |
| Uberlândia (MG) | 33,0 | 23,5 | - | - |
| Rio de Janeiro (RJ) | 35,0 | 26,5 | 16,0 | 78,0 |
| São Paulo (SP) | 31,0 | 24,0 | 10,0 | 70,0 |
| Santos (SP) | 33,0 | 27,0 | - | - |
| Campinas (SP) | 33,0 | 24,0 | - | - |
| Pirassununga (SP) | 33,0 | 24,0 | - | - |
| Brasília (DF) | 32,0 | 23,5 | 13,0 | 65,0 |
| Goiânia (GO) | 33,0 | 26,0 | 10,0 | 65,0 |
| Cuiabá (MT) | 36,0 | 27,0 | 15,0 | 75,0 |
| Campo Grande (MS) | 34,0 | 25,0 | - | - |
| Ponta Porã (MS) | 32,0 | 26,0 | - | - |
| Curitiba (PR) | 30,0 | 23,5 | 5,0 | 80,0 |
| Londrina (PR) | 31,0 | 23,5 | - | - |
| Foz do Iguaçu (PR) | 34,0 | 27,0 | - | - |
| Florianópolis (SC) | 32,0 | 26,0 | 10,0 | 80,0 |
| Joinville (SC) | 32,0 | 26,0 | 10,0 | 80,0 |
| Blumenau (SC) | 32,0 | 26,0 | 10,0 | 80,0 |
| Porto Alegre (RS) | 34,0 | 26,0 | 8,0 | 80,0 |
| Santa Maria (RS) | 35,0 | 25,5 | 8,0 | 80,0 |
| Rio Grande (RS) | 30,0 | 24,5 | 7,0 | 90,0 |
| Pelotas (RS) | 32,0 | 25,5 | 5,0 | 80,0 |
| Caxias do Sul (RS) | 29,0 | 22,0 | 0,0 | 90,0 |
| Uruguaiana (RS) | 34,0 | 25,5 | 7,0 | 80,0 |

***Fonte:*** *NBR 16401*

## Carga Térmica

A carga térmica é a quantidade de calor sensível e latente, que deve ser retirada (resfriamento) ou colocada (aquecimento) no recinto a fim de proporcionar as condições de conforto desejada ou manter as condições ambientes adequadas para a conservação de um produto ou para realização de um processo de fabricação.

O conhecimento da carga térmica é básico para:

* dimensionar a instalação;
* selecionar equipamentos;
* avaliar o funcionamento de equipamentos existentes ou a serem adquiridos;
* avaliar as alterações necessárias ao sistema que beneficia ambientes, cuja finalidade venha ser alterada.

A carga térmica, normalmente, varia com o tempo, pois os fatores que nela influem: temperatura externa, insolação, número de pessoas, etc., variam ao longo do dia. Em outras palavras, o ganho de calor que é transmitido para o ambiente é devido aos seguintes fatores:

* radiação solar através de superfícies transparentes tais como vidros das janelas;
* condução de calor através das paredes externas e telhados;
* condução de calor através das paredes internas, divisórias, tetos e pisos;
* calor gerado dentro do ambiente pelos ocupantes, luzes, equipamentos, desenvolvimento de processos ou qualquer outra fonte geradora de calor;
* calor proveniente da ventilação (ar exterior) e infiltração de ar exterior;
* calor gerado por outras fontes.

Os tipos de ganho de calor são divididos em calor sensível e latente. A seleção correta do equipamento para umidificação ou desumidificação e resfriamento é feita levando- se em consideração os valores de calor sensível e latente.

O ganho de calor sensível é o ganho de calor de um determinado ambiente devido à transmissão por radiação, condução ou convecção, ou devido ainda a estas formas simultaneamente.

Quando a umidade é adicionada ao ambiente, como por exemplo, pelo vapor d'água liberado pelas pessoas, há uma quantidade de energia associada com esta umidade, que precisa ser considerada.

Neste caso se a umidade precisa ser mantida constante no ambiente, então o vapor d'água que precisa ser condensado no equipamento é igual ao valor que é produzido no ambiente. A quantidade de energia necessária para fazer isto é essencialmente igual ao produto da taxa de condensação por hora e o calor latente de condensação. Este produto é chamado ganho de calor latente.

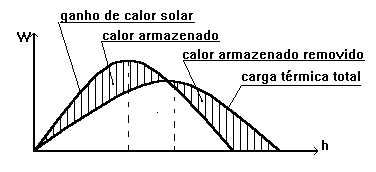
A carga de calor sensível de resfriamento é definida como a quantidade de calor que precisa ser removida do ambiente para que a temperatura do recinto seja constante.

O projeto do sistema de ar condicionado requer a determinação do ganho de calor sensível e latente do ambiente e o ganho de calor total, sensível mais latente e do ar exterior usado para ventilação (renovação de ar).

A soma de todos os ganhos de calor sensível instantâneo, em um determinado momento não é necessariamente igual à carga de calor sensível de resfriamento do ambiente para aquele momento.

A carga latente, a ser considerada, entretanto, é essencialmente a carga latente instantânea de resfriamento. Há que distinguir, o ganho de calor instantâneo e o ganho de calor da estrutura (fig. 02), ou seja, quando o sol começa a incidir sobre uma parede, não quer dizer que a quantidade de calor ganho pelo ar da sala aumenta imediatamente; para o efeito da insolação se tornar carga do calor do ar, é necessário que, primeiramente, a parede se aqueça. Isto leva um certo tempo, dependendo das dimensões e composição da parede. Já, por exemplo, o calor transmitido por uma pessoa dentro do recinto, para o ar é uma carga, praticamente instantânea. Levanta imediatamente a temperatura do ar e a sua umidade.

Para a energia radiante se transformar em carga sensível do ar, tem antes que ser absorvida por uma superfície sólida, que depois cede ao ar por convecção.



***Figura 02:*** *Inercia térmica de uma edificação*

***Fonte:*** *Lamberts, 1997.*

A determinação da vazão de ar de insuflamento será função do tipo de sistema a ser usado. O projeto do sistema quando prevê volume de ar variável (VAV) sua vazão de ar total corresponde à carga térmica máxima simultânea, embora esse valor seja inferior à soma das vazões de ar necessárias para cada ambiente nas horas de pico dos mesmos.

A utilização do sistema de volume de ar constante determina que a vazão de ar total seja a soma das vazões de ar determinadas a partir das horas de pico de cada ambiente.

Este sistema é de alto custo, embora seja largamente empregado no Brasil. Após a estimativa da hora e mês do pico solar de cada ambiente e zonas, deverá ser determinado o maior ganho de calor simultâneo de todo o sistema.

A determinação da carga térmica de pico ou carga de pico será função do ganho de calor através das paredes externas, vidros e telhados.

A maioria das edificações com uma ou mais faces expostas ao exterior apresentam a carga de pico entre 13 h e 18 h.

As parcelas que compõem o cálculo da carga térmica são:

- cargas externas;

- cargas internas;

- carga de ventilação e infiltração.

## Cargas térmicas externas

As cargas de calor sensível devido às condições externas são: o efeito combinado da temperatura do ar exterior e a incidência da radiação solar que causa um fluxo de calor através das paredes externas e coberturas; a temperatura dos espaços adjacentes ocasionando um fluxo de calor para o espaço condicionado ou dele retirando calor; e o ganho de calor solar, devido à radiação direta ou indireta (difusa), através dos vidros e portas.

Para o cálculo da carga externa, as seguintes informações são necessárias:

- orientação e dimensões dos ambientes da edificação;

- características dos materiais do piso, paredes, teto, forro falso e vidros das janelas e portas;

- tamanho e utilização do espaço a ser condicionado;

- condições externas do ambiente e condições dos ambientes adjacentes.

### Coeficiente global de transferência de calor

Os materiais de construção amplamente utilizados na construção civil são listados na tabela 04, com os respectivos valores do coeficiente global de transferência de Calor:

***Tabela 04:*** *Coeficientes globais de transferência de calor p/ materiais de construção*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Elemento** | **Tipo** | **U (W/m2K)** |
| Paredes | Tijolo de 6 furos com espessura de 12,5 cm | 2,39 |
| Tijolo de 6 furos com espessura de 17 cm (deitado) | 2,08 |
| Tijolo de 8 furos rebocado de 12,5 cm | 2,49 |
| Tijolo de 4 furos rebocado de 12,5 cm | 2,59 |
| Tijolo maciço aparente de 9 cm | 4,04 |
| Tijolo maciço rebocado de 12 cm | 3,57 |
| Tijolo maciço rebocado de 26 cm | 2,45 |
| Janelas | Vidro comum de 3 mm | 5,79 |
| Cobertura | Laje de concreto de 10 cm + fibrocimento (verão não ventilado) | 2,04 |
| Laje de concreto de 10 cm + fibrocimento (verão bem ventilado) | 2,04 |
| Laje de concreto de 10 cm + fibrocimento (inverno não ventilado) | 2,86 |
| Laje de concreto de 10 cm + fibrocimento (inverno bem ventilado) | 3,89 |
| Laje de concreto de 10 cm + cerâmica (verão não ventilado) | 2,04 |
| Laje de concreto de 10 cm + cerâmica (verão bem ventilado) | 2,04 |
| Laje de concreto de 10 cm + cerâmica (inverno não ventilado) | 2,87 |
| Laje de concreto de 10 cm + cerâmica (inverno bem ventilado) | 3,89 |
| Forro de pinus de 1 cm + fibrocimento (verão não ventilado) | 2,0 |
| Forro de pinus de 1 cm + fibrocimento (verão bem ventilado) | 2,0 |
| Forro de pinus de 1 cm + fibrocimento (inverno não ventilado) | 2,79 |
| Forro de pinus de 1 cm + fibrocimento (inverno bem ventilado) | 3,75 |
| Forro de pinus de 1 cm + cerâmica (verão não ventilado) | 2,01 |
| Forro de pinus de 1 cm + cerâmica (verão bem ventilado) | 2,01 |
| Forro de pinus de 1 cm + cerâmica (inverno não ventilado) | 2,79 |
| Forro de pinus de 1 cm + cerâmica (inverno bem ventilado) | 3,75 |
| Forro pinus 1 cm + fibrocimento + alumínio (verão não ventilado) | 1,11 |
| Forro pinus 1 cm + fibrocimento + alumínio (verão bem ventilado) | 1,11 |
| Forro pinus 1 cm + fibrocimento + alumínio (inverno não ventilado) | 2,04 |
| Forro pinus 1 cm + fibrocimento + alumínio (inverno bem ventilado) | 3,75 |

***Fonte:*** *Lamberts, 1997.*

O coeficiente global de transferência de calor é de extrema importância para o correto procedimento de cálculo do fluxo de calor que adentra uma estrutura. Como visto em transferência de calor:

Logo, o produto UA se torna:

Ou ainda

Desta forma, deve-se tomar o cuidado de não utilizar diretamente os coeficientes globais de transferência de calor apenas da parede sólida: estes devem ser corrigidos de forma a incorporarem os coeficientes de convecção externos e internos. Estes coeficientes podem ser visualizados na tabela 05.

Para a correção destes valores, utilizar a seguinte metodologia:

***Tabela 05:*** *Coeficientes de convecção recomendados para paredes externas e internas.*

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Sentido do fluxo | Paredes exteriores | | Paredes interiores | | Paredes exteriores sujeitas a vento | | |
| hi | he | hi | he | Tipo de vento | Velocidade | he |
| (W/m2K) | (W/m2K) | (W/m2K) | (W/m2K) | (m/s) | (W/m2K) |
| Horizontal | 8 | 20 | 8 | 8 | Fraco | 1 | 13 |
| Vert. ascendente | 11 | 20 | 10 | 10 | Médio | 3 | 21 |
| Vert. descendente | 6 | 20 | 6 | 6 | Forte | 9 | 35 |

*Fonte: Centre Scientifique et Technique du Batiment CSTB, 1958*

Lembrando que paredes interiores pertencem ao esqueleto da construção e paredes exteriores são aquelas que separam a edificação do ambiente externo.

### Carga térmica devido à insolação

A energia solar é concentrada na faixa visível da luz e na região infravermelha do espectro da radiação. Somente 1,373 kW/m2 da radiação, alcança a superfície da terra quando a direção dos raios solares é vertical, para um céu limpo (sem nuvens).

Fora da atmosfera terrestre a radiação solar direta é composta de: 5% ultravioleta, 52% de luz visível e 43% de infravermelho. Na superfície da terra, sua composição aproximada é de 1% de ultravioleta, 39% de luz visível e 60% de infravermelho.

A radiação celeste é um tipo de radiação difusa, cuja presença constitui o ganho de calor na terra; a ela é adicionada à radiação solar direta, que é maior quando a atmosfera está translúcida.

O guia, ASHRAE estabelece equações para avaliar o total de radiação recebida do céu pela superfície da terra. A quantidade recebida depende das variações sazonais da constante de umidade, da distância sol/terra, da variação angular com as vizinhanças e das superfícies refletoras mais relevantes.

Quanto à carga térmica de insolação, ela pode ocorrer em superfícies opacas e em superfícies translúcidas, como em vidros e janelas.

No caso de uma parede opaca exposta à radiação solar e sujeita a uma determinada diferença de temperatura entre os ambientes que esta parede separa, a intensidade do fluxo térmico (q) que atravessa essa parede, por efeito da radiação solar incidente e da diferença de temperatura do ar é dada pela seguinte expressão:

Onde

U = coeficiente global de transferência de calor (W/m2K);

te = Temperatura do ar externo (°C);

ti = Temperatura do ar interno (°C);

α = Coeficiente de absorção de radiação solar (adimensional);

Ig = Intensidade de radiação solar incidente global (W/m2);

he = Coeficiente de transferência de calor externo (W/m2K).

A expressão anterior pode ser disposta da seguinte forma:

sendo que

se refere ao ganho de calor solar, sendo,

o fator de ganho solar de material opaco enquanto que o termo U.Δt corresponde às trocas de calor por diferenças de temperatura, podendo representar ganho, quando a temperatura externa é maior que a interna, ou perda, quando ocorrer o inverso.

A tab. 06 apresenta valores de absortividade para alguns materiais de construção:

***Tabela 06:*** *Coeficientes de absortividade para cada tipo de material de construção.*

|  |  |
| --- | --- |
| Superfície | Absorção para radiação solar (α) |
| Preto fosco | 0,85 a 0,95 |
| Tijolo ou pedra ou telha de cor vermelha | 0,65 a 0,80 |
| Tijolo ou pedra de cor amarela e couro | 0,50 a 0,70 |
| Tijolo ou pedra ou telha de cor amarela | 0,30 a 0,50 |
| Vidro da Janela | Transparente |
| Alumínio, ouro, bronze (brilhantes) | 0,30 a 0,50 |
| Latão, alumínio fosco, aço galvanizado | 0,40 a 0,65 |
| Latão e cobre polidos | 0,30 a 0,50 |
| Alumínio e cromo polidos | 0,10 a 0,40 |

***Fonte:*** *Koenigsberger et al., 1995*

Caso a parede seja pintada, os valores de absortividade podem ser visualizados na tabela 07:

***Tabela 07:*** *Coeficientes de absortividade para cada cor de parede.*

|  |  |
| --- | --- |
| Cor | Absorção para radiação solar (α) |
| Branca | 0,20 a 0,30 |
| Amarela, laranja, vermelha clara | 0,30 a 0,50 |
| Vermelha escura, verde clara, azul clara | 0,50 a 0,70 |
| Marrom clara, verde escura, azul escura | 0,50 a 0,90 |
| Marrom escura, preta | 0,90 a 1,00 |

***Fonte:*** *Croiset, 1995*

No caso de uma parede transparente ou translúcida exposta à incidência da radiação solar e sujeita a uma determinada diferença de temperatura entre os ambientes que separa, a intensidade do fluxo térmico (q) que atravessa uma parede transparente ou translúcida, deve incorporar, em comparação com a parede opaca, a parcela que penetra por transparência, ou seja, a transmissividade do material vitreo. Assim sendo, tem-se:

sendo

o fator solar referente à radiação solar global transmitida pelo vidro.

Para o vidro comum, tem-se:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
|  |  |  |

A tabela 08 abaixo apresenta valores de fator solar de diversos vidros.

***Tabela 08:*** *Fator solar para vidros.*

|  |  |
| --- | --- |
| Tipo de vidro | Fator solar |
| Vidro comum transparente de uma lâmina | 0,86 |
| Vidro cinza sombra de uma lâmina | 0,66 |
| Vidro atérmico verde claro de uma lâmina | 0,60 |
| Vidro atérmico verde escuro de uma lâmina | 0,49 |
| Vidro cinza sombra usado com vidro comum transparente | 0,45 |
| Vidro atérmico verde claro usado com vidro comum transparente | 0,39 |
| Vidro atérmico verde escuro usado com vidro comum transparente | 0,22 |

***Fonte:*** *Catálogos de vidros produzidos no Brasil*

O fator solar é utilizado também para expressar a proteção solar conseguida através de elementos quebra-sol, persianas, cortinas, etc. Para estes elementos, o fator solar é obtido através da Tabela 09.

***Tabela 09:*** *Fator solar para elementos de proteção solar de vidraças*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Tipo de proteção | Cor do elemento | | | |
| Clara | Média | Escura | Preta |
| Persiana externa de madeira de 1cm, vertical | 0,05 | 0,08 | 0,10 | 0,13 |
| Persiana externa de madeira de 2cm, vertical | 0,04 | 0,07 | 0,09 | 0,11 |
| Persiana externa metálica, vertical | 0,07 | 0,10 | 0,13 | 0,16 |
| Persiana externa de madeira, projetada à italiana | 0,09 | 0,09 | 0,10 | 0,11 |
| Persiana externa metálica, projetada à italiana | 0,10 | 0,11 | 0,12 | 0,14 |
| Veneziana entre vidros, de lâminas a 45° | 0,24 | 0,31 | 0,38 | 0,44 |
| Cortina opaca entre vidros | 0,21 | 0,28 | 0,36 | 0,43 |
| Cortina pouco transparente entre vidros | 0,24 | 0,32 | 0,40 | - |
| Persiana interna de lâminas finas, vertical | 0,39 | 0,50 | 0,60 | 0,70 |
| Persiana interna de lâminas finas, a 45° | 0,51 | 0,62 | 0,70 | 0,76 |
| Cortina interna opaca | 0,34 | 0,45 | 0,57 | 0,66 |
| Cortina interna pouco transparente | 0,36 | 0,47 | 0,59 | - |
| Cortina interna muito transparente | 0,39 | 0,50 | 0,51 | - |

***Fonte:*** *Croiset, 1995*

O fator solar de materiais opacos ou de materiais translúcidos, multiplicados pela radiação solar Ig, podem ser calculados através de tabelas que retornam a intensidade da radiação para cada orientação das faces das paredes e/ou janelas, ou que retornam o produto já pronto, como uma temperatura sol-ar direta. Na tabela 10 são mostradas as radiações solares para Curitiba. Para outras regiões, ver tabelas anexas ao final da aula.

***Tabela 10:*** *Radiação solar global (W/m2) - planos verticais e horizontais. Latitude 25°.*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **06h** | **07h** | **08h** | **09h** | **10h** | **11h** | **12h** | **13h** | **14h** | **15h** | **16h** | **17h** | **18h** |  |
| S | 123 | 197 | 186 | 137 | 84 | 68 | 63 | 68 | 84 | 137 | 186 | 197 | 123 | 22 de dezembro |
| SE | 280 | 540 | 611 | 539 | 397 | 222 | 63 | 68 | 63 | 58 | 50 | 38 | 20 |
| L | 285 | 588 | 707 | 659 | 515 | 304 | 63 | 68 | 63 | 58 | 50 | 38 | 20 |
| NE | 134 | 314 | 419 | 427 | 367 | 249 | 88 | 68 | 63 | 58 | 50 | 38 | 20 |
| N | 20 | 38 | 50 | 58 | 63 | 87 | 98 | 87 | 63 | 58 | 50 | 38 | 20 |
| NO | 20 | 38 | 50 | 58 | 63 | 68 | 88 | 249 | 367 | 427 | 419 | 314 | 134 |
| O | 20 | 38 | 50 | 58 | 63 | 68 | 63 | 304 | 515 | 659 | 707 | 588 | 285 |
| SO | 20 | 38 | 50 | 58 | 63 | 68 | 63 | 222 | 397 | 539 | 611 | 540 | 280 |
| H | 87 | 289 | 579 | 813 | 986 | 1110 | 1137 | 1110 | 986 | 813 | 579 | 289 | 87 |
| S | 0 | 28 | 45 | 53 | 60 | 63 | 65 | 63 | 60 | 53 | 45 | 28 | 0 | 22 de março  22 de setembro |
| SE | 16 | 283 | 376 | 300 | 146 | 63 | 65 | 63 | 60 | 53 | 45 | 28 | 0 |
| L | 23 | 437 | 665 | 659 | 528 | 314 | 65 | 63 | 60 | 53 | 45 | 28 | 0 |
| NE | 16 | 351 | 591 | 669 | 636 | 524 | 362 | 169 | 60 | 53 | 45 | 28 | 0 |
| N | 0 | 76 | 198 | 314 | 406 | 464 | 485 | 464 | 406 | 314 | 198 | 76 | 0 |
| NO | 0 | 28 | 45 | 53 | 60 | 169 | 362 | 524 | 636 | 669 | 591 | 351 | 16 |
| O | 0 | 28 | 45 | 53 | 60 | 63 | 65 | 314 | 528 | 659 | 665 | 437 | 23 |
| SO | 0 | 28 | 45 | 53 | 60 | 63 | 65 | 63 | 146 | 300 | 376 | 283 | 16 |
| H | 0 | 153 | 404 | 659 | 856 | 973 | 1016 | 973 | 856 | 659 | 404 | 153 | 0 |
| S | 0 | 5 | 30 | 45 | 50 | 53 | 53 | 53 | 50 | 45 | 30 | 5 | 0 | 21 de junho |
| SE | 0 | 22 | 106 | 49 | 50 | 53 | 53 | 53 | 50 | 45 | 30 | 5 | 0 |
| L | 0 | 54 | 389 | 492 | 410 | 263 | 53 | 53 | 50 | 45 | 30 | 5 | 0 |
| NE | 0 | 58 | 461 | 673 | 699 | 644 | 518 | 360 | 190 | 45 | 30 | 5 | 0 |
| N | 0 | 28 | 281 | 487 | 608 | 688 | 711 | 688 | 608 | 487 | 281 | 28 | 0 |
| NO | 0 | 5 | 30 | 45 | 190 | 360 | 518 | 644 | 699 | 673 | 461 | 58 | 0 |
| O | 0 | 5 | 30 | 45 | 50 | 53 | 53 | 263 | 410 | 492 | 389 | 54 | 0 |
| SO | 0 | 5 | 30 | 45 | 50 | 53 | 53 | 53 | 50 | 49 | 106 | 22 | 0 |
| H | 0 | 12 | 168 | 357 | 463 | 526 | 538 | 526 | 463 | 357 | 168 | 12 | 0 |

***Fonte:*** *Gonçalves*

## Cargas térmicas devido à condução e à convecção

Quando as paredes e/ou vidros, janelas e portas estão separando ambientes sem insolação, o procedimento é o mesmo do tópico anterior, porém, a radiação solar incidente, Ig se torna nula nestas condições.

## Cargas térmicas internas

A previsão da carga térmica a ser gerada no interior do edifício é fundamental no que respeita às decisões de projeto referentes ao partido arquitetônico a ser adotado, sendo sempre função das exigências funcionais e humanas, para os diferentes tipos de clima. Em se tratando da carga térmica interna ao edifício, as fontes podem ser classificadas como:

a) presença humana;

b) sistemas de iluminação artificial;

c) motores e equipamentos;

d) processos industriais.

## Presença humana

A quantidade de calor dissipada pelo organismo humano para o ambiente depende essencialmente de sua atividade. A tabela 11 fornece os dados relativos ao calor dissipado pelo organismo humano, para o ambiente, segundo a atividade desenvolvida pelo indivíduo. Para calcular o ganho de calor, considera-se apenas o calor sensível.

***Tabela 11:*** *Calor metabólico cedido ao ambiente, em W.*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Atividade** | **Calor metabólico (W)** | **Calor sensível (W)** | **Calor Latente (W)** |
| Durante o sono (basal) | 80 | 40 | 40 |
| Sentado, em repouso | 115 | 63 | 52 |
| De pé, em repouso | 120 | 63 | 57 |
| Sentado, trabalhos manuais | 130 | 65 | 65 |
| Escritório, atividade moderada | 140 | 65 | 75 |
| De pé, trabalho leve | 145 | 65 | 80 |
| Datilografando rápido | 160 | 65 | 95 |
| Lavando pratos | 175 | 65 | 110 |
| Confeccionando calçados/roupas | 190 | 65 | 125 |
| Andando | 220 | 75 | 145 |
| Trabalho leva, em bancada | 255 | 80 | 175 |
| Garçom | 290 | 95 | 195 |
| Descendo escada | 420 | 140 | 280 |
| Serrando madeira | 520 | 175 | 345 |
| Nadando | 580 | - | - |
| Subindo escada | 1280 | - | - |
| Esforço máximo | 870 a 1400 | - | - |

***Fonte:*** *Gonçalves*

Estes valores refletem o calor liberado por um homem adulto. Uma mulher adulta libera 85% deste valor, e uma criança, independente do sexo, libera 75% do valor para um adulto do sexo masculino, conforme norma NBR 6401.

## Sistemas de iluminação artificial

A conversão de energia elétrica em luz gera calor sensível. Esse calor é dissipado, por radiação, para as superfícies circundantes, por condução, através dos materiais adjacentes, e por convecção para o ar.

Lâmpadas incandescentes convertem apenas 10% de sua potência elétrica em luz, sendo que dos 90% restantes 80% se dissipa na forma de radiação, e os outros 10% em convecção.

Lâmpadas fluorescentes convertem 25% de sua potência elétrica em luz, sendo 25% dissipado por radiação e 50% dissipado por convecção. O reator da lâmpada fluorescente fornece mais 25% da potência nominal da lâmpada sob a forma de calor para o ambiente.

Mas, como a luz também se transforma em calor depois de absorvida pelos materiais, no caso de iluminação com lâmpadas incandescentes, adota-se como carga térmica a potência instalada, nominal. Para as lâmpadas fluorescentes, deve ser considerado 125% da potência nominal, devido ao calor gerado pelos reatores.

A tabela 12, extraída na norma NBR 16401, mostra a Energia dissipada pelas luminárias para diversas aplicações.

***Tabela 12:*** *Calor dissipado pelo sistema de iluminação, por aplicação, em W/m2.*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Local** | **Tipo de iluminação** | **Nível iluminação (LUX)** | **Potência dissipada (W/m2)** |
| Escritórios | Fluorescente | 1000 | 40 |
| Lojas | Fluorescente | 1000 | 50 |
| Residências | Incandescente | 300 | 30 |
| Supermercados | Fluorescente | 1000 | 35 |
| Barbearias e Salões beleza | Fluorescente | 500 | 20 |
| Cinemas e teatros | Incandescente | 60 | 15 |
| Museus e bibliotecas | Fluor./Incand. | 500 / 500 | 45 / 70 |
| Restaurantes | Fluor./Incand. | 150 / 150 | 15 / 25 |
| Bancos | Fluorescente | 1000 | 35 |
| Auditórios: Tribuna | Incandescente | 1000 | 50 |
| Auditórios: Platéia | Incandescente | 500 | 30 |
| Auditórios: Sala de espera | Incandescente | 150 | 20 |
| Hotéis: Banheiros | Incandescente | 150 | 25 |
| Hotéis: Corredores | Incandescente | 100 | 15 |
| Hotéis: Sala de leitura | Fluor./Incand. | 500 / 500 | 45 / 70 |
| Hotéis: Quartos | Incandescente | 500 | 35 |
| Hotéis: Salas de reuniões | Incandescente | 150 | 20 |
| Hotéis: Portaria/recepção | Incandescente | 250 | 35 |

***Fonte:*** *NBR 16401. Obs: Valores para fluorescentes já incluem reatores.*

## Motores e Equipamentos

O calor dissipado por motores para o ambiente é função de sua potência e de suas características. Em geral, os motores de potência mais baixa têm menor rendimento.

Os motores que operam dentro do espaço climatizado promovem a seguinte carga térmica:

Mas quando operam dentro do recinto e jogam calor para forma, como elevadores, etc, tem-se:

onde

Qm = Calor emitido pelos motores, em W;

P = Potência dos motores, em W;

η = Rendimento aproximado do motor (Tab. 13).

***Tabela 13:*** *Rendimento de motores elétricos.*

|  |  |
| --- | --- |
| **Potência do motor (W)** | **η** |
| < 368 | 0,60 |
| 368 a 2208 | 0,68 |
| 2209 a 14720 | 0,85 |

No que se refere aos equipamentos, adota-se como calor cedido ao ambiente cerca de 60% da potência nominal dos aparelhos elétricos, a não ser os aparelhos cuja função seja aquecer, como no caso de secador de cabelos, cafeteiras, etc.

A tabela 14 fornece dados relativos à potência elétrica de alguns eletrodomésticos, que podem ser utilizados na falta de dados fornecidos pelos fabricantes dos aparelhos.

***Tabela 14:*** *Potência dissipada por alguns aparelhos.*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Aparelhos** | **Potência (W)** | **Aparelhos** | **Potência (W)** |
| Aquecedor elétrico (residencial) | 1500 | Geladeiras comerciais | 1000 |
| Aquecedor elétrico (comercial) | 3000 a 6000 | Geladeiras domésticas | 300 |
| Aspirador de pó | 250 a 800 | Rádio | 150 |
| Barbeador | 15 | Televisão | 400 |
| Cafeteira | 1500 a 2000 | Secador de cabelos | 1200 |
| Exaustor | 500 | Secador de roupas | 5000 |
| Ferro elétrico a vapor | 1200 | Torradeira | 1200 |
| Fogão elétrico | 4000 a 6000 | Ventilador de mesa | 150 |
| Chuveiro elétrico | 1500 a 7700 | Ventilador de teto | 200 |

***Fonte:*** *NBR 6401.*

## Ventilação natural e renovação de ar

A ventilação proporciona a renovação do ar do ambiente, sendo de grande importância para a higiene em geral e para o conforto térmico de verão em regiões de clima temperado e em regiões de clima quente e úmido.

A renovação de ar dos ambientes proporciona a dissipação de calor e a desconcentração de vapores, fumaça, poeiras e de poluentes. A ventilação pode ser também feita por meios mecânicos, de forma a realizar trocas de ar do ambiente para promover critérios de saúde e segurança aos ocupantes, de acordo com a atividade.

A tabela 15 mostra valores típicos de infiltração de ar para janelas e portas, para as mais diversas aplicações. Estes valores são utilizados somente quando a pressão no interior não é positiva, ou seja, quando não há insuflamente de ar externo junto com o ar condicionado (por exemplo, aparelho de janela).

***Tabela 15:*** *Infiltração de ar por tipo de abertura*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Tipo de abertura** | **Vazão de ar (m3/h)** | |
| Frestas: Janelas comuns | 3,0 | |
| Frestas: Janelas basculantes | 3,0 | |
| Frestas: Janelas guilhotina madeira bem ajustada | 6,5 | |
| Frestas: Janelas guilhotina madeira mal ajustada | 2,0 | |
| Frestas: Janelas guilhotina metalica sem vedação | 4,5 | |
| Frestas: Janelas guilhotina metalica com vedação | 1,8 | |
| Frestas: Portas mal ajustadas | 13,0 | |
| Frestas: Portas bem ajustadas | 6,5 | |
|  | **Porta giratória 1,8m** | **Porta vai e vem 0,9 m** |
| Portas de Bancos | 11,0 | 14,0 |
| Portas de Barbearias | 7,0 | 9,0 |
| Portas de Drogarias e Farmácias | 10,0 | 12,0 |
| Portas de Escritórios | 9,0 | 9,0 |
| Portas de Lojas em geral | 12,0 | 14,0 |
| Portas de Restaurantes | 3,0 | 4,0 |
| Portas de Lanchonetes | 7,0 | 9,0 |
| Portas abertas até 90cm | 1350,0 | |
| Portas abertas de 90cm a 1,80 m | 2000,0 | |

***Fonte:*** *NBR 16401.*

Porém, apesar da infiltração, existem edificações cuja finalidade do ambiente deva proporcionar uma renovação maior de ar externo maior. Para estas aplicações, é utilizada a norma 16401, que estabelece condições de vazão de ar por pessoa que ocupa o recinto e por metro quadrado de instalação. A vazão efetiva total deve ser composta por uma soma destes dois fatores.

***Tabela 16:*** *Infiltração de ar por tipo de abertura*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Local** | **Pessoas/100m2** | **Fp (l/s.pessoas)** | **Fa (l/s.m2)** |
| Supermercado de alto padrão | 8 | 4,8 | 0,4 |
| Supermercado de médio padrão | 10 | 4,8 | 0,4 |
| Supermercado popular | 12 | 4,8 | 0,4 |
| Centros comerciais | 40 | 4,8 | 0,4 |
| Lojas | 15 | 4,8 | 0,8 |
| Salão de beleza | 25 | 12,5 | 0,8 |
| Pet shops | 10 | 4,8 | 1,1 |
| Lavanderias | 20 | 4,8 | 0,4 |
| Hall de edifícios, recepção | 10 | 3,1 | 0,4 |
| Escritórios de diretoria | 6 | 3,1 | 0,4 |
| Escritórios de baixa densidade | 11 | 3,1 | 0,4 |
| Escritórios de média densidade | 14 | 3,1 | 0,4 |
| Escritórios de alta densidade | 20 | 3,1 | 0,4 |
| Sala de reunião | 50 | 3,1 | 0,4 |
| CPD | 4 | 3,1 | 0,4 |
| Call center | 60 | 4,8 | 0,8 |
| Bancos, área pública | 41 | 4,8 | 0,4 |
| Caixa forte | 5 | 3,1 | 0,4 |
| Saguão de aeroporto | 15 | 5,3 | 0,4 |
| Sala de embarque de aeroportos | 100 | 5,3 | 0,4 |
| Biblioteca | 10 | 3,5 | 0,8 |
| Museu e galeria de arte | 40 | 5,3 | 0,4 |
| Local de culto | 120 | 3,5 | 0,4 |
| Plenário de legislativo | 50 | 3,5 | 0,4 |
| Lobby de teatro, cinema e auditório | 150 | 3,5 | 0,4 |
| Platéia de teatro, cinema e auditório | 150 | 3,5 | 0,4 |
| Palco de teatro, cinema e auditório | 70 | 6,3 | 0,4 |
| Sala de audiências de tribunal | 70 | 3,5 | 0,4 |
| Boliche | 40 | 6,3 | 0,8 |
| Ginásio, área do público | 150 | 4,8 | 0,4 |
| Ginásio coberto | - | - | 0,4 |
| Piscina coberta | - | - | 3,0 |
| Academia aeróbica | 40 | 12,5 | 0,4 |
| Academia aparelhos | 10 | 6,3 | 0,8 |
| Sala de aula | 35 | 6,3 | 0,8 |
| Laboratório de informática | 25 | 6,3 | 0,8 |
| Laboratório de ciências | 25 | 6,3 | 1,1 |
| Apartamento de hóspedes | - | 6,9 | - |
| Banheiro privativo de hotéis | - | 2,5 | - |
| Sala de estar e lobby de hotéis | 30 | 4,8 | 0,4 |
| Sala de convenções | 120 | 3,1 | 0,4 |
| Dormitório coletivo | 20 | 3,1 | 0,4 |
| Salão de refeições de restaurante | 70 | 4,8 | 1,1 |
| Salão de coquetéis de bares | 100 | 4,8 | 1,1 |
| Cafeteria, lanchonete e refeitórios | 100 | 4,8 | 1,1 |
| Salão de jogos | 120 | 4,8 | 1,1 |
| Discoteca e danceterias | 100 | 12,5 | 0,4 |
| Jogos eletrônicos | 20 | 4,8 | 1,1 |

***Fonte:*** *NBR 16401.*

A vazão necessária de renovação é dada por:

E o calor sensível advindo da renovação de ar para o interior do ambiente, é dada por:

Onde

= Massa específica do ar: 1,2 kg/m3;

= Calor específico do ar: 1009 J/kgK;

# Tabelas Adicionais

***Tabela 17:*** *Resistência térmica de espaços de ar confinado entre duas lâminas*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Posição do espaço de ar** | **Sentido do fluxo de calor** | **Espessura do espaço de ar (cm)** | **Temperatura faces (°C)** | | **Rar (m2K/W), para εr =** | | | | |
| **Média** | **Diferença** | **0,82** | **0,47** | **0,20** | **0,11** |
| Vertical | Horizontal | 2 a 10 | 32 | 5,5 | 0,15 | 0,22 | 0,38 | 0,51 |
| 10 | 5,5 | 0,18 | 0,26 | 0,41 | 0,54 |
| Horizontal | Vertical ascendente | 2 a 10 | 10 | 5,5 | 0,16 | 0,21 | 0,32 | 0,39 |
| Horizontal | Vertical descendente | 2 | 32 | 11 | 0,15 | 0,21 | 0,36 | 0,46 |
| 4 | 32 | 11 | 0,16 | 0,26 | 0,48 | 0,66 |
| 10 | 32 | 11 | 0,17 | 0,28 | 0,58 | 0,86 |

*Sendo*

*Onde*

*= Emissividade relativa*

*= Emissividade da lâmina 1*

*= Emissividade da lâmina 2*

***Fonte:*** *Gonçalves*

***Tabela 18:*** *Radiação solar global (W/m2) - planos verticais e horizontais. Latitude 0°.*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **06h** | **07h** | **08h** | **09h** | **10h** | **11h** | **12h** | **13h** | **14h** | **15h** | **16h** | **17h** | **18h** |  |
| S | 9 | 200 | 338 | 401 | 436 | 447 | 458 | 447 | 436 | 401 | 338 | 200 | 9 | 22 de dezembro |
| SE | 21 | 417 | 660 | 696 | 630 | 494 | 343 | 176 | 60 | 53 | 45 | 28 | 0 |
| L | 20 | 406 | 621 | 614 | 490 | 288 | 65 | 63 | 60 | 53 | 45 | 28 | 0 |
| NE | 8 | 173 | 245 | 203 | 98 | 63 | 65 | 63 | 60 | 53 | 45 | 28 | 0 |
| N | 0 | 28 | 45 | 53 | 60 | 63 | 65 | 63 | 60 | 53 | 45 | 28 | 0 |
| NO | 0 | 28 | 45 | 53 | 60 | 63 | 65 | 63 | 98 | 203 | 245 | 173 | 8 |
| O | 0 | 28 | 45 | 53 | 60 | 63 | 65 | 288 | 490 | 614 | 621 | 406 | 20 |
| SO | 0 | 28 | 45 | 53 | 60 | 176 | 343 | 494 | 630 | 696 | 660 | 417 | 21 |
| H | 0 | 155 | 424 | 669 | 869 | 992 | 1033 | 992 | 869 | 669 | 424 | 155 | 0 |
| S | 0 | 30 | 48 | 55 | 63 | 68 | 63 | 68 | 63 | 55 | 48 | 30 | 0 | 22 de março  22 de setembro |
| SE | 16 | 352 | 516 | 476 | 406 | 247 | 63 | 68 | 63 | 55 | 48 | 30 | 0 |
| L | 22 | 486 | 711 | 651 | 547 | 322 | 63 | 68 | 63 | 55 | 48 | 30 | 0 |
| NE | 16 | 352 | 516 | 476 | 406 | 247 | 63 | 68 | 63 | 55 | 48 | 30 | 0 |
| N | 0 | 30 | 48 | 55 | 63 | 68 | 63 | 68 | 63 | 55 | 48 | 30 | 0 |
| NO | 0 | 30 | 48 | 55 | 63 | 68 | 63 | 247 | 406 | 476 | 516 | 352 | 16 |
| O | 0 | 30 | 48 | 55 | 63 | 68 | 63 | 322 | 547 | 651 | 711 | 486 | 22 |
| SO | 0 | 30 | 48 | 55 | 63 | 68 | 63 | 247 | 406 | 476 | 516 | 352 | 16 |
| H | 0 | 182 | 478 | 706 | 964 | 1082 | 1138 | 1082 | 964 | 706 | 478 | 182 | 0 |
| S | 0 | 28 | 45 | 53 | 60 | 63 | 65 | 63 | 60 | 53 | 45 | 28 | 0 | 21 de junho |
| SE | 8 | 173 | 245 | 203 | 98 | 63 | 65 | 63 | 60 | 53 | 45 | 28 | 0 |
| L | 20 | 406 | 621 | 614 | 490 | 288 | 65 | 63 | 60 | 53 | 45 | 28 | 0 |
| NE | 21 | 417 | 660 | 696 | 630 | 494 | 343 | 176 | 60 | 53 | 45 | 28 | 0 |
| N | 9 | 200 | 338 | 401 | 436 | 447 | 458 | 447 | 436 | 401 | 338 | 200 | 9 |
| NO | 0 | 28 | 45 | 53 | 60 | 176 | 343 | 494 | 630 | 696 | 660 | 417 | 21 |
| O | 0 | 28 | 45 | 53 | 60 | 63 | 65 | 288 | 490 | 614 | 621 | 406 | 20 |
| SO | 0 | 28 | 45 | 53 | 60 | 63 | 65 | 63 | 98 | 203 | 245 | 173 | 8 |
| H | 0 | 155 | 424 | 669 | 869 | 992 | 1033 | 992 | 869 | 669 | 424 | 155 | 0 |

***Fonte:*** *Gonçalves*

***Tabela 19:*** *Radiação solar global (W/m2) planos verticais e horizontais - latitude 4° sul*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **06h** | **07h** | **08h** | **09h** | **10h** | **11h** | **12h** | **13h** | **14h** | **15h** | **16h** | **17h** | **18h** |  |
| S | 26 | 222 | 321 | 365 | 386 | 402 | 400 | 402 | 386 | 365 | 321 | 222 | 26 | 22 de dezembro |
| SE | 57 | 480 | 664 | 691 | 598 | 476 | 303 | 129 | 60 | 55 | 48 | 33 | 5 |
| L | 57 | 476 | 647 | 626 | 495 | 311 | 68 | 65 | 60 | 55 | 48 | 33 | 5 |
| NE | 25 | 207 | 278 | 239 | 137 | 65 | 68 | 65 | 60 | 55 | 48 | 33 | 5 |
| N | 5 | 33 | 48 | 55 | 60 | 65 | 68 | 65 | 60 | 55 | 48 | 33 | 5 |
| NO | 5 | 33 | 48 | 55 | 60 | 65 | 68 | 65 | 137 | 239 | 278 | 207 | 25 |
| O | 5 | 33 | 48 | 55 | 60 | 65 | 68 | 311 | 495 | 626 | 647 | 476 | 57 |
| SO | 5 | 33 | 48 | 55 | 60 | 129 | 303 | 476 | 598 | 691 | 664 | 480 | 57 |
| H | 13 | 203 | 462 | 704 | 902 | 1018 | 1072 | 1018 | 902 | 704 | 462 | 203 | 13 |
| S | 0 | 30 | 48 | 55 | 63 | 68 | 65 | 68 | 63 | 55 | 48 | 30 | 0 | 22 de março  22 de setembro |
| SE | 16 | 344 | 498 | 473 | 365 | 205 | 65 | 68 | 63 | 55 | 48 | 30 | 0 |
| L | 22 | 481 | 710 | 690 | 548 | 328 | 65 | 68 | 63 | 55 | 48 | 30 | 0 |
| NE | 16 | 355 | 535 | 534 | 447 | 298 | 123 | 68 | 63 | 55 | 48 | 30 | 0 |
| N | 0 | 38 | 73 | 99 | 121 | 134 | 130 | 134 | 121 | 99 | 73 | 38 | 0 |
| NO | 0 | 30 | 48 | 55 | 63 | 68 | 123 | 298 | 447 | 534 | 535 | 355 | 16 |
| O | 0 | 30 | 48 | 55 | 63 | 68 | 65 | 328 | 548 | 690 | 710 | 481 | 22 |
| SO | 0 | 30 | 48 | 55 | 63 | 68 | 65 | 205 | 365 | 473 | 498 | 344 | 16 |
| H | 0 | 180 | 477 | 747 | 960 | 1100 | 1139 | 1100 | 960 | 747 | 477 | 180 | 0 |
| S | - | 28 | 45 | 53 | 58 | 63 | 63 | 63 | 58 | 53 | 45 | 28 | - | 21 de junho |
| SE | - | 166 | 230 | 178 | 63 | 63 | 63 | 63 | 58 | 53 | 45 | 28 | - |
| L | - | 380 | 608 | 605 | 713 | 288 | 63 | 63 | 58 | 53 | 45 | 28 | - |
| NE | - | 404 | 657 | 708 | 651 | 533 | 380 | 214 | 58 | 53 | 45 | 28 | - |
| N | - | 196 | 347 | 428 | 474 | 502 | 511 | 502 | 474 | 428 | 347 | 196 | - |
| NO | - | 28 | 45 | 53 | 58 | 214 | 380 | 533 | 651 | 708 | 657 | 404 | - |
| O | - | 28 | 45 | 53 | 58 | 63 | 63 | 288 | 713 | 605 | 608 | 380 | - |
| SO | - | 28 | 45 | 53 | 58 | 63 | 63 | 63 | 63 | 178 | 230 | 166 | - |
| H | - | 200 | 406 | 642 | 834 | 957 | 991 | 957 | 834 | 642 | 406 | 200 | - |

***Fonte:*** *Gonçalves*

***Tabela 20:*** *Radiação solar global (W/m2) planos verticais e horizontais - latitude 8° sul*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **06h** | **07h** | **08h** | **09h** | **10h** | **11h** | **12h** | **13h** | **14h** | **15h** | **16h** | **17h** | **18h** |  |
| S | 59 | 220 | 301 | 331 | 336 | 332 | 327 | 332 | 336 | 331 | 301 | 220 | 59 | 22 de dezembro |
| SE | 124 | 492 | 661 | 665 | 571 | 420 | 251 | 89 | 63 | 58 | 48 | 33 | 10 |
| L | 121 | 495 | 663 | 645 | 509 | 302 | 68 | 68 | 63 | 58 | 48 | 33 | 10 |
| NE | 53 | 228 | 304 | 279 | 185 | 68 | 68 | 68 | 63 | 58 | 48 | 33 | 10 |
| N | 10 | 33 | 48 | 58 | 63 | 68 | 68 | 68 | 63 | 58 | 48 | 33 | 10 |
| NO | 10 | 33 | 48 | 58 | 63 | 68 | 68 | 68 | 185 | 279 | 304 | 228 | 53 |
| O | 10 | 33 | 48 | 58 | 63 | 68 | 68 | 302 | 509 | 645 | 663 | 495 | 121 |
| SO | 10 | 33 | 48 | 58 | 63 | 89 | 251 | 420 | 571 | 665 | 661 | 492 | 124 |
| H | 30 | 214 | 484 | 730 | 930 | 1062 | 1103 | 1062 | 930 | 730 | 484 | 214 | 30 |
| S | 0 | 30 | 48 | 55 | 63 | 68 | 65 | 68 | 63 | 55 | 48 | 30 | 0 | 22 de março  22 de setembro |
| SE | 16 | 342 | 473 | 439 | 322 | 154 | 65 | 68 | 63 | 55 | 48 | 30 | 0 |
| L | 22 | 490 | 705 | 689 | 547 | 326 | 65 | 68 | 63 | 55 | 48 | 30 | 0 |
| NE | 16 | 368 | 552 | 567 | 488 | 347 | 164 | 68 | 63 | 55 | 48 | 30 | 0 |
| N | 0 | 49 | 104 | 146 | 181 | 204 | 205 | 204 | 488 | 146 | 104 | 49 | 0 |
| NO | 0 | 30 | 48 | 55 | 63 | 68 | 164 | 347 | 488 | 567 | 552 | 368 | 16 |
| O | 0 | 30 | 48 | 55 | 63 | 68 | 65 | 326 | 547 | 689 | 705 | 490 | 22 |
| SO | 0 | 30 | 48 | 55 | 63 | 68 | 65 | 154 | 322 | 439 | 473 | 342 | 16 |
| H | 0 | 185 | 466 | 739 | 954 | 1091 | 1129 | 1091 | 954 | 739 | 466 | 185 | 0 |
| S | - | 23 | 43 | 50 | 58 | 60 | 63 | 60 | 58 | 50 | 43 | 23 | - | 21 de junho |
| SE | - | 130 | 201 | 143 | 58 | 60 | 63 | 60 | 58 | 50 | 43 | 23 | - |
| L | - | 316 | 573 | 586 | 477 | 285 | 63 | 60 | 58 | 50 | 43 | 23 | - |
| NE | - | 329 | 634 | 714 | 682 | 568 | 421 | 250 | 89 | 50 | 43 | 23 | - |
| N | - | 163 | 349 | 454 | 521 | 553 | 569 | 553 | 521 | 454 | 349 | 163 | - |
| NO | - | 23 | 43 | 50 | 89 | 250 | 421 | 568 | 682 | 714 | 634 | 329 | - |
| O | - | 23 | 43 | 50 | 58 | 60 | 63 | 285 | 477 | 586 | 573 | 316 | - |
| SO | - | 23 | 43 | 50 | 58 | 60 | 63 | 60 | 58 | 143 | 201 | 130 | - |
| H | - | 105 | 351 | 587 | 773 | 904 | 946 | 904 | 773 | 587 | 351 | 105 | - |

***Fonte:*** *Gonçalves*

***Tabela 21:*** *Radiação solar global (W/m2) planos verticais/horizontais - latitude 13° sul*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **06h** | **07h** | **08h** | **09h** | **10h** | **11h** | **12h** | **13h** | **14h** | **15h** | **16h** | **17h** | **18h** |  |
| S | 98 | 239 | 278 | 278 | 263 | 255 | 252 | 255 | 263 | 278 | 278 | 239 | 98 | 22 de dezembro |
| SE | 214 | 607 | 659 | 628 | 516 | 366 | 198 | 68 | 63 | 58 | 50 | 38 | 13 |
| L | 213 | 579 | 683 | 645 | 504 | 303 | 68 | 68 | 63 | 58 | 50 | 38 | 13 |
| NE | 94 | 279 | 336 | 318 | 234 | 99 | 68 | 68 | 63 | 58 | 50 | 38 | 13 |
| N | 13 | 38 | 50 | 58 | 63 | 68 | 68 | 68 | 63 | 58 | 50 | 38 | 13 |
| NO | 13 | 38 | 50 | 58 | 63 | 68 | 68 | 99 | 234 | 318 | 336 | 279 | 94 |
| O | 13 | 38 | 50 | 58 | 63 | 68 | 68 | 303 | 504 | 645 | 683 | 579 | 213 |
| SO | 13 | 38 | 50 | 58 | 63 | 68 | 198 | 366 | 516 | 628 | 659 | 607 | 214 |
| H | 53 | 293 | 534 | 775 | 961 | 1087 | 1126 | 1087 | 961 | 775 | 534 | 293 | 53 |
| S | 0 | 30 | 48 | 55 | 63 | 68 | 68 | 68 | 63 | 55 | 48 | 30 | 0 | 22 de março  22 de setembro |
| SE | 16 | 319 | 452 | 402 | 271 | 99 | 68 | 68 | 63 | 55 | 48 | 30 | 0 |
| L | 22 | 467 | 701 | 688 | 546 | 328 | 68 | 68 | 63 | 55 | 48 | 30 | 0 |
| NE | 16 | 359 | 568 | 603 | 538 | 404 | 228 | 68 | 63 | 55 | 48 | 30 | 0 |
| N | 0 | 58 | 130 | 197 | 252 | 283 | 294 | 283 | 252 | 197 | 130 | 58 | 0 |
| NO | 0 | 30 | 48 | 55 | 63 | 68 | 228 | 404 | 538 | 603 | 568 | 359 | 16 |
| O | 0 | 30 | 48 | 55 | 63 | 68 | 68 | 328 | 546 | 688 | 701 | 467 | 22 |
| SO | 0 | 30 | 48 | 55 | 63 | 68 | 68 | 99 | 271 | 402 | 452 | 319 | 16 |
| H | 0 | 172 | 460 | 719 | 936 | 1070 | 1113 | 1070 | 936 | 719 | 460 | 172 | 0 |
| S | - | 20 | 40 | 50 | 55 | 58 | 60 | 58 | 55 | 50 | 40 | 20 | - | 21 de junho |
| SE | - | 106 | 174 | 118 | 55 | 58 | 60 | 58 | 55 | 50 | 40 | 20 | - |
| L | - | 264 | 544 | 564 | 459 | 261 | 60 | 58 | 55 | 50 | 40 | 20 | - |
| NE | - | 279 | 520 | 716 | 700 | 586 | 455 | 298 | 128 | 50 | 40 | 20 | - |
| N | - | 142 | 355 | 468 | 563 | 601 | 618 | 601 | 563 | 468 | 355 | 142 | - |
| NO | - | 20 | 40 | 50 | 128 | 298 | 455 | 586 | 700 | 716 | 520 | 279 | - |
| O | - | 20 | 40 | 50 | 55 | 58 | 60 | 261 | 459 | 564 | 544 | 264 | - |
| SO | - | 20 | 40 | 50 | 55 | 58 | 60 | 58 | 55 | 118 | 174 | 106 | - |
| H | - | 83 | 320 | 540 | 722 | 853 | 880 | 853 | 722 | 540 | 320 | 83 | - |

***Fonte:*** *Gonçalves*

***Tabela 22:*** *Radiação solar global (W/m2) planos verticais/horizontais - latitude 17° sul*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **06h** | **07h** | **08h** | **09h** | **10h** | **11h** | **12h** | **13h** | **14h** | **15h** | **16h** | **17h** | **18h** |  |
| S | 99 | 226 | 242 | 235 | 208 | 191 | 179 | 191 | 208 | 235 | 242 | 226 | 99 | 22 de dezembro |
| SE | 213 | 549 | 636 | 605 | 481 | 325 | 146 | 68 | 63 | 58 | 43 | 38 | 19 |
| L | 213 | 574 | 682 | 655 | 509 | 309 | 65 | 68 | 63 | 58 | 43 | 38 | 19 |
| NE | 99 | 281 | 350 | 355 | 276 | 152 | 65 | 68 | 63 | 58 | 43 | 38 | 19 |
| N | 18 | 38 | 43 | 58 | 63 | 68 | 65 | 68 | 63 | 58 | 43 | 38 | 19 |
| NO | 18 | 38 | 43 | 58 | 63 | 68 | 65 | 152 | 276 | 355 | 350 | 281 | 99 |
| O | 18 | 38 | 43 | 58 | 63 | 68 | 65 | 309 | 509 | 655 | 682 | 574 | 213 |
| SO | 18 | 38 | 43 | 58 | 63 | 68 | 146 | 325 | 481 | 605 | 636 | 549 | 213 |
| H | 61 | 283 | 525 | 786 | 978 | 1100 | 1133 | 1100 | 978 | 786 | 525 | 283 | 61 |
| S | 0 | 30 | 45 | 53 | 60 | 65 | 68 | 65 | 60 | 53 | 45 | 30 | 0 | 22 de março  22 de setembro |
| SE | 16 | 308 | 426 | 367 | 225 | 65 | 68 | 65 | 60 | 53 | 45 | 30 | 0 |
| L | 23 | 457 | 692 | 680 | 536 | 224 | 68 | 65 | 60 | 53 | 45 | 30 | 0 |
| NE | 16 | 356 | 579 | 627 | 568 | 444 | 275 | 80 | 60 | 53 | 45 | 30 | 0 |
| N | 0 | 64 | 153 | 237 | 303 | 344 | 360 | 344 | 303 | 237 | 153 | 64 | 0 |
| NO | 0 | 30 | 45 | 53 | 60 | 80 | 275 | 444 | 568 | 627 | 579 | 353 | 16 |
| O | 0 | 30 | 45 | 53 | 60 | 65 | 68 | 224 | 536 | 680 | 692 | 457 | 23 |
| SO | 0 | 30 | 45 | 53 | 60 | 65 | 68 | 65 | 225 | 367 | 426 | 308 | 16 |
| H | 0 | 167 | 449 | 700 | 912 | 1039 | 1091 | 1039 | 912 | 700 | 449 | 167 | 0 |
| S | - | 18 | 38 | 48 | 53 | 58 | 58 | 58 | 53 | 48 | 38 | 18 | - | 21 de junho |
| SE | - | 84 | 154 | 89 | 53 | 58 | 58 | 58 | 53 | 48 | 38 | 18 | - |
| L | - | 220 | 506 | 547 | 449 | 274 | 58 | 58 | 53 | 48 | 38 | 18 | - |
| NE | - | 235 | 584 | 712 | 707 | 622 | 484 | 317 | 147 | 48 | 38 | 18 | - |
| N | - | 122 | 342 | 489 | 581 | 640 | 660 | 640 | 581 | 489 | 342 | 122 | - |
| NO | - | 18 | 38 | 48 | 147 | 317 | 484 | 622 | 707 | 712 | 584 | 235 | - |
| O | - | 18 | 38 | 48 | 53 | 58 | 58 | 274 | 449 | 547 | 506 | 220 | - |
| SO | - | 18 | 38 | 48 | 53 | 58 | 58 | 58 | 53 | 89 | 154 | 84 | - |
| H | - | 66 | 275 | 498 | 672 | 788 | 820 | 788 | 672 | 498 | 275 | 66 | - |

***Fonte:*** *Gonçalves*

***Tabela 23:*** *Radiação solar global (W/m2) planos verticais/horizontais - latitude 20° sul*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **06h** | **07h** | **08h** | **09h** | **10h** | **11h** | **12h** | **13h** | **14h** | **15h** | **16h** | **17h** | **18h** |  |
| S | 108 | 213 | 234 | 194 | 158 | 138 | 124 | 138 | 158 | 194 | 234 | 213 | 108 | 22 de dezembro |
| SE | 239 | 547 | 673 | 578 | 446 | 288 | 107 | 68 | 63 | 58 | 50 | 38 | 20 |
| L | 241 | 583 | 746 | 657 | 511 | 309 | 65 | 68 | 63 | 58 | 50 | 38 | 20 |
| NE | 114 | 299 | 412 | 407 | 344 | 225 | 65 | 68 | 63 | 58 | 50 | 38 | 20 |
| N | 20 | 38 | 50 | 58 | 63 | 68 | 65 | 68 | 63 | 58 | 50 | 38 | 20 |
| NO | 20 | 38 | 50 | 58 | 63 | 68 | 65 | 225 | 344 | 407 | 412 | 299 | 114 |
| O | 20 | 38 | 50 | 58 | 63 | 68 | 65 | 309 | 511 | 657 | 746 | 583 | 241 |
| SO | 20 | 38 | 50 | 58 | 63 | 68 | 107 | 288 | 446 | 578 | 673 | 547 | 239 |
| H | 73 | 289 | 567 | 801 | 985 | 1105 | 1140 | 1105 | 985 | 801 | 567 | 289 | 73 |
| S | 0 | 28 | 45 | 53 | 60 | 65 | 68 | 65 | 60 | 53 | 45 | 28 | 0 | 22 de março  22 de setembro |
| SE | 219 | 537 | 668 | 573 | 443 | 285 | 110 | 65 | 60 | 53 | 45 | 28 | 0 |
| L | 221 | 573 | 741 | 652 | 508 | 306 | 68 | 65 | 60 | 53 | 45 | 28 | 0 |
| NE | 94 | 289 | 407 | 402 | 341 | 222 | 68 | 65 | 60 | 53 | 45 | 28 | 0 |
| N | 88 | 203 | 229 | 189 | 155 | 135 | 127 | 135 | 155 | 189 | 229 | 203 | 88 |
| NO | 0 | 28 | 45 | 53 | 60 | 65 | 68 | 222 | 341 | 402 | 407 | 289 | 94 |
| O | 0 | 28 | 45 | 53 | 60 | 65 | 68 | 306 | 508 | 652 | 741 | 573 | 221 |
| SO | 0 | 28 | 45 | 53 | 60 | 65 | 110 | 285 | 443 | 573 | 668 | 537 | 219 |
| H | 0 | 157 | 439 | 686 | 897 | 1025 | 1071 | 1025 | 897 | 686 | 439 | 157 | 0 |
| S | - | 13 | 35 | 45 | 50 | 55 | 58 | 55 | 50 | 45 | 35 | 13 | - | 21 de junho |
| SE | - | 65 | 127 | 75 | 50 | 55 | 58 | 55 | 50 | 45 | 35 | 13 | - |
| L | - | 163 | 425 | 524 | 439 | 267 | 58 | 55 | 50 | 45 | 35 | 13 | - |
| NE | - | 174 | 495 | 693 | 711 | 633 | 501 | 334 | 161 | 45 | 35 | 13 | - |
| N | - | 90 | 295 | 485 | 596 | 661 | 685 | 661 | 596 | 485 | 295 | 90 | - |
| NO | - | 13 | 35 | 45 | 161 | 334 | 501 | 633 | 711 | 693 | 495 | 174 | - |
| O | - | 13 | 35 | 45 | 50 | 55 | 58 | 267 | 439 | 524 | 425 | 163 | - |
| SO | - | 13 | 35 | 45 | 50 | 55 | 58 | 55 | 50 | 75 | 127 | 65 | - |
| H | - | 43 | 201 | 430 | 614 | 737 | 776 | 737 | 614 | 430 | 201 | 43 | - |

***Fonte:*** *Gonçalves*

***Tabela 24:*** *Radiação solar (W/m2) planos verticais/horizontais - latitude 23°30’ sul*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **06h** | **07h** | **08h** | **09h** | **10h** | **11h** | **12h** | **13h** | **14h** | **15h** | **16h** | **17h** | **18h** |  |
| S | 114 | 208 | 195 | 151 | 106 | 74 | 63 | 74 | 106 | 151 | 195 | 208 | 114 | 22 de dezembro |
| SE | 255 | 560 | 615 | 549 | 410 | 244 | 63 | 68 | 63 | 58 | 50 | 40 | 20 |
| L | 276 | 608 | 704 | 659 | 511 | 311 | 63 | 68 | 63 | 58 | 50 | 40 | 20 |
| NE | 121 | 323 | 410 | 417 | 349 | 235 | 65 | 68 | 63 | 58 | 50 | 40 | 20 |
| N | 20 | 40 | 50 | 58 | 63 | 68 | 66 | 68 | 63 | 58 | 50 | 40 | 20 |
| NO | 20 | 40 | 50 | 58 | 63 | 68 | 65 | 235 | 349 | 417 | 410 | 323 | 121 |
| O | 20 | 40 | 50 | 58 | 63 | 68 | 63 | 311 | 511 | 659 | 704 | 608 | 276 |
| SO | 20 | 40 | 50 | 58 | 63 | 68 | 63 | 244 | 410 | 549 | 615 | 560 | 255 |
| H | 81 | 317 | 575 | 811 | 990 | 1108 | 1138 | 1108 | 990 | 811 | 575 | 317 | 81 |
| S | 0 | 28 | 45 | 53 | 60 | 63 | 63 | 63 | 60 | 53 | 45 | 28 | 0 | 22 de março  22 de setembro |
| SE | 16 | 288 | 386 | 313 | 163 | 63 | 63 | 63 | 60 | 53 | 45 | 28 | 0 |
| L | 23 | 441 | 673 | 667 | 531 | 316 | 63 | 63 | 60 | 53 | 45 | 28 | 0 |
| NE | 16 | 351 | 591 | 661 | 624 | 513 | 341 | 155 | 60 | 53 | 45 | 28 | 0 |
| N | 0 | 73 | 190 | 290 | 386 | 446 | 453 | 446 | 386 | 290 | 190 | 73 | 0 |
| NO | 0 | 28 | 45 | 53 | 60 | 155 | 341 | 513 | 624 | 661 | 591 | 351 | 16 |
| O | 0 | 28 | 45 | 53 | 60 | 63 | 63 | 316 | 531 | 667 | 673 | 441 | 23 |
| SO | 0 | 28 | 45 | 53 | 60 | 63 | 63 | 63 | 163 | 313 | 386 | 288 | 16 |
| H | 0 | 155 | 418 | 667 | 751 | 983 | 1029 | 983 | 751 | 667 | 418 | 155 | 0 |
| S | - | 8 | 30 | 45 | 50 | 53 | 55 | 53 | 50 | 45 | 30 | 8 | - | 21 de junho |
| SE | - | 36 | 112 | 56 | 50 | 53 | 55 | 53 | 50 | 45 | 30 | 8 | - |
| L | - | 90 | 395 | 501 | 424 | 261 | 55 | 53 | 50 | 45 | 30 | 8 | - |
| NE | - | 96 | 478 | 679 | 708 | 643 | 515 | 349 | 180 | 45 | 30 | 8 | - |
| N | - | 51 | 289 | 485 | 607 | 679 | 705 | 679 | 607 | 485 | 289 | 51 | - |
| NO | - | 8 | 30 | 45 | 180 | 349 | 515 | 643 | 708 | 679 | 478 | 96 | - |
| O | - | 8 | 30 | 45 | 50 | 53 | 55 | 261 | 424 | 501 | 395 | 90 | - |
| SO | - | 8 | 30 | 45 | 50 | 53 | 55 | 53 | 50 | 56 | 112 | 36 | - |
| H | - | 21 | 182 | 395 | 573 | 675 | 716 | 675 | 573 | 395 | 182 | 21 | - |

***Fonte:*** *Gonçalves*

***Tabela 25:*** *Radiação solar (W/m2) planos verticais/horizontais - latitude 30° sul*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **06h** | **07h** | **08h** | **09h** | **10h** | **11h** | **12h** | **13h** | **14h** | **15h** | **16h** | **17h** | **18h** |  |
| S | 142 | 188 | 143 | 78 | 63 | 68 | 65 | 68 | 63 | 78 | 143 | 188 | 142 | 22 de dezembro |
| SE | 330 | 563 | 586 | 502 | 345 | 116 | 65 | 68 | 63 | 58 | 50 | 43 | 25 |
| L | 340 | 633 | 715 | 667 | 517 | 309 | 65 | 68 | 63 | 58 | 50 | 43 | 25 |
| NE | 165 | 357 | 456 | 475 | 422 | 311 | 146 | 68 | 63 | 58 | 50 | 43 | 25 |
| N | 25 | 43 | 50 | 58 | 117 | 170 | 179 | 170 | 117 | 58 | 50 | 43 | 25 |
| NO | 25 | 43 | 50 | 58 | 63 | 68 | 146 | 311 | 422 | 475 | 456 | 357 | 165 |
| O | 25 | 43 | 50 | 58 | 63 | 68 | 65 | 309 | 517 | 667 | 715 | 633 | 340 |
| SO | 25 | 43 | 50 | 58 | 63 | 68 | 65 | 116 | 345 | 502 | 586 | 563 | 330 |
| H | 114 | 345 | 588 | 804 | 985 | 1099 | 1134 | 1099 | 985 | 804 | 588 | 345 | 114 |
| S | 0 | 28 | 45 | 50 | 58 | 63 | 63 | 63 | 58 | 50 | 45 | 28 | 0 | 22 de março  22 de setembro |
| SE | 16 | 270 | 351 | 261 | 101 | 63 | 63 | 63 | 58 | 50 | 45 | 28 | 0 |
| L | 23 | 421 | 651 | 649 | 518 | 309 | 63 | 63 | 58 | 50 | 45 | 28 | 0 |
| NE | 16 | 343 | 596 | 686 | 666 | 565 | 406 | 216 | 58 | 50 | 45 | 28 | 0 |
| N | 0 | 80 | 219 | 347 | 458 | 526 | 548 | 526 | 458 | 347 | 219 | 80 | 0 |
| NO | 0 | 28 | 45 | 50 | 58 | 216 | 406 | 565 | 666 | 686 | 596 | 343 | 16 |
| O | 0 | 28 | 45 | 50 | 58 | 63 | 63 | 309 | 518 | 649 | 651 | 421 | 23 |
| SO | 0 | 28 | 45 | 50 | 58 | 63 | 63 | 63 | 101 | 261 | 351 | 270 | 16 |
| H | 0 | 144 | 388 | 617 | 808 | 928 | 964 | 928 | 808 | 617 | 388 | 144 | 0 |
| S | - | 3 | 23 | 38 | 45 | 50 | 50 | 50 | 45 | 38 | 23 | 3 | - | 21 de junho |
| SE | - | 14 | 72 | 38 | 45 | 50 | 50 | 50 | 45 | 38 | 23 | 3 | - |
| L | - | 35 | 278 | 429 | 387 | 244 | 50 | 50 | 45 | 38 | 23 | 3 | - |
| NE | - | 37 | 333 | 602 | 682 | 641 | 524 | 364 | 198 | 48 | 23 | 3 | - |
| N | - | 20 | 207 | 445 | 604 | 691 | 720 | 691 | 604 | 445 | 207 | 20 | - |
| NO | - | 3 | 23 | 48 | 198 | 364 | 524 | 641 | 682 | 602 | 333 | 37 | - |
| O | - | 3 | 23 | 38 | 45 | 50 | 50 | 244 | 387 | 429 | 278 | 35 | - |
| SO | - | 3 | 23 | 38 | 45 | 50 | 50 | 50 | 45 | 38 | 72 | 14 | - |
| H | - | 6 | 101 | 280 | 446 | 558 | 594 | 558 | 446 | 280 | 101 | 6 | - |

***Fonte:*** *Gonçalves*