

Conforto Ambiental

Aula 02

UNIDADE I - Generalidades

- 1.1. Conceitos fundamentais;
- 1.2. Mecanismos de trocas térmicas;
- 1.3. Comportamento térmico do organismo humano;
- 1.4. Macroclima, mesoclima e microclima;
- 1.5. Ventilação natural;
- 1.6. Soluções de projeto;

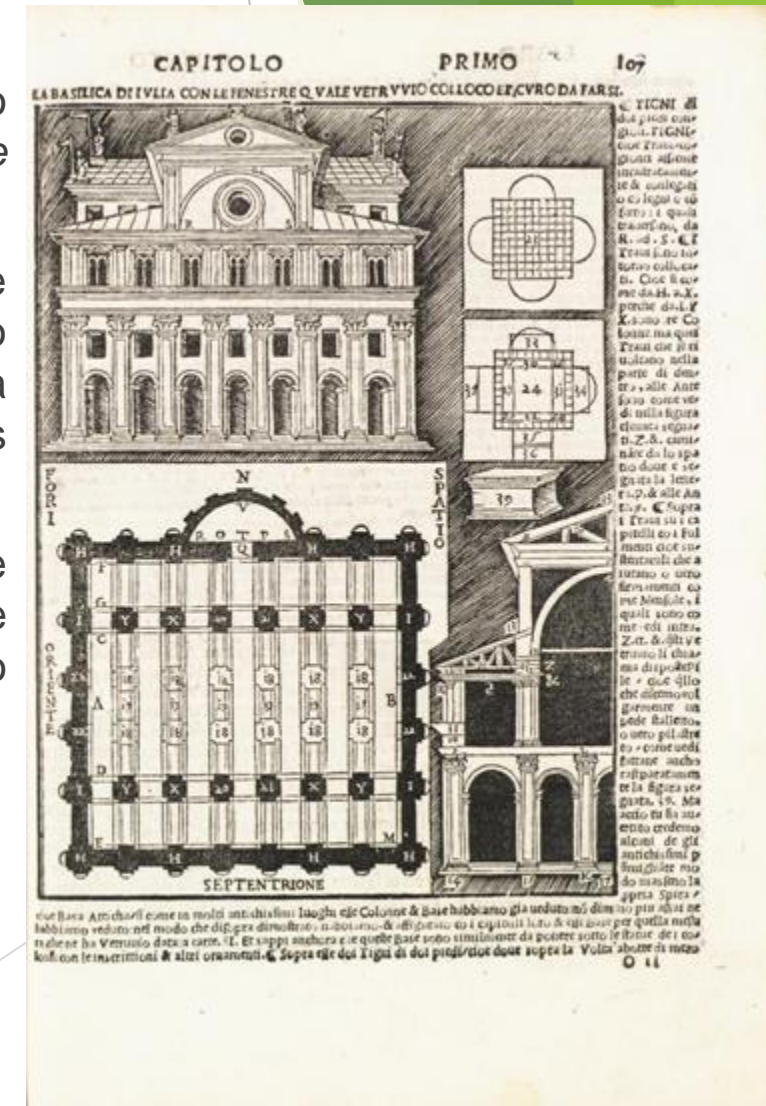
Conceitos fundamentais

- ▶ “Conforto térmico é o estado mental que expressa satisfação do homem com o ambiente térmico que o **circunda**”. ASHRAE (American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers)
- ▶ As sensações de conforto dos usuários no ambiente construído são mais do que reações fisiológicas, visto que desempenham também papel cultural, simbólico e **sensorial**. (BARROS et al 2005)

Conceitos fundamentais

▶ VITRUVIO

- ▶ Marcus Vitruvius Pollio (c. 90 - c. 20 A.C.), mais conhecido simplesmente como Vitruvius, foi um **engenheiro militar** romano e **arquiteto** que escreveu *De Architectura* (Na arquitetura).
- ▶ Deixou como legado a sua obra em 10 volumes, aos quais deu o nome de *De Architectura* (aprox. 40 a.C.) que constitui o **único** tratado europeu do período grego-romano que chegou aos nossos dias e serviu de fonte de inspiração a diversos textos sobre construções, hidráulicas, hidrológicas e arquitetônicas desde a época do Renascimento.
- ▶ Ele serviu como um engenheiro militar e arquiteto de Julius Caesar entre 58 e 51 A.C. e ele pessoalmente visitadas Grécia, Ásia, norte da África e Gália. Ele era considerado um perito em balística e também construiu uma basílica no Fanum Fortunae (moderna Fano na Úmbria, Itália) em c. 27 A.C..





Conceitos fundamentais

- ▶ Até que ponto e de que forma o estudo de conforto contribui por uma sociedade sustentável?
- ▶ Esse conceito só agora começa a chegar ao Brasil, possivelmente porque as hidroelétricas – responsáveis por 82,36% da energia elétrica produzida no Brasil (1) – produzem um impacto ambiental muito menos alardeante que as emissões atmosféricas das termelétricas (padrão europeu e americano por exemplo), além de sua produção teoricamente virem suprindo nossas necessidades, ao menos até à pouco quando vieram os "apagões" em 2001; conservação e uso racional de energia elétrica passou a ser preocupação constante, impulsionando inclusive a certificação ("etiquetagem") de aparelhos eletrodomésticos, facilitando a opção por aparelhos poupadores de energia.



Conceitos fundamentais

▶ Eficiência energética

- ▶ França: entre 73 a 89 obteve uma economia de 42% no setor, por meio de uma legislação visando o uso racional desse insumo em suas edificações, o modelo francês passou a ser adotado em toda a Europa.
- ▶ EUA: no início dos anos 90 tornou obrigatória a adoção de legislação para economia e uso racional de energia elétrica em edificações em todos os estados da federação, embora alguns já a possuíssem antes da obrigatoriedade.



Conceitos fundamentais

- Conforto Ambiental
 - Insolação
 - Ventos
 - Entorno
 - Implantação
 - Espessura das paredes
 - Esquadrias
 - Materiais

O que é conforto ambiental?



O que é Desconforto tolerável?





DUBOIS

- ▶ Quanto maior a atividade física, maior será o calor gerado por metabolismo.
- ▶ Considerando um ser com $1,5\text{m}^2$ de pele carregando um saco de cimento de 50Kg
- ▶ Neste caso os valores da figura pode ser convertido em W/m^2 .



Isso gera um metabolismo de $470\text{w} / 1,5\text{m}^2 = 313,33\text{w}/\text{m}^2$

$$A_{\text{DU}} = 0,202 \cdot m^{0,425} \cdot l^{0,725}$$

Equação 2-1: cálculo da área de DuBois

onde:

- A_{DU} = área superficial do corpo ou área de DuBois (m^2);
- m = massa do corpo (kg);
- l = altura do corpo (m)



Figura 2-9: Atividades físicas e respectivo metabolismo segundo a ISO 7730

Adaptação - ACLIMATAÇÃO



Inverno em Londres



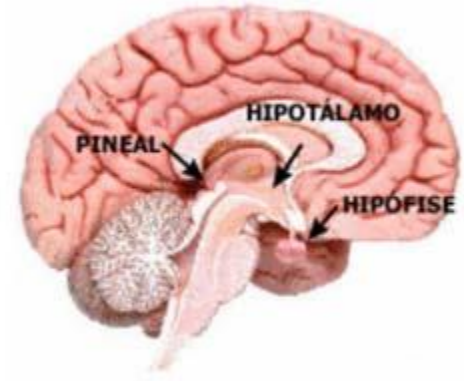
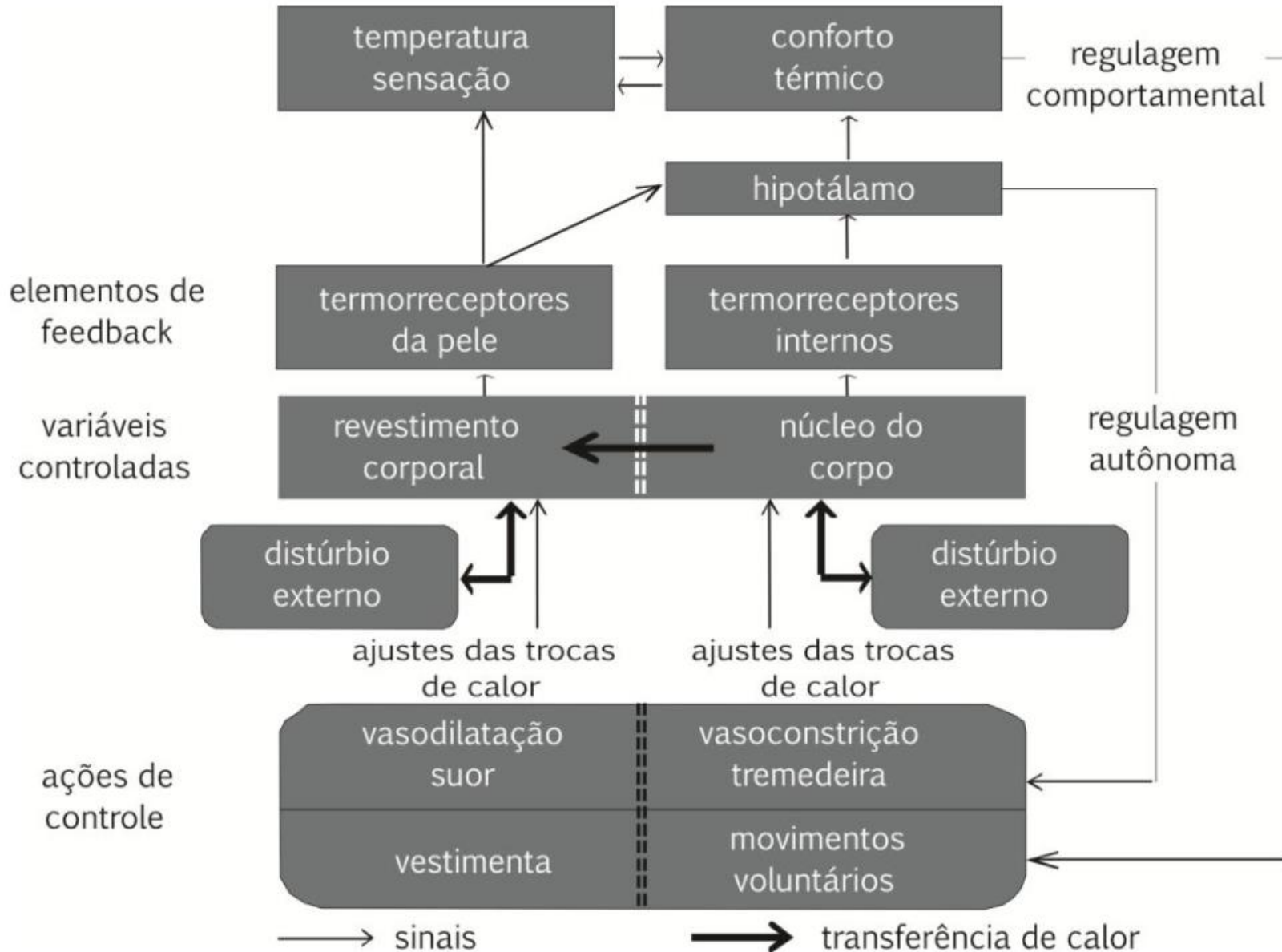
O ano todo no nordeste



Verão em Copacabana

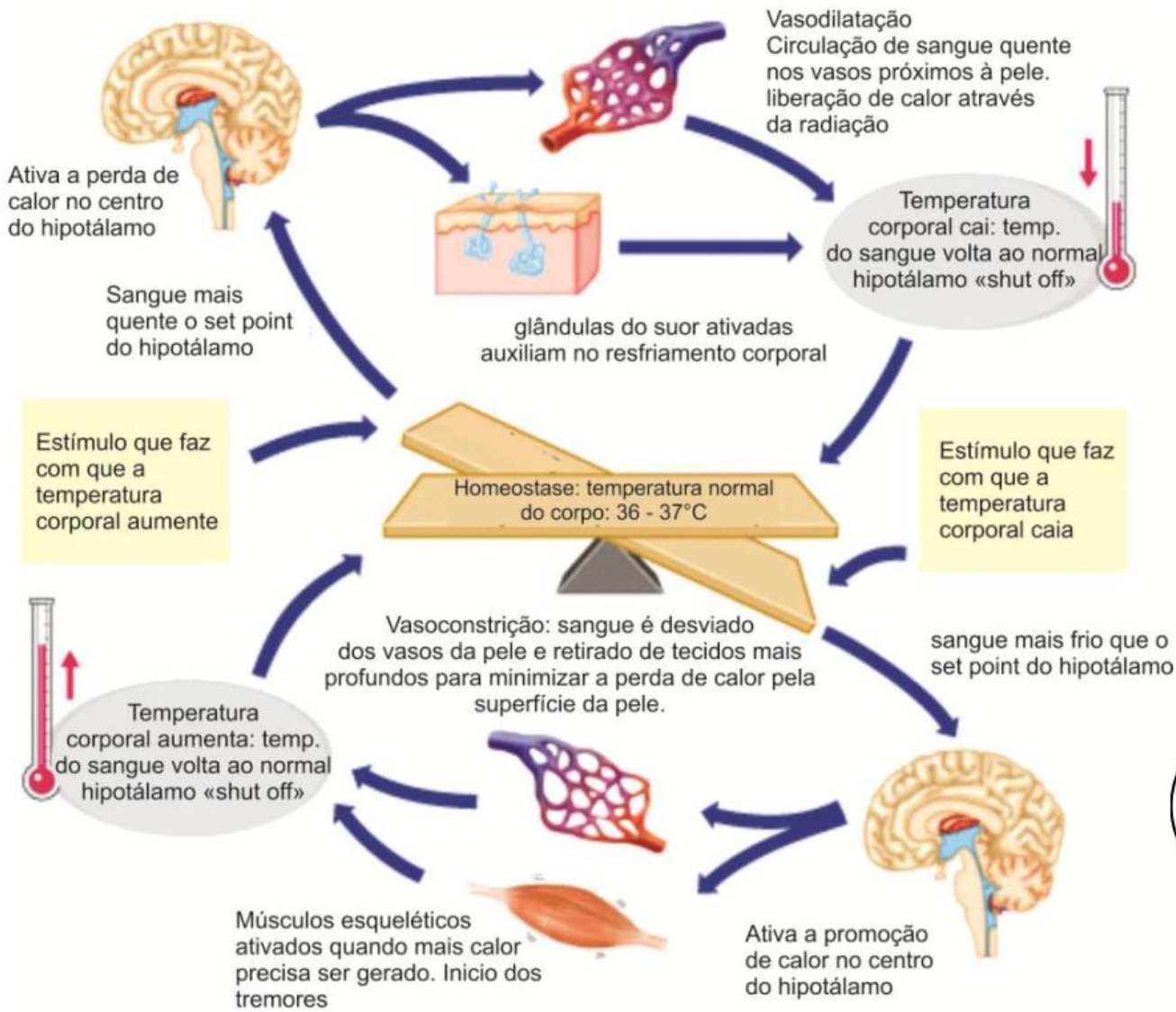
Mecanismos de trocas térmicas

Diagrama da regulação térmica humana autônoma e comportamental

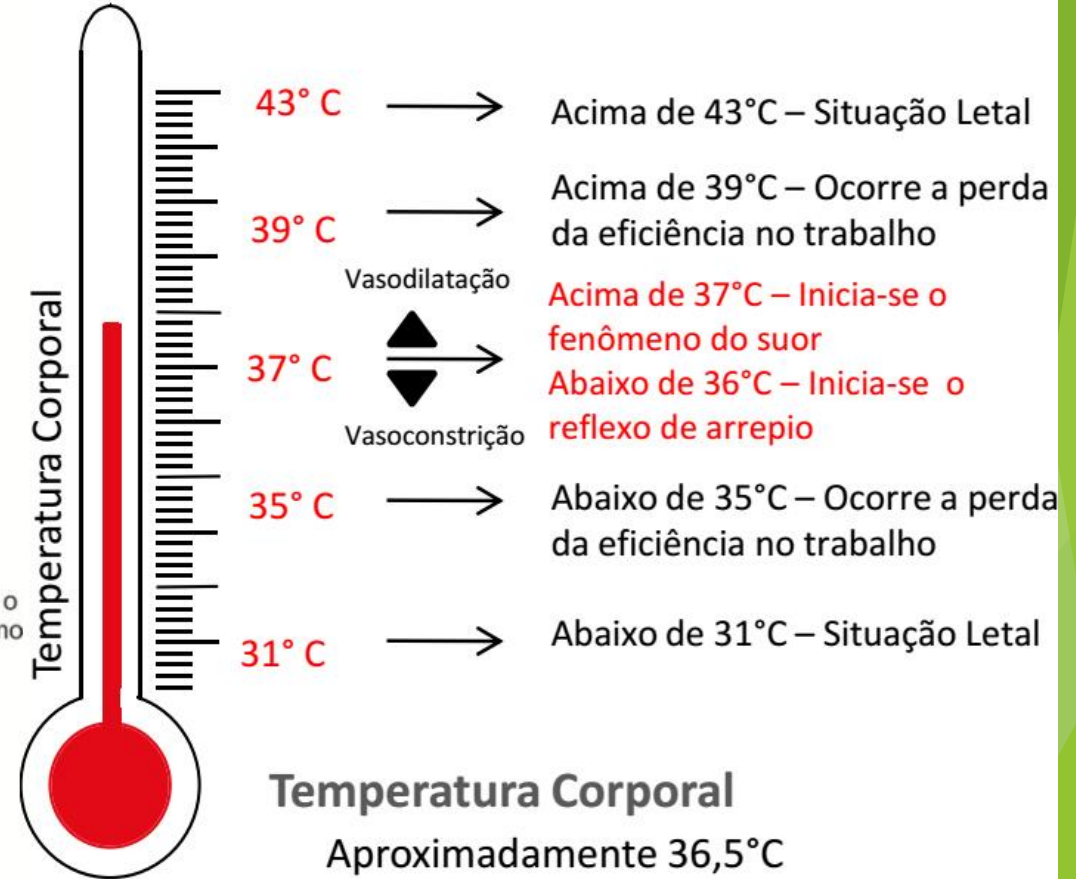


Controla o sistema nervoso autônomo dos seres humanos;

- Atua no controle da temperatura do corpo humano;
- Controla e regula os processos de sede e fome;
- Atua no controle das emoções e comportamentos (funções exercidas em conjunto com o sistema límbico);
- Atua no processo de contração muscular (cardíaco e liso);
- Atua na regulação de secreção de diversas glândulas que produzem hormônios;
- Age no controle de vários hormônios pela hipófise;
- Age nos processos relacionados ao desejo sexual;
- Regula os estados de consciência e ritmos circadianos (horários de vigília e sono).

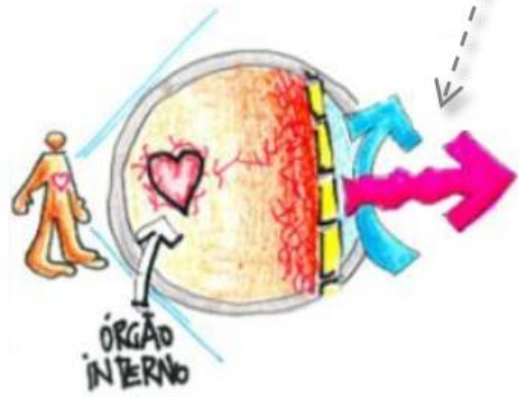


Zonas de respostas fisiológicas





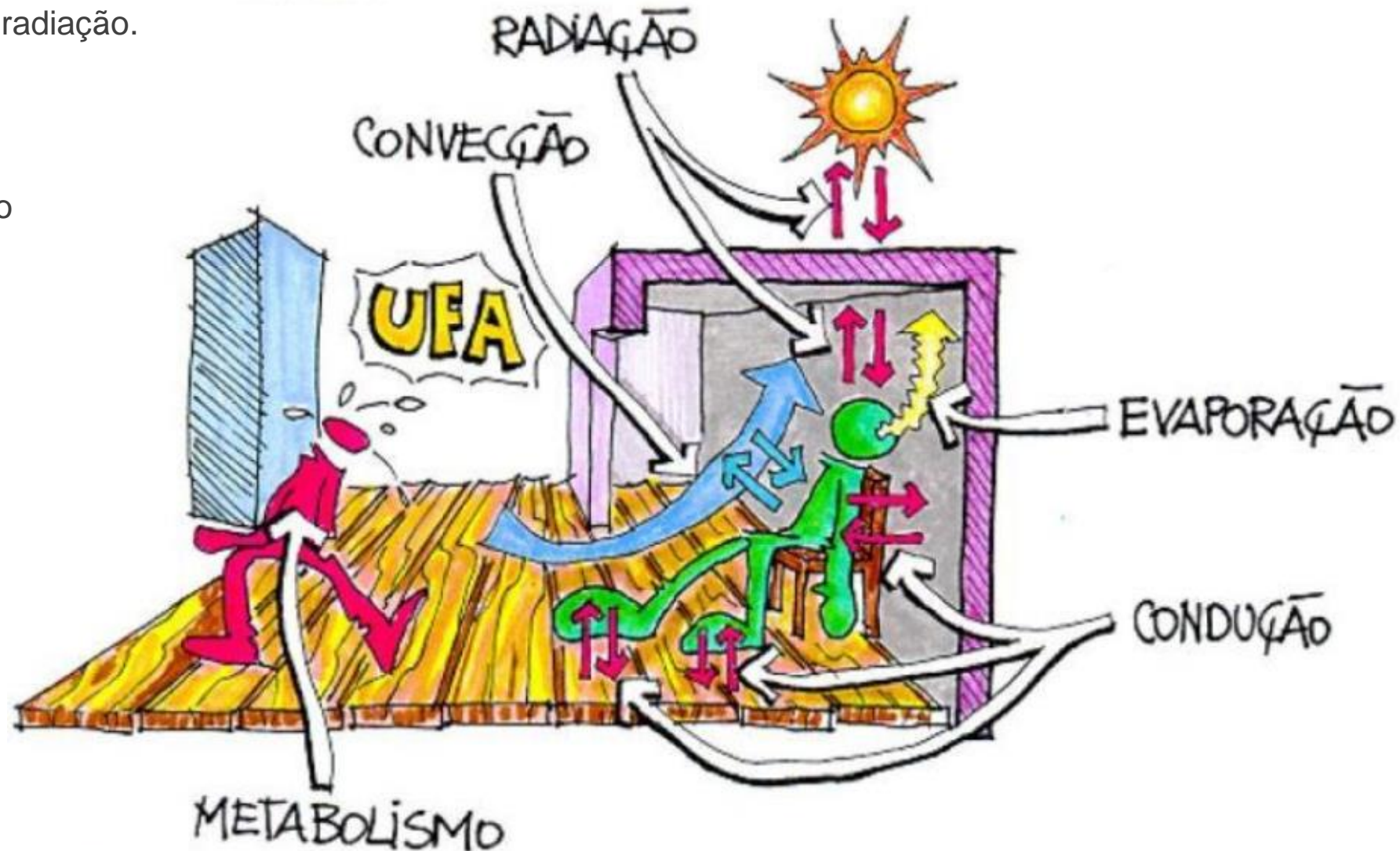
Perdas de calor por radiação
e convecção



Vasodilatação periférica

Trocas térmicas

- ▶ Secas: condução, convecção, radiação.
- ▶ Úmidas: evaporação.
 - ▶ Respiração e Transpiração



O que determina a variável de conforto para cada um?

O FRIO É RELATIVO....

30° C ou mais

Baianos vão à praia, dançam, cantam e comem acarajé.

Cariocas vão à praia e jogam futebol.

Mineiros comem um "queijun" na sombra.

Todos paulistas estão no litoral e enfrentam 2 horas de fila nas padarias e supermercados da região. Curitibanos esgotam os estoques de protetores solares e isotônicos da cidade.

25°C

Baianos não deixam os filhos saírem ao vento após as 17 horas. Cariocas vão à praia, mas não entram na água. Mineiros comem um feijão tropeiro. Paulistas fazem churrasco nas suas casas do litoral, poucos ainda entram na água. Curitibanos reclamam do calor e não fazem esforço devido esgotamento físico.

20°C

Baianos mudam os chuveiros para a posição "Inverno" e ligam o ar quente das casas e veículos. Cariocas vestem um moletom. Mineiros bebem pinga perto do fogão a lenha. Paulistas decidem deixar o litoral, começa o trânsito de volta para casa. Curitibanos tomam sol no parque.

O FRIO É RELATIVO....

15°C

Baianos tremem incontrolavelmente de frio.

Cariocas se reúnem para comer fondue de queijo.

Mineiros continuam bebendo pinga perto do fogão a lenha. Paulistas ainda estão presos nos congestionamentos na volta do litoral. Curitibanos dirigem com os vidros abaixados.

10°C

Decretado estado de calamidade na Bahia.

Cariocas usam sobretudo, cuecas de lã, luvas e toucas.

Mineiros continuam bebendo pinga e colocam mais lenha no fogão. Paulistas vão a pizzarias e shopping centers com a família. Curitibanos botam uma camisa de manga comprida.

5°C

Bahia entra no armagedon.

César Maia lança a candidatura do Rio para as olimpíadas de inverno. Mineiros continuam bebendo pinga e quentão ao lado do fogão a lenha. Paulistas lotam hospitais e clínicas, devido às doenças causadas pela inversão térmica.

Curitibanos fecham as janelas de casa.

O FRIO É RELATIVO....

0°C

Não existe mais vida na Bahia.

No Rio, César Maia veste 7 casacos e lança o "Ixxnoubórdi in Rio".

Mineiros entram em coma alcoólico ao lado do fogão a lenha. Paulistas não saem de Casa e dão altos índices de audiência a Gilberto Barros, Gugu Liberato, Luciana Gimenes e Silvio Santos. Curitibanos fazem um churrasco no pátio... Antes que esfrie.

HUMANAS

MET - Metabolismo

► Conjunto de reações bioquímicas que controla a síntese e a degradação de substâncias no nosso organismo.

► Anabolismo - conjunto de fenômenos metabólicos em que, após simplificadas pela digestão, as substâncias são recompostas e incorporadas nas células; assimilação.

► Catabolismo - fase do metabolismo em que ocorre a degradação pelo organismo das macromoléculas nutritivas, com liberação de energia.

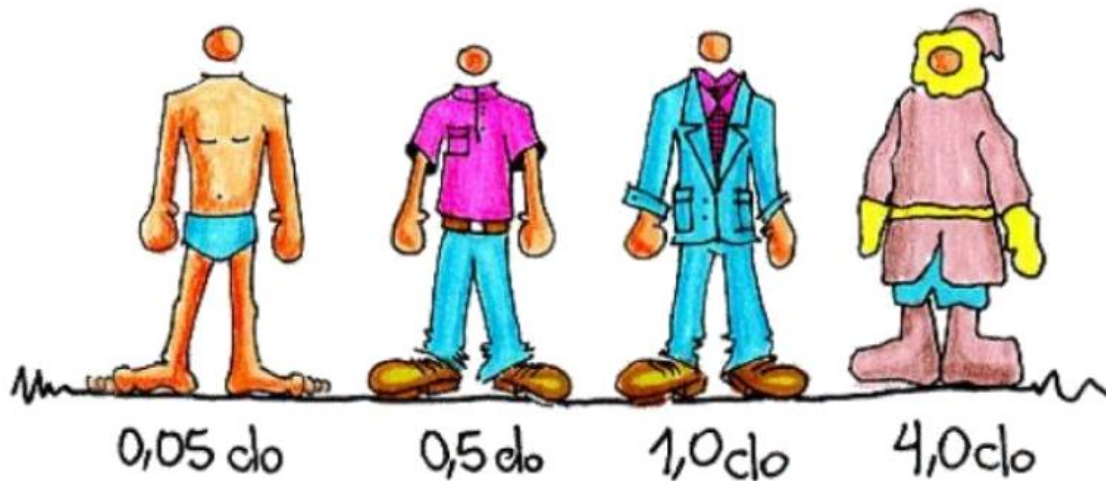
| Atividade | Metabolismo (W/m²) |
|---|--|
| Deitado, Reclinado | 46 |
| Sentado, relaxado | 58 |
| Atividade sedentária (escritório, escola etc.) | 70 |
| Atividade leve em pé (fazer compras, atividades laboratoriais, etc) | 93 |
| Atividade média em pé (trabalhos domésticos, balconista, etc) | 116 |
| Caminhando em local plano a 2 km/h | 110 |
| Caminhando em local plano a 3 km/h | 140 |
| Caminhando em local plano a 4 km/h | 165 |
| Caminhando em local plano a 5 km/h | 200 |

Taxa metabólica para diferentes atividades segundo **ISO 7730** (2005)

HUMANAS

CLO - vestimentas

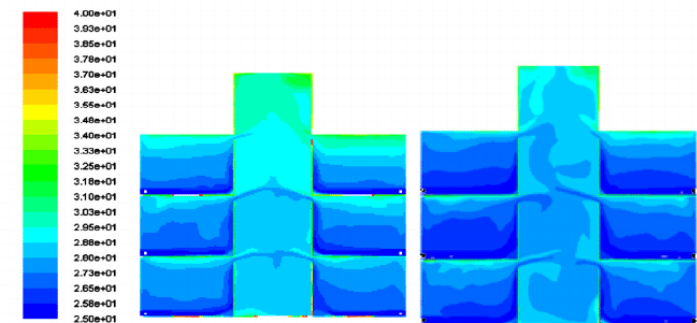
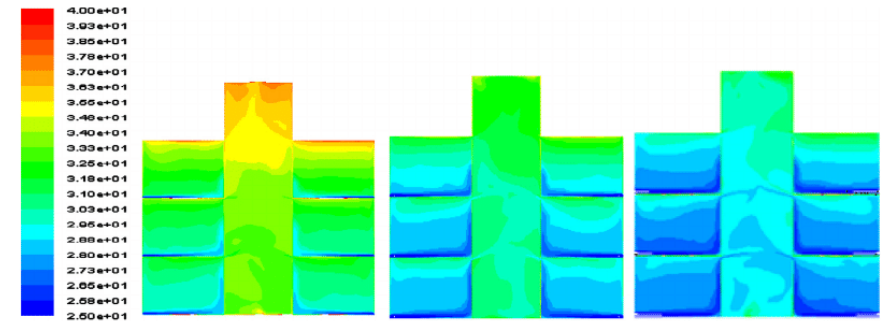
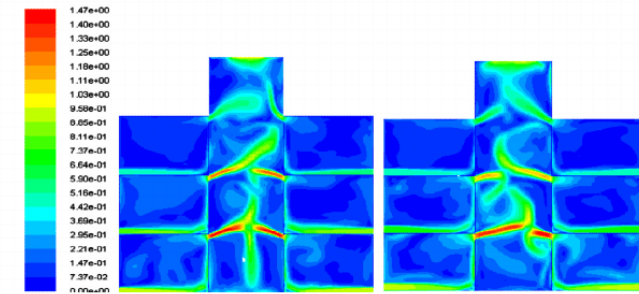
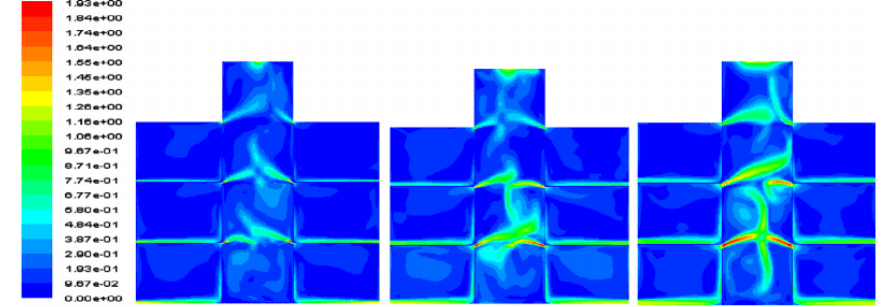
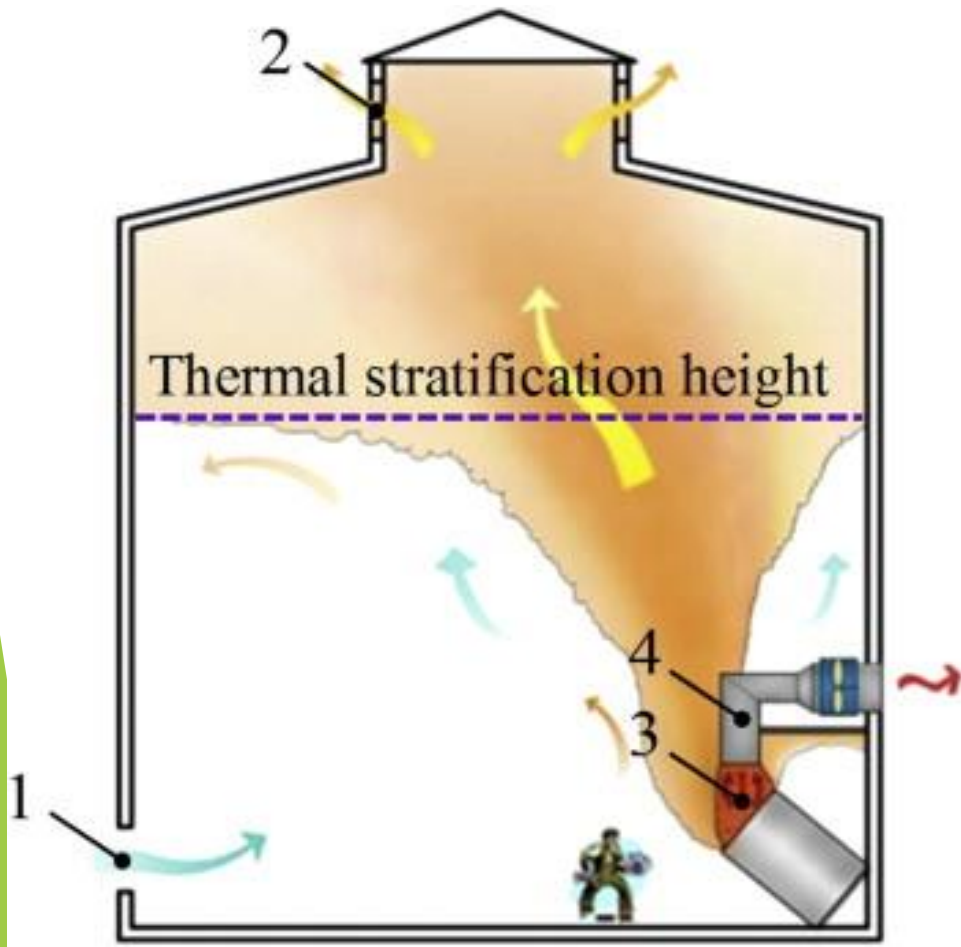
CLO: Unidade de medição da resistência térmica da roupa. (1 clo = 0.155m²°C/W)



| Vestimenta | Índice de resistência térmica – I _{cl} (clo) |
|----------------------------------|--|
| Meias | 0,02 |
| Meia calça grossa | 0,10 |
| Meia calça fina | 0,03 |
| Calcinha e sutiã | 0,03 |
| Cueca | 0,03 |
| Cuecão longo | 0,10 |
| Camiseta de baixo | 0,09 |
| Camisa de baixo mangas compridas | 0,12 |
| Camisa manga curta | 0,15 |
| Camisa fina mangas comprida | 0,20 |
| Camisa manga comprida | 0,25 |
| Camisa flanela manga comprida | 0,30 |
| Blusa com mangas compridas | 0,15 |
| Saia fina | 0,15 |
| Saia grossa | 0,25 |
| Vestido leve manga curta | 0,20 |
| Vestido grosso manga comprida | 0,40 |
| Suéter | 0,28 |
| Jaqueta | 0,35 |
| Bermuda | 0,06 |
| Calça fina | 0,20 |
| Calça média | 0,25 |
| Calça flanela | 0,28 |
| Botas | 0,10 |
| Sapatos | 0,04 |

Índice de resistência térmica para vestimentas segundo **ISO 7730** (2005)

AMBIENTAL TAR - temperatura do ar



AMBIENTAL

TRAD - Temp. radiante média

- ▶ Temperatura uniforme de um ambiente imaginário no qual a troca de calor por radiação é igual ao ambiente real não uniforme.

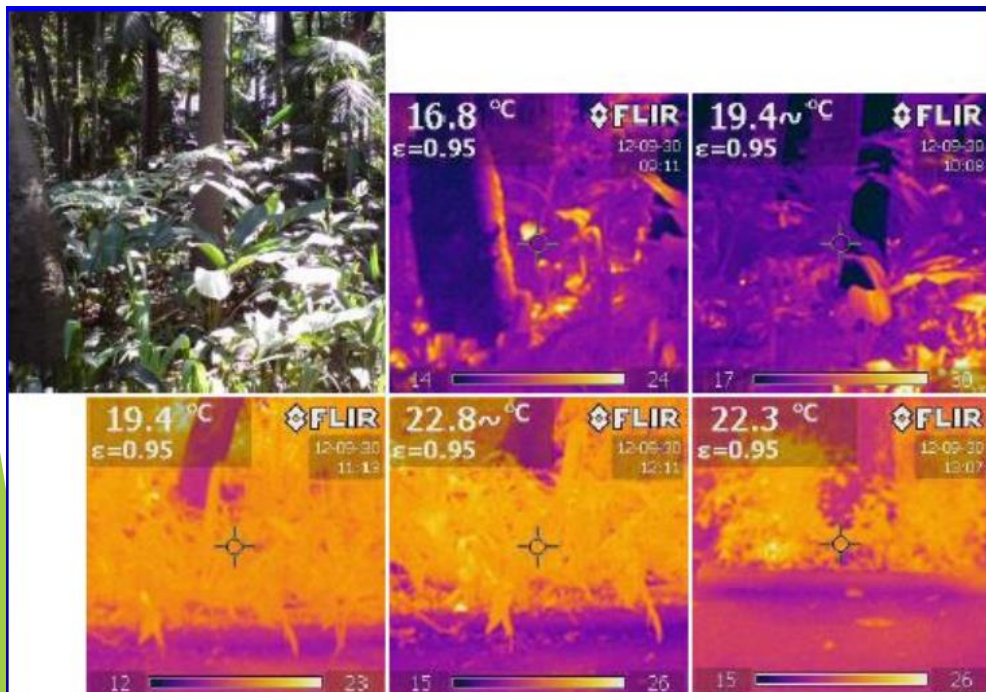
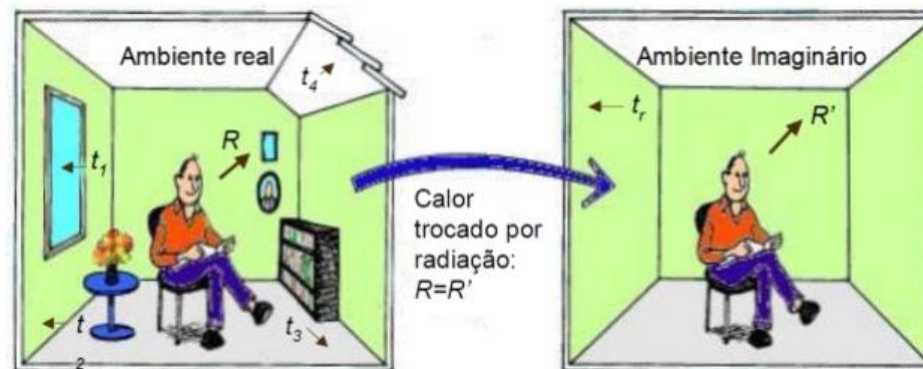


Figura 28 - Imagens térmicas geradas a partir de folhagens expostas diretamente ao sol. (Fotos: B. Ferronato)



Trocas de calor entre diferentes corpos

AMBIENTAL

VEL: Velocidade do ar

- ▶ A velocidade do ar de um ambiente interno costuma ser abaixo que 1m/s sem necessariamente a ação direta do vento (convecção natural). Quando o ar se desloca por meios mecânicos (convecção forçada), como um ventilador, o coeficiente de convecção aumenta, aumentando a sensação de perda de calor. O deslocamento do ar também acelera a evaporação da água em contato com a pele humana, reduzindo a sensação de calor.

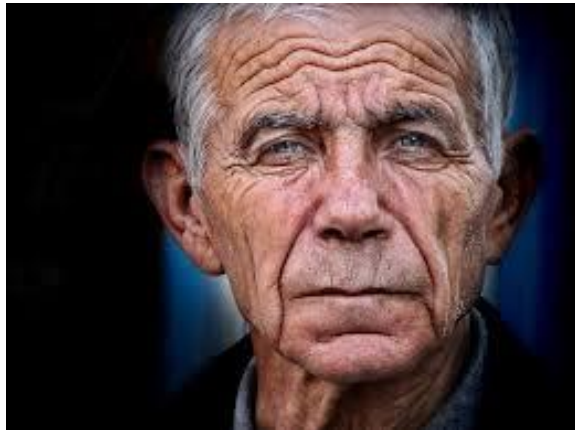
AMBIENTAL

RH: Umidade relativa do ar

- ▶ É a relação entre a quantidade de água existente no ar e a quantidade máxima que poderia haver na mesma temperatura. Ela é um dos indicadores usados na meteorologia para se saber como o tempo se comportará.

OUTRAS

- ▶ Idade
- ▶ Raça
- ▶ Hábitos alimentares
- ▶ Altura
- ▶ Sexo

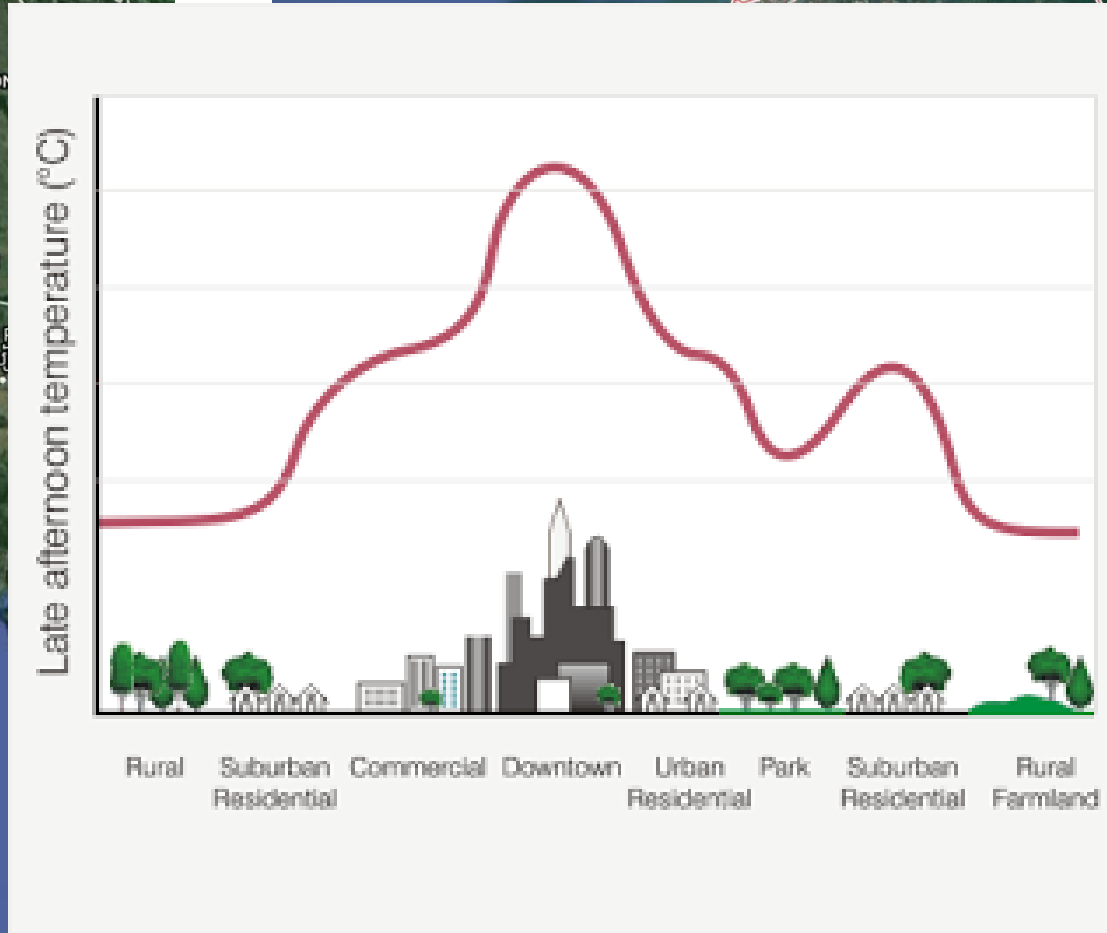
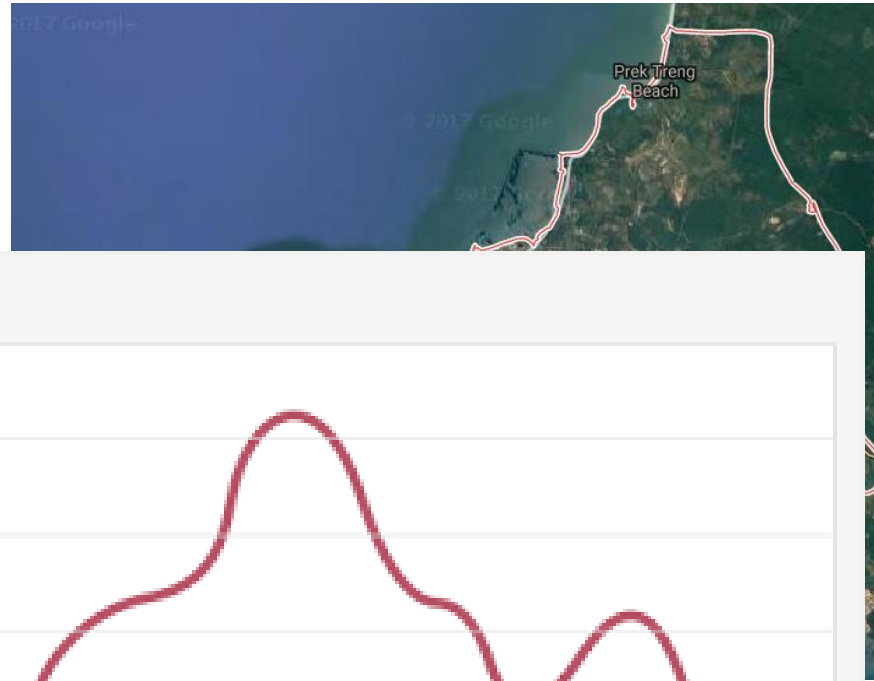
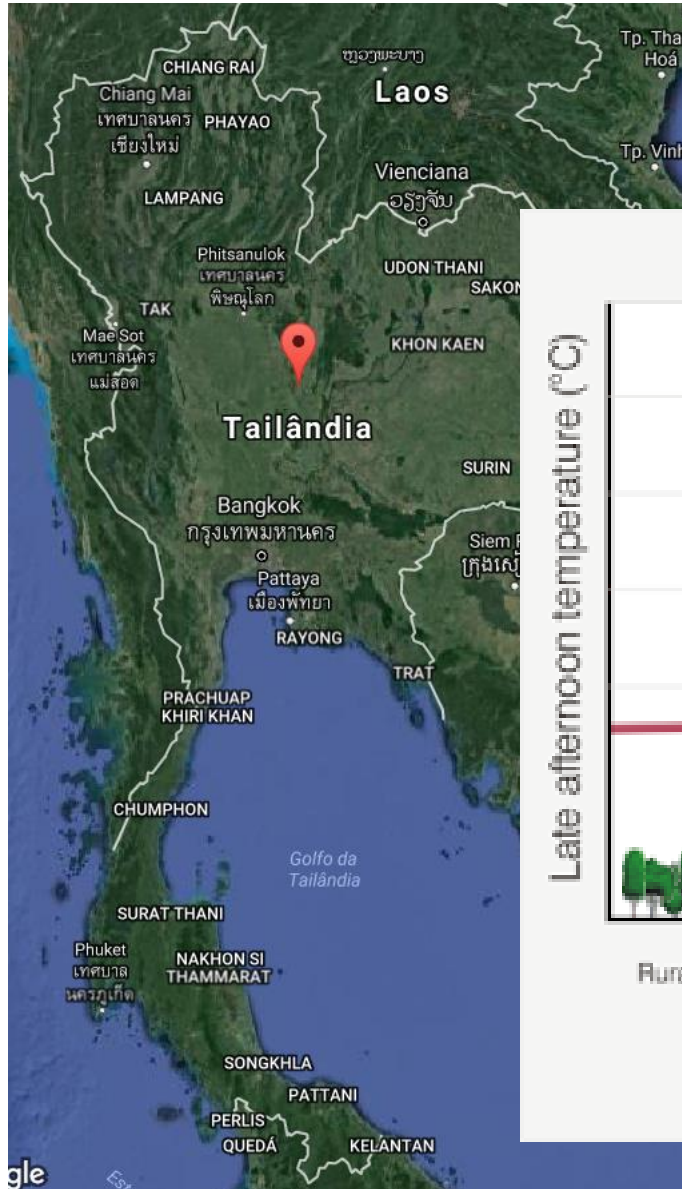


Como medir isso?

- ▶ Medição de Velocidade do Ar (FPM) e de Volume de Ar (CFM)
- ▶ Medição de Intensidade Sonora em dB
- ▶ Medição de Temperatura e Umidade (°F/°C)
- ▶ Medição de Intensidade Luminosa (Lux)
- ▶ Unidades Americanas e Métricas
- ▶ Display de LCD com Iluminação de Fundo
- ▶ Modos de MIN/MAX/AVG/DIF
- ▶ Retenção de Dados
- ▶ Ajuste Automático
- ▶ Desligamento Automático
- ▶ Indicador de Bateria Fraca
- ▶ Operável com Uma Mão
- ▶ Inclui Gráfico de Registro de CFM e Configuração de Medição de Ar
- ▶ Inclui Estojo para Transporte
- ▶ Inclui Minitripé



Macroclima, Mesoclima, Microclima



VELTILAÇÃO NATURAL

- ▶ Em todas as regiões podem haver variação dos ventos.
- ▶ Isso ocorre pelo deslocamento do ar de áreas de maior pressão para áreas de menor pressão.
- ▶ É o segundo item mais importante para o conforto.

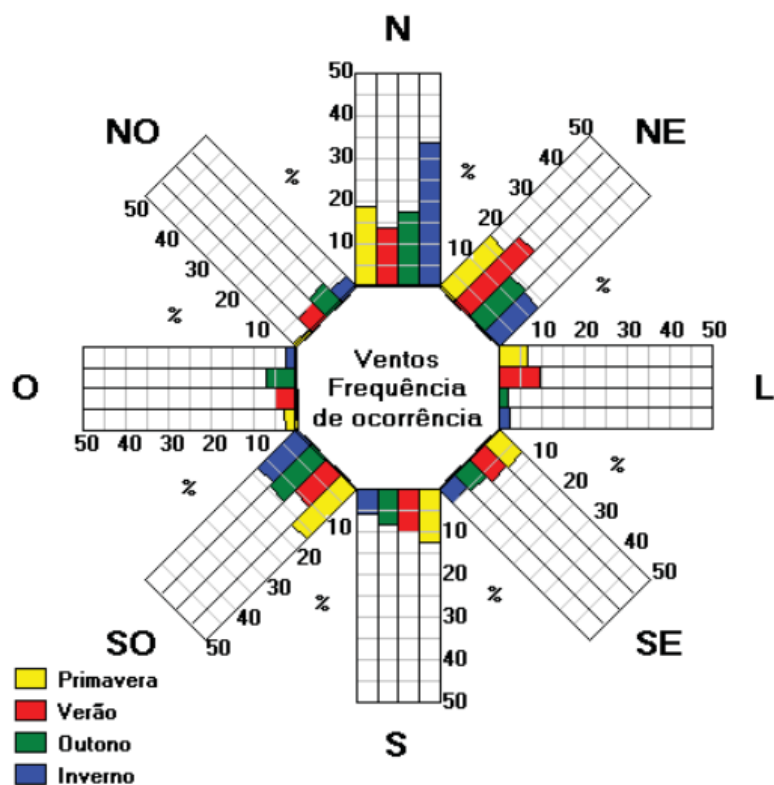
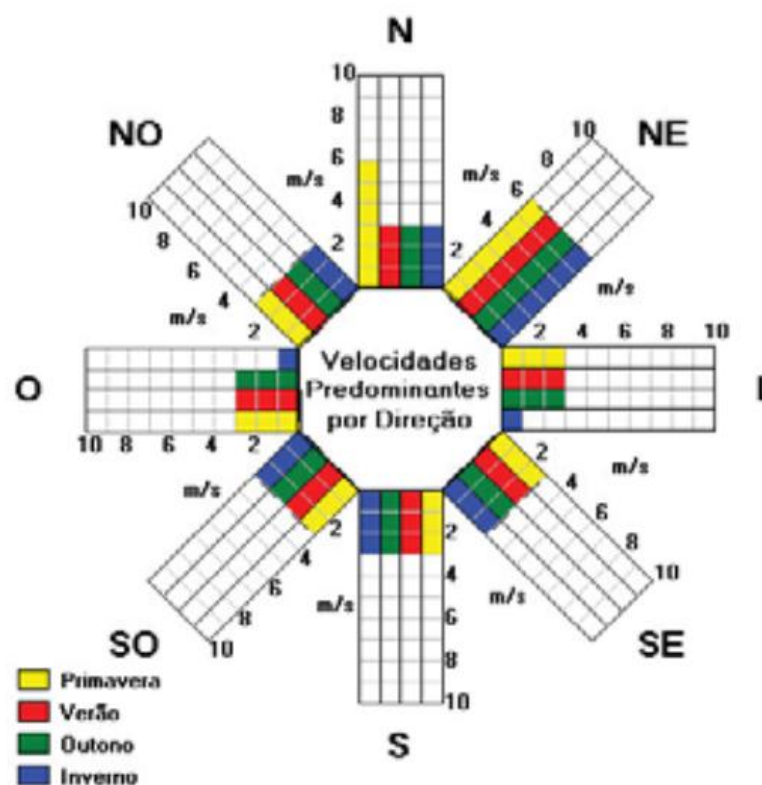


Figura 3-12: Rosa-dos-ventos, extr



traída do programa *Analysis SOL-AR*

VENTILAÇÃO NATURAL



Tabela 6-2: Ventos ausentes por estação [%]

| | PRIMAVERA | VERÃO | OUTONO | INVERNO |
|-----------|-----------|-------|--------|---------|
| Madrugada | 28,7 | 28,8 | 38,7 | 33,3 |
| Manhã | 18,9 | 19,3 | 31,2 | 24,6 |
| Tarde | 5,7 | 4,7 | 6,3 | 8,6 |
| Noite | 18,0 | 21,2 | 30,1 | 26,0 |

VELTILAÇÃO NATURAL

Correção da velocidade do vento

- ▶ As estações que medem o vento estão a 10m de altura.

- ▶ V – velocidade do vento na abertura
- ▶ V_m – velocidade media medida na estação
- ▶ k e a – rugosidade conforme o terreno
- ▶ Z – altura da abertura

$$\frac{V}{V_m} = k \times z^a$$

| <i>Localização da Edificação</i> | <i>k</i> | <i>a</i> |
|----------------------------------|----------|----------|
| campo aberto plano | 0,68 | 0,17 |
| campo com algumas barreiras | 0,52 | 0,20 |
| ambiente urbano | 0,35 | 0,25 |
| centro da cidade | 0,21 | 0,33 |



Passo Fundo - RS
terça-feira, 14:00
Nublado

 31 °C | °F

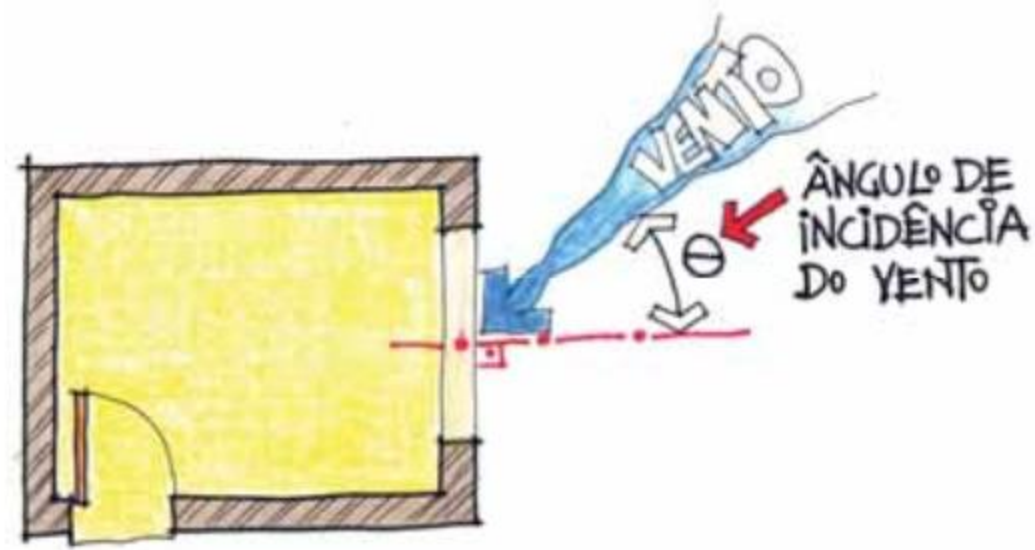
Chuva: 0%
Umidade: 51%
Vento: 18 km/h

Temperatura Chuva Vento

VELTILAÇÃO NATURAL

Coeficiente de pressão do vento

- ▶ Além do acerto da velocidade do vento, temos que concertar também a inclinação de incidência do vento.

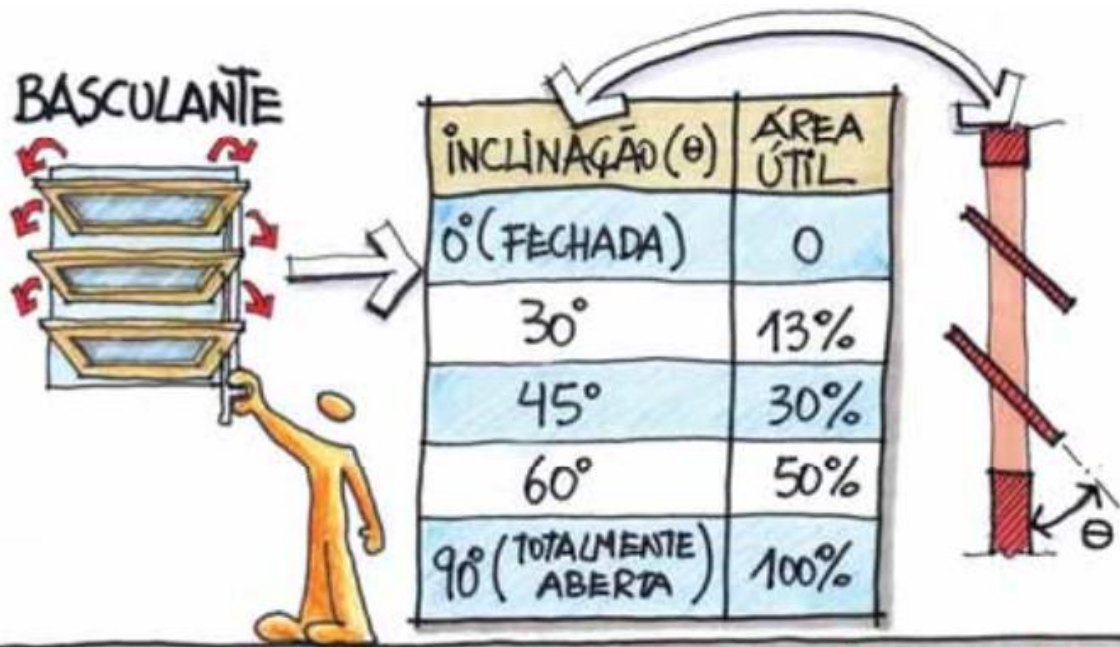


| Ângulo de Incidência (θ) | Diferença entre os coeficientes de pressão do vento (ΔC_{PL}) |
|-----------------------------------|---|
| $0 \leq \theta \leq 30^\circ$ | 1,2 |
| $30^\circ < \theta \leq 90^\circ$ | $0,1 + 0,0183 \cdot (90 - \theta)$ |

| Distância entre casas | Coefficientes de pressão do vento (ΔC_P) |
|-----------------------|--|
| uma casa | $0,3 \cdot \Delta C_{PL}$ |
| duas casas | $0,6 \cdot \Delta C_{PL}$ |

VENTILAÇÃO NATURAL

Área útil da abertura



VELTILAÇÃO NATURAL

Fluxo de ar

Quando tem entrada e saída.

$$Q = 0,6 \cdot A_J \cdot V \cdot \sqrt{\Delta C_p}$$

► Onde:

- Q = fluxo de ar com ventilação cruzada (m^3/s)
- A_J = área equivalente de abertura (m^2)
- V = velocidade média do vento na esquadria (m/s)
- ΔC_{pi} = coeficiente de pressão

$$\frac{1}{A_J^2} = \frac{1}{(\sum A_{ENTRADA})^2} + \frac{1}{(\sum A_{SAIDA})^2}$$

Quando só tem uma janela, e aberta logico...

$$Q = 0,025 \cdot A \cdot V$$

► Onde:

- Q = fluxo de ar com ventilação (m^3/s)
- A = área equivalente de abertura (m^2), reduzir se for veneziana ou tela.
- V = velocidade média do vento na esquadria (m/s)

VELTILAÇÃO NATURAL

Redução do fluxo de ar

- ▶ Caso tenha uma tela mosquiteiro.

| <i>Tipo de Tela</i> | <i>ventilação cruzada</i> | <i>ventilação unilateral</i> |
|---------------------|---------------------------|------------------------------|
| algodão | $Q_M = 0,30 Q$ | $Q_M = 0,30 Q$ |
| nylon | $Q_M = 0,65 Q$ | $Q_M = 0,65 Q$ |

SOLUÇÕES DE PROJETO

- ▶ Pesquisem 1 solução de arquitetura vernacular ou estratégicas bioclimáticas
 - ▶ Ventilação Natural
 - ▶ Sistemas de Aberturas Controladas p/ Ventilação Seletiva
 - ▶ Sistemas de Aberturas Controladas
 - ▶ Brises fixos
 - ▶ Brises Móvel
 - ▶ Toldos
 - ▶ Pequena Marquise Fixa
 - ▶ Sombreamento p/ Evitar Aquecimento das Paredes e Interior
 - ▶ Resfriamento Evaporativo e Umidificação (Clima Seco)
 - ▶ Umidificação
- ▶ Uso de Massa Térmica para Aquecimento e Resfriamento
- ▶ Aquecimento Solar com Ganho Direto
- ▶ Aquecimento Solar com Ganho Indireto
- ▶ Ar Condicionado
- ▶ Aquecimento Artificial