



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
FACULDADE DE ARQUITETURA**

**ESPECIALIZAÇÃO DE ARQUITETURA EM SISTEMAS DE
SAÚDE**

JOSÉ COUTINHO DO CARMO FILHO

**CONFORTO TÉRMICO EM ESTABELECIMENTO
ASSISTENCIAIS DE SAÚDE (EAS)**

**SALVADOR-BAHIA
2008**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
FACULDADE DE ARQUITETURA**

**ESPECIALIZAÇÃO DE ARQUITETURA EM SISTEMAS DE
SAÚDE**

JOSÉ COUTINHO DO CARMO FILHO

**CONFORTO TÉRMICO EM ESTABELECIMENTO
ASSISTENCIAIS DE SAÚDE (EAS)**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização da Faculdade de Arquitetura da Universidade Federal da Bahia, como requisito para a obtenção do Título de Especialista em Arquitetura em Sistemas de Saúde.

Orientadora: Márcia Rebouças (Mestre, UFRS, 1996)

**SALVADOR-BAHIA
2007**

Dados Internacionais de Catalogação – na – Publicação (CIP)

0.00 Carmo Filho, José Coutinho do

0.00 Conforto Térmico em Estabelecimentos Assistenciais de Saúde - Belém – PA / José Coutinho do Carmo Filho. Salvador: UFBA / Faculdade de Arquitetura – 2008.

57 f. il.: 30cm

Monografia (Especialização) – Programa de Pós-graduação em Arquitetura. Universidade Federal da Bahia. Faculdade de Arquitetura, 2008.

1. Arquitetura e Clima
2. Arquitetura de Hospitais - Clima

I. Título. II Universidade Federal da Bahia. Faculdade de Arquitetura. III Monografia

CDD: 20.ed.720.472

JOSÉ COUTINHO DO CARMO FILHO

**CONFORTO TÉRMICO EM ESTABELECIMENTO
ASSISTENCIAIS DE SAÚDE (EAS)**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO
submetida em satisfação parcial dos requisitos ao grau de

ESPECIALISTA EM ARQUITETURA DE SISTEMAS DE SAÚDE

à
Câmara de Ensino de Pós-Graduação e Pesquisa
da
Universidade Federal da Bahia

Aprovado:

Comissão Examinadora

.....
.....
.....

Data da Aprovação:/...../..... Conceito:

SALVADOR-BAHIA
2008

AGRADECIMENTOS

A DEUS, pela minha pela minha persistência, aos familiares toleraram a ausências com apoio incondicional à minha orientadora, Márcia Rebouças, pela paciência que disponibilizou para construção deste trabalho, ao professor Dr. Antonio Pedro de Carvalho e aos professores pelo trabalho sem par realizado em prol da Arquitetura e Engenharia Hospitalar no Brasil e que contribuíram grandemente para elaboração desta pesquisa e para a obtenção do grau de especialista, aos amigos e companheiros do ARQSAÚDE-2007, que em momentos difíceis me incentivaram com confortáveis e motivadoras palavras e ações, a Neila, por seu carinho e dedicação com todos os alunos do Curso e, em especial, ao Nuno pelo suporte acolhedor em Salvador.

RESUMO

Com o levantamento de informações e dados coletados em livros, internet e entrevistas com arquitetos da cidade, bases de fundamentação para este trabalho, definiram-se quais aspectos arquitetônicos são necessários ao conforto térmico em Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (EAS), situados em regiões de clima tropical úmido, caso particular da cidade de Belém (Estado do Pará).

Palavras Chave: Belém, Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (EAS), Conforto Térmico, Aspectos Arquitetônicos.

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE GRÁFICO

LISTA DE FIGURAS

1. INTRODUÇÃO

2. CLIMATOLOGIA

2.1 Definições e conceitos

2.2 A climatologia e a arquitetura

2.3 O conforto térmico

2.3.1 Classificação de índices de conforto

2.4 Classificação climática

2.5 Classificação climática de Köppen-Geiger

2.6 O clima tropical úmido - características

2.7 O clima no Brasil

2.7.1 Divisão climática e territorial

2.7.2 Carta bioclimática do Brasil

2.8 Classificação climática do Pará pelo método de Köppen

3. A CIDADE DE BELÉM

3.1 características físico-ambientais de Belém

3.1.1 Clima

3.1.2 Carta bioclimática de Belém

3.1.3 Carta solar de Belém

3.1.4 Precipitação pluviométrica na cidade de Belém

3.1.5 Rosa dos ventos da cidade de Belém

3.1.6 Hidrografia

3.1.7 Vegetação

4. FATORES E ELEMENTOS CLIMÁTICOS

4.1 Radiação solar

4.2 Superfície do solo

4.3 Topografia

4.4 Vegetação

4.5 Precipitação

4.6 Movimento do ar

4.7 Fatores e elementos climáticos a serem controlados

4.5 Os princípios da física

5. PAISAGEM

6. PROCEDIMENTOS BÁSICOS

6.1 O envolver

6.1.1 Cobertura

6.1.2 Paredes

6.1.2 Pisos elevados do solo

6.2 Aberturas

6.2.1 Janelas

6.1.2 Portas

7. ASPECTOS ARQUITETÔNICOS A CONSIDERAR

7.1 A orientação e a forma do prédio

7.2 Dispositivos para aproveitamento dos ventos

7.3 Pavimentação

8. REQUISITOS A CONSIDERAR EM PROJETOS DE EAS EM REGIÕES DE CLIMA TROPICAL ÚMIDO

9. A RDC 50 E AS CONDIÇÕES DE CONFORTO AMBIENTAL

9.1 Conforto higrotérmico e a qualidade do ar

9.2 Conforto acústico

9.3 Conforto luminoso a partir da fonte natural

9.4 Ar condicionado

10. CONCLUSÃO

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Classificação Climática de Köppen-Geiger	
--	--

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01 – Índices Pluviométrico de Belém	
---	--

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Mapa Climático do Brasil	
Figura 02 – Carta Bioclimática do Brasil	
Figura 03 – Carta Bioclimática de Belém	
Figura 04 – Carta solar de Belém	
Figura 05 – Rosa dos ventos para Belém	
Figura 06 – Inclinação do sol – Norte/Sul	
Figura 07 - Inclinação do sol – Leste/Oeste	
Figura 08 - Inclinação do sol – Norte/Sul	
Figura 09 – Beiral ventilado	
Figura 10 – Parede dupla com isolamento térmico	
Figura 11 - Aplicação de brises	
Figura 12 – Piso elevado ventilado	
Figura 13 – Proposta de ventilação cruzada	

1. INTRODUÇÃO

Como componente da natureza, o homem, para atender suas diversas necessidades, nela interfere. Dentre os diversos tipos de interferências, destacam-se a criação de espaços para morar, trabalhar, divertir-se, tratar da saúde, aprisionar, etc. Não só nesses espaços, mas como em todos os ambientes em que o homem está presente, o clima e a paisagem são fatores preponderantes para questões de conforto, alimentação, atividades laborais, lazer, moradia, natureza, etc.

Com as mudanças climáticas no planeta, a questão ambiental está no foco das discussões da sociedade mundial. A conservação da natureza e a preocupação com a utilização racional dos recursos naturais fazem com que tenhamos que projetar edifícios focados também nesta vertente, ou seja, projetos que minimizem o consumo energético e de materiais que não agridam a natureza. O projeto de edifícios, considerando os fatores naturais (clima e paisagem) e técnico-construtivas (forma da edificação e orientação, cobertura, paredes, materiais, aberturas, etc), proporciona conforto, além de economia de materiais e energia.

Nas edificações situadas em regiões de clima tropical úmido, os elementos e fatores climáticos: temperatura do ar, radiação solar, precipitação pluviométrica, ventilação e umidade, solo, vegetação, topografia, etc desempenham papel importantíssimo na concepção de espaços para as diversas atividades desenvolvidas pelo homem. E dentre as concepções de conforto (térmico, luminoso, sonoro, visual, etc), as condições de conforto térmico nas edificações merece destaque. As condições de conforto térmico implicam necessariamente na definição de índices em que o ser humano sinta confortabilidade em decorrência de condições térmicas agradáveis ao corpo.

A construção de edificações com características adequadas ao clima, paisagem e ao tipo de ocupação (atividade) é de fundamental importância para a obtenção de ambientes que atendam as expectativas humanas quanto ao conforto térmico, tendo também como objetivo a racionalização da energia com sistemas de iluminação, ventilação, refrigeração e desumidificação.

O trabalho foi desenvolvido através de pesquisa bibliográfica (livros), internet e entrevistas com os arquitetos José Freire e Alberto Rubim, expoentes maiores nos projetos hospitalares em Belém. Levantou os aspectos arquitetônicos necessários para proporcionar conforto térmico em Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (EAS), situados em regiões de clima tropical úmido, no caso particular, a cidade de Belém (Pará), considerando que as influências climáticas atuam mais precisamente na parte externa da edificação, e que a parte interna sofre os reflexos desta atuação externa. Contudo não esqueceu de relacionar os requisitos propostos pelas normas, em especial a RDC 50 (Resolução de Diretoria Colegiada da ANVISA), que classifica os ambientes pelas atividades desenvolvidas que abrigam e a abordagem do controle das condições de conforto ambiental (higrotérmico, qualidade do ar, acústico e luminoso).

O trabalho mostra que, com o conhecimento sobre os elementos e fatores climáticos e as tecnologias construtivas, podemos produzir edifícios com ambientes termicamente confortáveis. Isto não quer dizer que se descartará o uso de aparelhos eletromecânicos, mas que, na região, podemos retirar o maior aproveitamento da relação climas natural e clima artificial.

O conhecimento dos aspectos arquitetônicos que devem ser aplicados na concepção de projetos de Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (EAS), levando-se em consideração o conforto térmico, mesmo existindo estudos na área, é significativo

pela complexidade ou peculiaridade de um edifício assistencial de saúde, principalmente em relação à biossegurança.

Do que foi dito acima, os exemplos mais significativos são os projetos do Arquiteto João Filgueiras, que, dependendo do clima ou microclima, cria condições para produzir conforto nos ambientes. Há projetos seus que o uso de equipamentos de condicionamento de ar foi usado em 100% do edifício devido à adversidade dos elementos e fatores climáticos, como ocorre com o Hospital de Rede Sarah em Recife. Mas também há hospitais que utilizam dessa tecnologia somente em ambientes em que as normas preconizam, como é o caso do Hospital de Rede Sarah de Salvador e Fortaleza, Natal, etc. e há também casos onde existe a alternância ou reversibilidade do uso de equipamentos de climatização, dependendo das mudanças climáticas, como é o caso do Hospital de Rede Sarah do rio de Janeiro.

Márcia Freire, (CARVALHO, 2002) ilustra bem quando diz que: a cada projeto, há uma adaptação às características climáticas e microclimáticas do sítio onde está inserido, levando, principalmente, em consideração o seu potencial de ventilação e o percurso do sol, de acordo com a latitude do lugar.

Diante disso, afirmar que em regiões de clima severo (quente e úmido) só é possível conforto térmico com o uso de equipamentos de climatização é desconhecimento de causa, e falta de se aprofundar no assunto e projetar sem responsabilidade.

2. CLIMATOLOGIA

Definições e conceitos

Climatologia (s.f) é a Ciência que descreve os climas, que os explica e os classifica por zonas. Tratado ou descrição das influências exercidas pelas condições climáticas sobre os seres vivos. <http://www.kinghost.com.br/>

Se a Climatologia é aplicada com seres vivos, e denominada bioclimatologia, podendo ser humana, animal ou vegetal.

Defini-se a Bioclimatologia como um campo científico interdisciplinar que tem como objeto de estudo as interações entre a biosfera e a atmosfera terrestre, tendo como escala temporal as estações do ano ou intervalos de tempo superiores. (<http://pt.wikipedia.org/wiki/Bioclimatologia>).

A Climatologia esclareceu dois conceitos: Fatores climáticos e elementos climáticos. Fatores climáticos são parâmetros fixos que dão origem ou determinam as variações nos elementos climáticos. Elementos climáticos ou meteorológicos são os parâmetros mensuráveis, cujas variações definem o clima.

Na climatologia, três questões delimitam seu estudo:

- 1 – A escala espacial;
- 2 - A escala territorial;
- 3 - A escala locacional.

Baseado no exposto acima, foi hierarquizada em fatores climáticos globais e locais; e elementos climáticos. São exemplos de fatores climáticos globais a radiação solar, a latitude, a altitude, os ventos e a massa de água e terra; de fatores climáticos locais a topografia, vegetação e a superfície do solo; de elementos climáticos a temperatura, a umidade do ar, a precipitação e o movimento do ar.

A climatologia e a arquitetura

A climatologia aplicada à arquitetura teve como pioneiros J. M. Fitch (1940) com a publicação “American Buildings: The environment forces that shape it”, V. Olgyay e A. Olgyay (1963) com a publicação “Design with climate: bioclimatic approach to architectural regionalism” e B. Givoni (1969) com a publicação “Man, Climate, and Architecture”.

A arquitetura bioclimática, também definiu alguns conceitos, conforme descrito abaixo: (IZARD e GUYOT; MASCARÓ, BARDOU e ARZOUMANIAN, *apud BOGO, 1994;8*)

1 – Ativo: Princípio da captação de energia, armazenamento ou distribuição que para seu funcionamento absorve energia externa, com aplicação de alta tecnologia;

2 – Passivo: Princípio da captação de energia, armazenamento ou distribuição que não necessita para seu funcionamento de energia externa, com aplicação de técnica simples;

3 – Solarizada: “Arquitetura cuja concepção não deve às tendências solares e que seus componentes passivos só foram superpostos à envoltória sem que sua forma tenha qualquer caráter específico”

4 – Solar: Arquitetura composta em seu invólucro por elementos utilizadores da energia solar;

5 – Tecnologismo: “Tendência de integrar à arquitetura um conjunto de técnicas de helioengenharia, destinadas a satisfazer as necessidades de condicionamento de interiores, independente da reação da própria arquitetura”;

6 – Bioclimatismo: “Princípio de concepção em arquitetura que pretende utilizar, por meio da própria arquitetura, os elementos favoráveis do clima com o objetivo de satisfazer as exigências de bem estar higrotérmico”.

Baseados nos conceitos anteriores, são listados abaixo três movimentos de intervenção arquitetônica.

1 – Arquitetura autônoma ou arquitetura de energia zero: Concepção arquitetônica com total autonomia energética;

2 – Arquitetura solarizada: Usa sistemas de captação energética, baseados em helioengenharia, sem auxílio dos elementos da própria arquitetura, chamada erroneamente de “arquitetura solar”;

3 – Arquitetura bioclimática: concepção arquitetônica que utiliza tecnologia com base na aplicação de elementos arquitetônicos, com fins de propiciar ambientes com alto grau de conforto higrotérmico e baixo consumo de energia.

Na arquitetura bioclimática, é o próprio ambiente construído que atua como mecanismo de controle das variáveis do meio, através de sua envoltura (paredes, pisos, coberturas), seu entorno (água, vegetação, sombras, terras) e, ainda, através do aproveitamento dos elementos e fatores do clima para o melhor controle do vento e do sol.

O conforto térmico

Para ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating Air-Conditioning Engineers), conforto térmico é definido como: “Um estado de espírito que reflete a satisfação com o meio ambiente térmico que envolve a pessoa”.

Como as condições de conforto térmico são função de uma série de variáveis climáticas, atividades desenvolvidas e vestimentas, podendo ainda considerar sexo, idade, raça, hábitos alimentares, etc pesquisadores desenvolveram índices de conforto térmico. Estes índices tentam englobar o efeito dessas variáveis em um parâmetro, geralmente fixando uma atividade e uma vestimenta.

Classificação de índices de conforto

A primeira classificação é: (FROTA, 1988:17)

1 – Índices biofísicos: “... baseiam na trocas de calor entre o corpo e o ambiente, correlacionando elementos do conforto com as trocas de calor que dão origem a esses elementos”;

2 – Índices fisiológicos: “... baseiam nas relações fisiológicas originadas por condições conhecidas de temperatura seca do ar, temperatura radiante média, umidade do ar e velocidade do ar”;

3 – Índices subjetivos: “... baseiam nas sensações subjetivas de conforto experimentadas em condições em que os elementos de conforto térmico variam”.

A segunda classificação é: (VILLAS BOAS, *apud* BOGO, 1994:17)

1 – Índices meteorológicos: “... são expressos em termos de elementos do clima, neste caso, todas as variáveis do modelo se referem às características dos elementos do clima e tempo...”;

2 – Índices fisiológicos: “... entrando no modelo as respostas fisiológicas...”.

A terceira classificação é: (SCARAZZATTO BOAS, *apud* BOGO, 1994:17)

1 – Índices termométricos ou fisiológicos: “... medem o desgaste físico ou o esforço que o indivíduo emprega sob certas condições de trabalho...”;

2 – Índices subjetivos: “... tentam prever sob que condições de elementos do clima pode uma pessoa sentir-se confortável”;

3 – Índices psico-fisiológicos: “... embora subjetivos, desenvolve-se a partir de dados fisiológicos mensuráveis”.

Com base nos índices, são montadas zonas de conforto térmico em gráficos (monogramas e/ou diagramas), que limitam parâmetros físicos e definem o domínio onde se estabelecem as zonas de conforto. As cartas bioclimáticas são o resultado das informações baseadas na zona de conforto térmico e elementos de previsão do comportamento térmico das edificações. Nestas cartas, estão contidas três informações:

- 1 – O comportamento climático;
- 2 – Estratégias para a correção desse comportamento climático por meio do desempenho da edificação;
- 3 – Zona de conforto térmico.

Há diversos índices de conforto. Atualmente, os mais usados são: Carta bioclimática de Olgyay (1963), Zona de conforto da ASHRAE, Zona de conforto Szokolay (1987), Carta bioclimática de Watson e Labs (1983), Carta bioclimática para edifícios de Givoni (1969), Carta atualizada de Givoni (1992) para países em desenvolvimento.

(BOGO, 1994;75) propõe adotar a carta bioclimática para edifícios de Givoni (Givoni, 1992) por apresentar as melhores condições para o Brasil, considerando que:

- 1 – Givoni desenvolveu trabalhos para países quentes e em desenvolvimento;*
- 2 – O estudo baseou-se na aclimação das pessoas a climas quentes e úmidos, confirmados em experimentos realizados na Tailândia;*
- 3 – Sua metodologia adota limites maiores para a velocidade do ar para temperaturas mais elevadas, mais próximas da realidade brasileira;*
- 4 – Considerou a possibilidade de refrigeração do espaço interno, se necessário, com menos consumo de energia.*

Classificação climática

A classificação climática é um conjunto de parâmetros que expressa condições médias da atmosfera terrestre. Embora haja variações diárias, mensais e sazonais, são representadas por faixas climáticas que mantêm uma certa uniformidade, dentro de um padrão médio de oscilação. Estas condições geralmente são afetadas por microclimas locais, visto que seus parâmetros são macros.

Classificação climática de Köppen-Geiger

Classificação climática de Köppen-Geiger										
		<u>Temperatura do ar</u>			<u>Precipitação</u>					
		T	F	M	S	W	f	m	w	s
A	<u>Tropical</u>	-	-	-	-	-	<u>Equatorial</u> <i>Af</i>	<u>Monções</u> <i>Am</i>	<u>Savana, chuva de Verão</u> <i>Aw</i>	<u>Savana, chuva de Inverno</u> <i>As</i>
B	<u>Árido</u>	-	-	-	<u>Estepário</u> <i>BS</i>	<u>Desértico</u> <i>BW</i>	-	-	-	-
C	<u>Temperado</u>	-	-	-	-	-	<u>Subtropical</u> <i>Cfa,</i> <u>Oceânico</u> <i>Cfb</i>	-	<u>Pampeano</u> <i>Cwa,</i> <i>Cwb</i>	<u>Mediterrânico</u> <i>Csa, Csb</i>

Quadro 1-Classificação climática de Köppen-Geiger

Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Classifica>

O clima tropical úmido - características

As características do clima tropical úmido são as seguintes:

- 1 – Pequenas variações de temperatura durante o dia, amplitude das variações diurnas fracas, dias quentes e úmidos e noites com umidade excessiva;
- 2 – Duas estações não muito definidas: verão e inverno, com pequena variação de temperatura entre elas.
- 3 – Radiação difusa muito intensa devido ao vapor d'água contido nas nuvens;
- 4 – Alta umidade relativa do ar;
- 5 – Localização entre os trópicos de Câncer ($23^{\circ} 27' N$) e capricórnio ($23^{\circ} 27' S$);
- 6 – Ventos fracos com direção dominante sudeste.

O clima no Brasil

Divisão climática e territorial

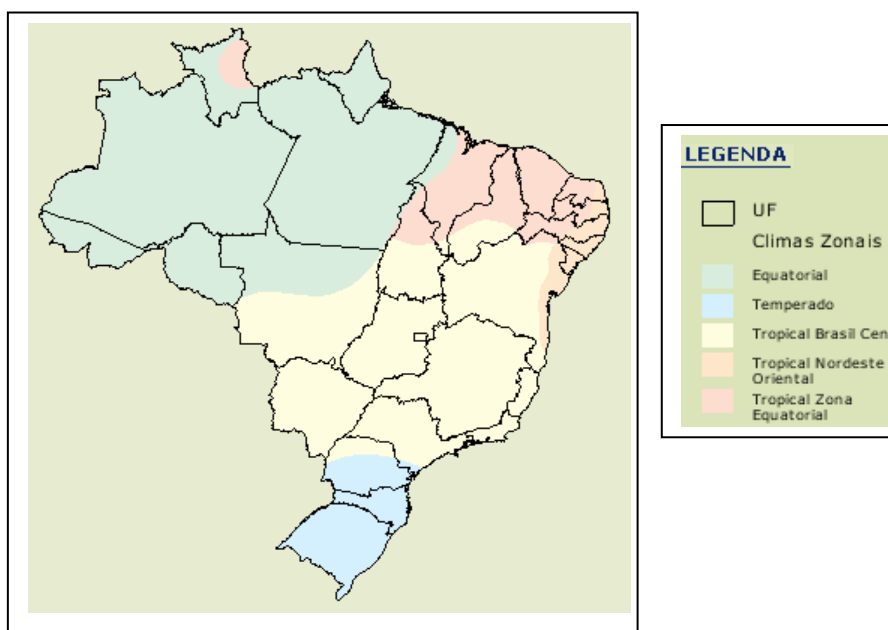


Fig.1 – Mapa climático do Brasil

Fonte: [Hwww.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)H, acesso

Carta bioclimática do Brasil

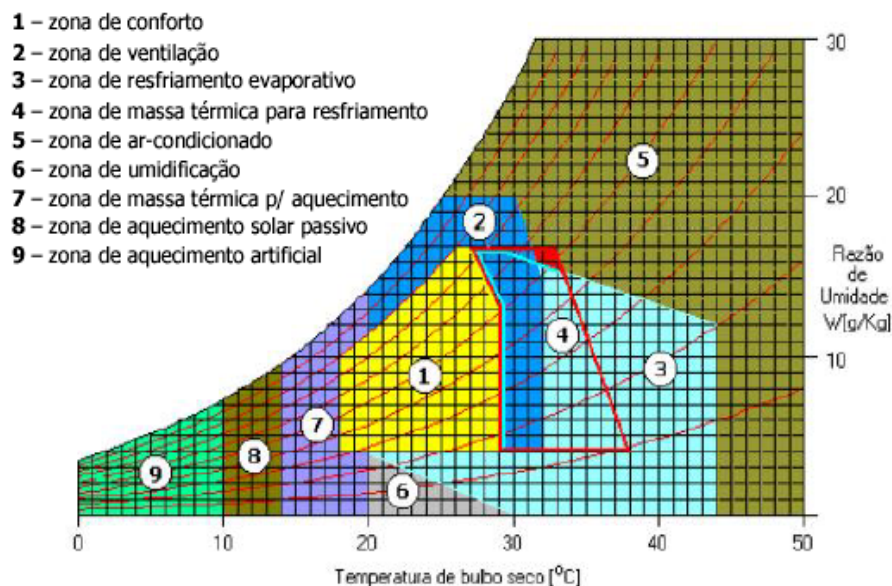


Fig. 02 – Carta Bioclimática de Givoni para o Brasil

Classificação climática do Pará pelo método de Köppen

Nesta classificação, foram identificadas os três sub-tipos climáticos para o Estado do Pará: "Af", "Am", "Aw", pertencentes ao clima tropical chuvoso, que se caracterizam por apenas apresentar temperaturas médias mensais sempre superior a 18°C e se diferenciam pela quantidade de precipitação pluviométrica média mensal e anual.

1 - SUBTIPO CLIMÁTICO "Af" – Este subtipo não apresenta estação seca e a precipitação do mês menos chuvoso é igual ou superior a 60 mm. De acordo com a variação da precipitação pluviométrica média anual, apresenta as seguintes divisões climáticas:

Af₁ - Representa a faixa de maior precipitação pluviométrica do Estado do Pará, com uma média anual superior a 3000 mm. Ocorrer em duas áreas, sendo uma à noroeste da Ilha do Marajó e a outra na região de Santa Izabel do Pará, as quais abrangem aproximadamente 4.485 km² ou 0.4 % do Estado.

Af₂ - Apresenta precipitação pluviométrica média anual, variando entre 2.500mm e 3000mm. As áreas sob a influência deste subtipo localizando-se, basicamente, a nordeste e a oeste do Estado, ficando uma pequena a oeste da Ilha do Marajó. Essas Áreas totalizam 34.441 km², correspondendo a 2.7 % do Pará.

Af₃ - Este subtipo apresenta precipitação pluviométrica média anual, variando entre 2000 mm e 2500 mm. Está representado por três áreas, sendo uma em São Domingos do Capim a outra em Breves, e a última em forma de arco localizada a oeste do Estado do Pará, no limite com Estado do Amazonas. A superfície abrangida por esse subtipo é de 14.804 km² ou 1.2 % do Território Paraense.

2 - SUBTIPO CLIMÁTICO " Am" - Apresenta característica de clima de monção, com moderada estação seca e ocorrência de precipitação média mensal inferior a 60 mm. É considerado um clima intermediário entre "Af" e o " Aw". No Estado do Pará este subtipos subdivide-se em:

Am₁ - Este sub- tipo é caracterizado por apresentar precipitação pluviométrica média anual superior a 3000 mm. Ocorre em três áreas; uma na parte norte, nordeste da Ilha do Marajó, outra na região de Soure e a última no litoral de onde se prolonga até Santa Izabel do Pará. Essas áreas somam 7.530 km² e corresponde a 0.6 % do Estado.

Am₂ - Representa condições climáticas, onde a precipitação pluviométrica média anual variando entre 2500 mm e 3000 mm. Ocorre basicamente, na faixa litorânea paraense, com penetração para o continente. Também verifica-se a ocorrência de uma pequena área, localizada nas mediações da confluência dos rios Tapajós e Juruena. Essas áreas correspondem a 66.399 km² ou 5.3 % do Estado do Pará.

Am3 – Este subtipo climático, acha-se caracterizado por uma faixa, onde a precipitação pluviométrica média anual varia de 2000 mm à 2500 mm. Está representado por duas áreas que totalizam 492.720 km² ou 39.5%, sendo a maior área de abrangência no Estado. Elas estão assim localizadas: uma na parte sul – sudeste do Pará que se prolonga por quase toda a área limítrofe com os Estados do Amazonas e Roraima, além das Guianas, enquanto que a outra encontra-se mais ou menos centrada na parte norte, com ramificação mais pronunciada nas direções nordeste e noroeste, onde chegam a fazer limites com os Estados do Maranhão e Amapá, respectivamente.

Am4 – É o subtipo climático caracterizado por apresentar precipitação pluviométrica média anual variando entre 1500 mm e 2000 mm. Está representando por uma faixa irregular, que ocorre predominantemente na direção noroeste – sudoeste do Estado. Em termos de extensão é a segundo maior área correspondendo a 331.415 km² ou 26.6 %.

3 - SUBTIPO CLIMÁTICO "Aw" – Caracteriza-se por apresentar inverno seco bem definido e ocorrência de precipitação média mensal inferior a 60 mm. Apresenta-se no Estado em três divisões.

Aw3 – Este subtipo climático está condicionado a valores de precipitação pluviométrica média anual, que variam de 2000 mm a 2500 mm. Está representado por uma única área que se acha localizada no extremo Sul do Pará, limite com o Estado do Mato Grosso. Quanto a sua superfície, abrange 105.328 km² ou 8.4 % do território Paraense.

Aw4 – É o subtipo climático caracterizado por apresentar precipitação pluviométrica média anual variando entre 1500 mm a 2000 mm. São encontradas quatro áreas com essas características. Destas, três são de pequena extensão e se acham localizadas uma na Ilha do Marajó (Ponta de Pedra); outra no médio Amazonas (Abrangendo Monte Alegre, Prainha, Cercanias); e a terceira na parte central do Estado. A quantidade de área de maior extensão é representada por uma faixa que abrange a parte leste e sudeste do Pará, fazendo limite com os Estados do Maranhão e Tocantins.

Elas somam 170.391 km², o que corresponde a 13.7 % da superfície estadual.

Aw5 – Neste subtipo climático, ocorre o menor índice Pluviométrico médio anual do Estado, compreendendo valores que estão entre 1000 mm a 1500 mm. Acha-se representado por duas pequenas áreas, estando uma localizada no município de Alenquer e suas cercanias, enquanto que a outra, situa-se na fronteira do Pará com o Estado do Tocantins, nas mediações do Bico do Papagaio. Estas áreas totalizam 20.529 km² correspondendo a 1.6 % do Estado do Pará.

3. A CIDADE DE BELÉM

Nascida das expedições da Coroa Portuguesa na foz do rio Amazonas, Belém foi fundada a 12 de janeiro de 1616.

O Censo 2000 informa que a população é de aproximadamente 1.281.279 habitantes, dos quais 54.052 pessoas habitam as 55 ilhas que constituem dois terços do território do município.

Criada por Lei Complementar Federal em 1973, alterada em 1995, a Região Metropolitana de Belém, com mais de 2.043.543 de habitantes (estimativa do IBGE - 2007), compreende os municípios de Ananindeua, Belém, Benevides, Marituba e Santa Bárbara do Pará.

Características físico-ambientais de Belém

Clima

Na classificação de Köppen, o clima de Belém pertence à categoria Af_i, sendo suas principais características:

- 1 - Altas temperaturas;
- 2 - Ventos com velocidade reduzida e constantes momentos de calmaria;
- 3 - Altos índices de umidade relativa do ar;
- 4 - Precipitações abundantes.

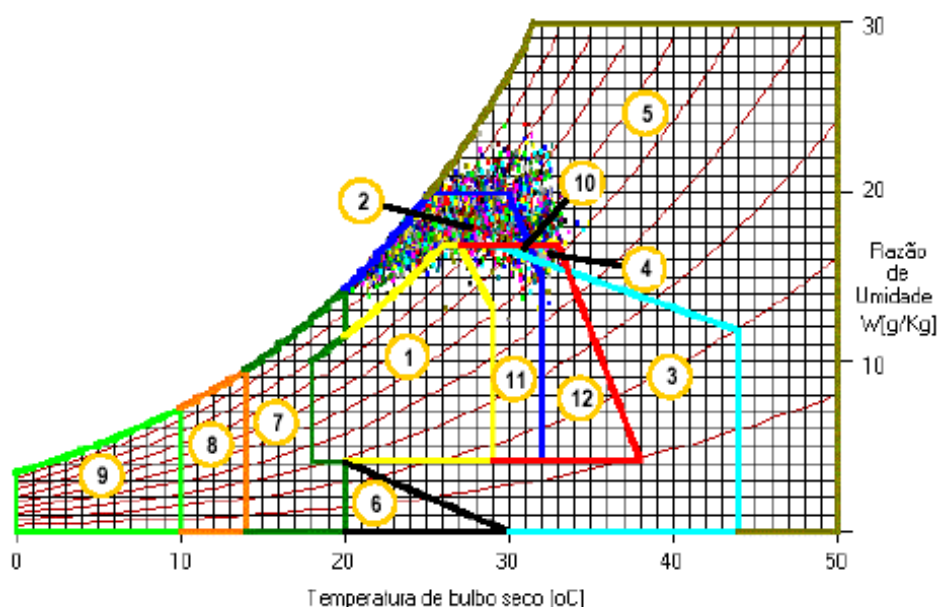
“Segundo os dados do Serviço de Meteorologia do Ministério da Agricultura (normas de 1931/1960), as maiores freqüências anuais dos ventos de Belém são nordeste (29%), norte (10%) e leste (9%). A freqüência nos demais é

insignificante, a velocidade média entre 2,6 e 2,9ms/ e a calmaria de 45% nos 12 meses” (Nascimento,1995, apud: Pró-Belém,1998).

As características de Belém são: o clima tropical úmido (quente e úmido), influência direta da floresta amazônica devido à sua localização geográfica (próximo à linha do equador e o mar), com chuvas constantes, pequena amplitude térmica e sem estações climáticas definidas. As temperaturas mais elevadas ocorrem de julho a novembro, a média é de 26; a máxima, de 38; a máxima média, de 31; a mínima, de 20 e mínima média de 21 garus. Considera-se “inverno” o período mais chuvoso, que vai de dezembro a maio. A cidade de Belém se encontra na latitude 01°23'.6 Sul e longitude 048°29'.5 Oeste, portanto muito próximo à linha do equador. Sua extensão territorial é 1.065,00 km². Nesta região, a irradiação solar global apresenta uma média anual de 5,05 kWh/m²/dia.

Carta bioclimática de Belém

Nesta carta, observa-se que o maior problema se encontra na área de ventilação.



1- Zona de conforto ; 2 – Ventilação; 3 – Resfriamento evaporativo; 4 – Massa térmica para resfriamento; 5 – Ar condicionado; 6 – Umidificação; 7 – Massa térmica e aquecimento solar passivo; 8 - Aquecimento solar passivo; 9 – Aquecimento artificial.

Fig. 03 – Carta Bioclimática com TRY de Belém

Carta solar de Belém

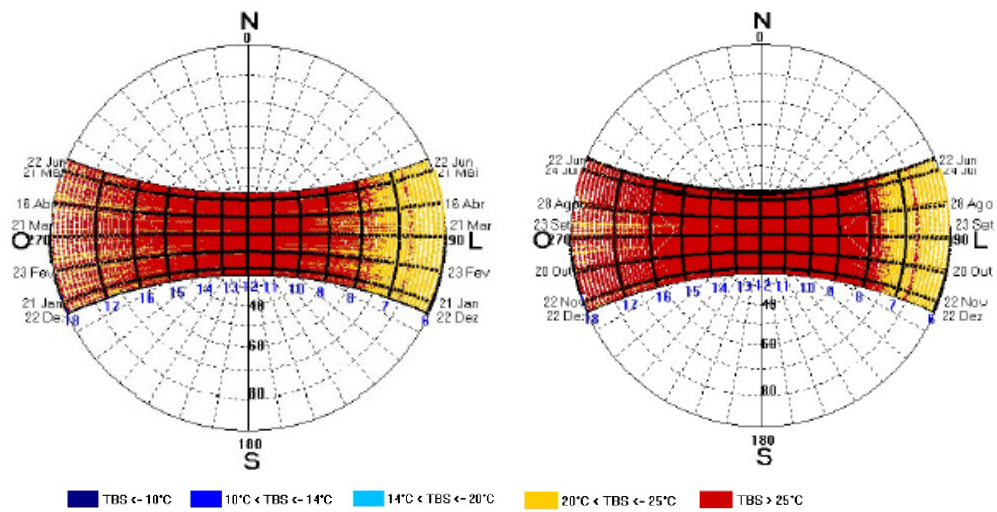
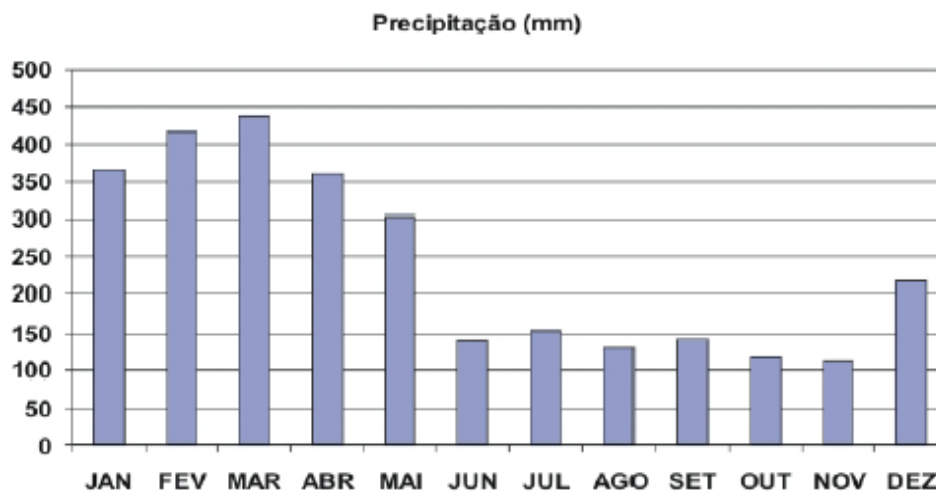


Fig. 04 - Carta solar para a cidade de Belém: (1) 22/dez a 21/jun, (2) 22/jun a 21/dez

Precipitação pluviométrica na cidade de Belém



Graf. 1 - Índices pluviométricos médios mensais para a cidade de Belém

Rosa dos ventos da cidade de Belém

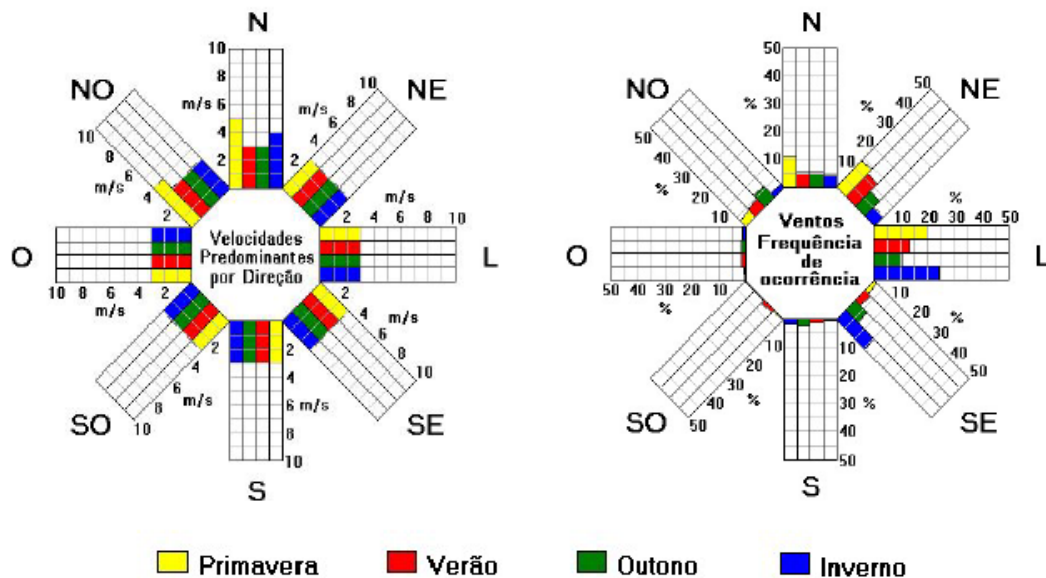


Fig. 05 – Rosa dos ventos - Belém

Hidrografia

Belém é cidade banhada pela baía do Guajará e pelo rio Guamá. A cidade é formada por uma parte continental, onde se encontra a cidade de Belém propriamente dita e uma região insular, separadas por pequenos rios, igarapés e canais de maré.

VEGETAÇÃO

Belém é formada por áreas altas (centro) e de baixadas (próximo a baía do Guajará, rio Guamá e igarapés. Nas áreas consideradas altas, a vegetação ainda existente é típica de terra firme e grande parte delas são públicas. As áreas de baixadas

se caracterizam por serem alagadas, solo extremamente orgânico e com pouquíssima resistência. Nesta área, densamente povoada, as características da vegetação, espessamente encontrada, são as encontradas na vegetação de várzea e matas de igapó.

4. FATORES E ELEMENTOS CLIMÁTICOS

O modo pelo qual o tempo se modifica habitualmente ao longo do ano caracteriza o clima do lugar. As condições de cada clima são determinadas pela interação de diversos elementos, que vão influir no ambiente. Conhecer e controlar seus efeitos propicia a obtenção de edifícios confortáveis.

Radiação solar

O Sol é a principal fonte de energia térmica e luminosa do planeta, cuja transmissão é por ondas eletromagnéticas. A quantidade de energia que chega a um ponto da terra sofre variação influenciada pelo movimento de rotação (giro da terra sobre seu próprio eixo, cuja duração é 24 horas), pelo movimento de translação (giro que a terra faz em torno do sol, cuja duração é um ano), pela latitude (ângulo formado de qualquer ponto da terra ao eixo imaginário do equador), pela altitude (altura de qualquer ponto em relação ao nível médio do mar) e pela reflexão pelas nuvens e componentes da atmosfera (oxigênio, nitrogênio, vapor d'água,)

No movimento de rotação, o eixo imaginário no sentido Norte/Sul não é vertical, ou seja, faz um ângulo de $23^{\circ}26'54''$ em relação ao eixo do sol. Esse movimento propicia a sucessão de dias e noites. Nas regiões próximas ao equador (baixa latitude), a duração dos dias e das noites são aproximadamente iguais.

No movimento de translação, o percurso feito em torno do sol não é circular, mas elíptico e excêntrico. Esse movimento propicia as estações do ano. Nas regiões tropicais úmidas, as estações do ano são marcadas por um período chuvoso, caracterizado por chuva intensas e diárias, céu encoberto por nuvens, grande umidade do ar e radiação difusa mais intensa; e por um período seco, caracterizado por chuvas espaciais, céu claro, umidade do ar reduzida e radiação direta mais intensa. O período chuvoso vai de janeiro a junho; o seco, de julho a dezembro.

Em relação à latitude, quanto menor for seu ângulo, ou seja, mais próximo do equador, maior será a energia solar recebida pela terra.

Conhecer o percurso do sol é fundamental para o controle da radiação solar sobre o edifício. A locação do edifício, criação de aberturas, artifícios para sombreamento, uso de materiais isolantes, disposição da relação comprimento x largura, etc. estão relacionados diretamente com o conhecimento do percurso do sol sobre o edifício.

A figura abaixo mostra que, no sentido norte / sul, o ângulo máximo para quem está no equador é um ângulo de 60° , portanto ideal para a colocação para a orientação de um edifício. Como veremos mais a frente, nas regiões de clima tropical úmido, a orientação em relação à ventilação prevalece sobre a orientação em relação ao sol. Para o sentido leste / oeste, o uso de materiais com isolamento térmico é o mais indicado, visto a amplitude de deslocamento do sol. No sentido norte / sul, a colocação de elementos arquitetônicos tipo marquises, varandas, jiraus, ect surte um bom efeito.

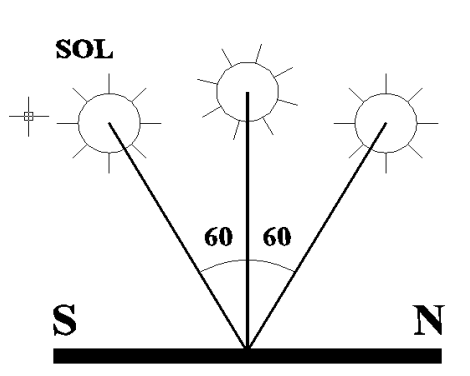


Fig. 06 – Inclinação do sol – norte/sul

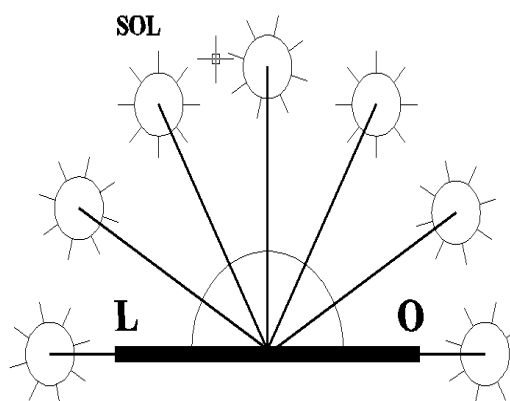


Fig. 07 – Inclinação do sol – leste/oeste

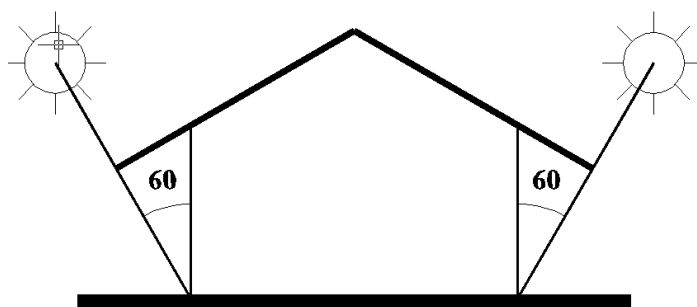


Fig. 00 – Inclinação do sol – norte/sul

Superfície do solo

Os materiais que cobrem a superfície do solo, dependendo de suas características, podem reduzir ou ampliar a produção de calor, através da absorção ou reflexão.

Topografia

A implantação do edifício para aproveitar a influência da ventilação proporciona a moderação da temperatura e areação dos ambientes.

Vegetação

O conhecimento das características da flora proporciona o uso da vegetação para sombreamento, ação purificadora da atmosfera, efeito de barreira (bloqueio, desvio ou direcionamento do fluxo de ar), excelente efeito visual, redução dos níveis de ruído, etc.

O sombreamento ocorre pelo impedimento da passagem da luz pela vegetação, principalmente pela copa das árvores, onde parte da energia é refletida, parte é absorvida e parte consegue passar (luz difusa).

A ação de purificação da atmosfera se dá pela captação e/ou retenção de material particulado, pela absorção de gases e pelos mecanismos fotossintéticos. Na captação e/ou retenção de partículas (fuligem, poeiras de materiais de construção, etc), esta ação terá sua eficiência conforme as características morfológicas, anatômicas e físicas do vegetal, do grau de fechamento das copas, do tipo de concentração dos poluentes e das condições meteorológicas. Nos mecanismos de fotossíntese, a assimilação se dá em presença da luz e em tecidos com clorofila, onde a água é

absorvida pelos vegetais e se transforma quimicamente, ocorrendo o desprendimento de oxigênio.

O efeito de barreira se dá pela colocação da vegetação como obstáculo. Como ocorre no sombreamento, a copa das árvores tem papel importantíssimo neste artifício.

A redução dos níveis de ruído segue quase os mesmos princípios das ondas das radiações luminosas, ou seja, parte é absorvida, parte é refletida.

Precipitação

Consequência do vapor d'água contido na atmosfera, obtido pela evaporação das águas superficiais da terra, mares, lagos, rios, transpiração animal e vegetal, etc, a precipitação da água (chuva) é causada pelo resfriamento deste vapor quando em contato com camadas mais frias da atmosfera.

A intensidade, o tempo e a frequência das chuvas são fatores indicadores para o uso adequado de materiais para a drenagem pluvial, para o sentido de inclinação da cobertura, para o tamanho dos beirais e uso de abrigos e passarelas cobertas.

No período chuvoso, a umidade relativa do ar atinge seu maior índice, portanto, neste período, há maior probabilidade da proliferação de microorganismos e o uso de desumidificadores ou entrada da radiação térmica solar ou artificial se faz necessário.

Nas regiões de clima tropical úmido, no período chuvoso, a precipitação é diária; no período mais seco, embora não diária, a falta de chuvas não é longa, logo sempre há chuvas. Considerando ainda que a chuva acompanha o sentido dos ventos, o projeto de edifícios deve prever artifícios ou elementos impeditores da penetração dela e da proteção das paredes, mas não da ventilação.

O uso de grandes beirais ou varandas e o posicionamento das aberturas contrárias ao sentido da chuva nos telhados são algumas opções de elementos ou artifícios a serem empregados, que não prejudicam a circulação do ar em edifícios.

Movimento do ar

É o movimento do ar causado pela diferença de temperatura e pressão atmosférica, cujo sentido é da zona de alta pressão (temperatura mais baixa) para a de baixa pressão (temperatura mais alta). Devido às diferenças de temperatura e pressão atmosférica e o movimento de rotação da terra, a direção dos ventos se dá dos trópicos para o equador, dirigindo-se parte para os pólos. Defini-se ventilação como a ação do vento; movimento do ar. A aeração é a renovação do ar feita naturalmente ou artificialmente (mecanicamente).

Em regiões de clima tropical úmido, os ventos se caracterizam por pequena intensidade, velocidade e oscilação de direção. Com exceção de fatores microclimáticos, os ventos alíseos se movimentam no sentido nordeste (NE) e Sudoeste (SW). Os fatores microclimáticos alteradores do regime dos ventos são o relevo (montanhas, serras, depressões, etc), florestas, rios, lagos, mares, etc. Em regiões montanhosas, surgem ventos periódicos conhecidos como brisas de montanhas (de dia no sentido vale/montanha; de noite, montanha/vale) e, em regiões próximas a grandes superfícies de águas; ventos periódicos conhecidos como brisas litorâneas (de dia no sentido água/terra; de noite, terra/água).

“A ventilação é o elemento do clima mais importante para a condição de conforto e para o controle dos efeitos da umidade e temperatura” (Machado, 1986:94).

“ Em termos de orientação, a direção dos ventos dominantes é o elemento preponderante” ”(Anais II, 1998:74)

Considerando que a predominância da ventilação nesta região é o sentido nordeste (NE), as maiores aberturas projetadas devem ser perpendiculares a este sentido. É importante lembrar que fatores microclimáticos podem alterar este sentido, portanto, o conhecimento desses fatores é de fundamental importância para que não sejam cometidos erros. Outro item a considerar é que os lotes devem ter dimensões suficientes para permitir afastamentos com edificações vizinhas, pois favorece a ventilação entre os edifícios, não formando barreira ao movimento do ar.

Para que haja deslocamento natural do ar sem muita perda de energia, obstáculos no seu caminho devem ser removidos, logo aberturas, os afastamentos laterais, frontais, e de fundo são imprescindíveis para a movimentação do ar.

Em Belém, só ocorre o segundo tipo por ser uma cidade praticamente plana e possuir a baía do Guajará e o rio Guamá como grandes superfícies de água.

Fatores e elementos climáticos a serem controlados

Os principais elementos do clima a serem controlados para que as condições ambientais se enquadrem dos nos parâmetro de conforto térmico são:

- 1 – Em relação à temperatura, reduzir da produção de calor (diminuição da temperatura), principalmente pela evaporação e convecção;
- 2 – Em relação à ventilação, aumentar seu movimento;
- 3 – Em relação à umidade, evita a absorção da umidade e promover a sua evaporação;
- 4 - Em relação à radiação, minimizar a absorção da radiação;
- 5 - Em relação às chuvas, máxima proteção dos espaços.

Os princípios da física e biofísica

Conhecer os princípios da transmissão da radiação solar (radiação, condução e convecção), as trocas térmicas com os materiais empregados nos fechamentos (coberturas, paredes piso e entorno), os princípios biofísicos do corpo humano, a influência da temperatura, produção do seu próprio calor ,os artifícios para seu controle e os equipamentos geradores de calor formam base de fundamentação para a concepção de excelentes projetos em relação ao conforto térmico.

5. A VEGETAÇÃO

Na região de clima tropical úmido brasileira, a fauna se caracteriza por três tipos básicos: a floresta, o cerrado e a várzea.

As características das florestas são:

- 1- Ecossistema auto-equilibrado;
- 2 – Pouca penetração da radiação solar no solo, devido à filtragem dos raios na copa das árvores;
- 3 – Predominância de árvores de grande porte, muito próximas e com grandes copas.
- 4 – Ventilação ao nível do solo prejudicada pela barreira das árvores;
- 5 – Solo com espessa camada orgânica e árvores com raízes pouco profundas;
- 6 – Manutenção do clima durante o ano com pouca variação de temperatura e umidade.

As características do cerrado são:

- 1 – Árvores espaçadas, tortuosas, de pequeno porte e solo encoberto por capim;
- 2 – Solo empobrecido em consequência da lixiviação ou processo de queimada;
- 3 – Incidência direta da radiação solar no solo devido ao espaçamento entre as árvores e o seu porte;
- 4 – Ventilação que alcança o solo;
- 5 – Umidade reduzida;
- 6 – Transição entre a floresta e a várzea.

As características da várzea são:

- 1 – Regiões de planícies aluviais com periodicidade de áreas alagadas e solo bastante fértil;
- 2 – Diversidade de agrupamentos vegetais, tais como: florestas, campos inundáveis, mangues, siriubais, etc;
- 3 – Constituída de áreas mais altas (tesos), menos propícia a inundações, onde prepondera as ilhas de florestas de várzeas, diferenciando-se da floresta de terra firme em função de sua diversidade vegetal, adensamento menor, penetração de fertilização; e as terras baixas (baixios), mais propícia a inundações, paisagem aberta e plana, umidade elevada e radiação solar direta e intensa. Os campos limpos inundáveis originam os lagos temporários; as áreas próximas aos rios, originam os manguezais e os siriubais. (devido à proximidade com as superfícies das águas, há formação de brisa constante).

Em Belém, a água dos rios penetra terra adentro, formando os chamados igarapés, onde, em alguns casos, o nível das águas é influenciado pelas marés.

6. PROCEDIMENTOS BÁSICOS

Segundo Machado (1986), para a obtenção de um ambiente confortável e salubre, o controle natural das ações dos elementos básicos do clima e da paisagem sobre as edificações podem ser obtidos pela adoção dos procedimentos cobrir, plantar e abrir. O termo cobrir, neste caso, estar subtendido a função de envolver, incluído aí cobertura e paredes.

O cobrir (envolver) protege da radiação solar, da chuva, das inundações, da ventilação, da umidade, etc. Na floresta, o aspecto preocupante é a umidade; no cerrado, é a radiação solar direta; e na várzea, os dois. Em Belém, há grande área urbanizada e áreas de várzeas próximas ao rio Gumá e aos diversos igarapés existentes.

O abrir está principalmente relacionado com a ventilação e a aeração. A aeração proporciona a renovação do ar no edifício, tornando o ar menos viciado (ar não renovado) e produzindo a sensação de conforto pela troca térmica entre o corpo e o ambiente.

Em regiões de clima tropical úmido, a temperatura elevada provoca perda de calor do corpo pela transpiração, contudo, devido a grande saturação do ar pela umidade, a evaporação do suor fica prejudicada, causando a sensação de desconforto térmico. A importância da ventilação se dá pela facilidade de remoção do ar saturado e quente envolto do corpo, acelerando a evaporação do suor e as trocas térmicas, consequentemente, trazendo a sensação de conforto. É importante não esquecer que o abrir, no edifício, não deve ocasionar a entrada de radiação solar direta, das chuvas, dos animais, do ar externo mais quente. A entrada da radiação solar direta só é benéfica quando existe algum lugar onde há excessiva umidade e não exista outro meio de minimizá-la ou quando se quer aproveitar a iluminação natural.

O plantar ou preservar está relacionado ao uso adequado da flora para promover a proteção do edifício à radiação solar direta e difusa, o controle do fluxo de ar (ventilação), a absorção da energia pelos vegetais, a preservação do solo e o embelezamento da paisagem.

O envolver

O procedimento envolver abrange a cobertura, paredes e pisos.

Cobertura

É a superfície mais exposta às intempéries: sol, chuva, ventos, etc. Em regiões de clima tropical úmido, pela ação da chuva, a cobertura deve ser impermeável, permitir fácil escoamento das águas e proteger as paredes e aberturas; pela radiação solar, deve ser isolante e permitir sua ventilação. O uso de clarabóias, lanternins, cumeeiras ventiladas, chaminéis, etc, facilita a ventilação da cobertura.

Na cobertura, podem-se utilizar material para aproveitamento da energia solar ou para expurgá-la. Para aproveitamento, utilizam-se células fotovoltaicas, que convertem energia solar em energia elétrica. Utilizam-se também coletores solares, acumuladoras de energia para aquecimento de água através de sistemas com boiler. Já para expurgá-la, utilizam-se materiais de excelente reflexão (material com superfície polida e clara), baixa inércia térmica, duráveis e isolantes termo-acústicos. Em algumas coberturas, pequenas e baixas, podemos sombreá-las utilizando a copa de árvores; se for laje impermeabilizada, a introdução de vegetação na construção de jardins é uma excelente opção.

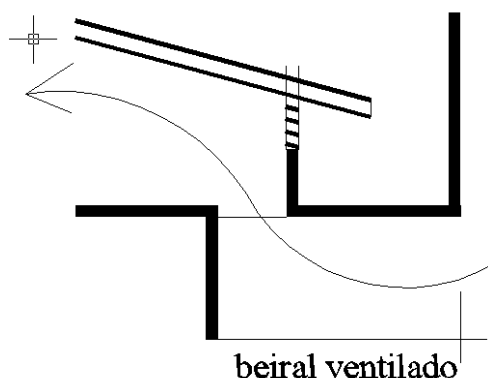


Fig. 09 – Beiral ventilado

Em Belém, o uso telhas de alumínio ou aço zincado termoacústicas está tendo grande aceitação. O arquiteto José Freire e o Alberto Rubim as utilizaram, mais recentemente, nos projetos dos hospitais regionais do Pará, mas somente no pavimento técnico. Na minha opinião, dependendo dos recursos iniciais aportados, toda a cobertura com este tipo de telha é uma excelente opção para a região, pois quando não têm isolamento, transmitem muita energia térmica para a laje.

Paredes

PAREDES EXTERNAS

Exposta também às intempéries, tem função de divisória entre o meio externo e interno, podendo também, às vezes, ter a função estrutural. Nestas funções, permitem a privacidade, segurança, proteção às intempéries, etc. Como nos materiais usados na cobertura, baixa inércia térmica, durabilidade, reflexão e isolamento termo-acústico devem ser suas características também.

Quando possível, a eliminação de paredes ou o uso de elementos vazados ou combongós, também contribui para redução da capacidade de acumulação da energia térmica dos materiais bem como uma melhor ventilação e, conseqüentemente, melhor troca térmica.

Uma excelente opção é a colocação de paredes duplas ventiladas com isolamento térmico. O material pode ser alumínio, zinco, fibrocimento ou argamassa armada com isolante térmico. (Fig. 09). Outro elemento arquitetônico muito usado são os quebras-sois ou brises. Existem de diversas formas e materiais, fixos ou móveis. Os móveis podem ser automatizados ou manuais. Dependendo do ângulo de incidência solar, podem ser verticais e horizontais.

O uso de varandas, jirais e marquises também protege as paredes contra a incidência da radiação solar sem comprometer a ventilação.

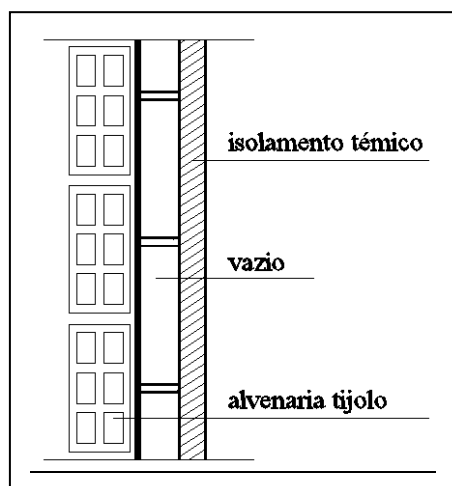


Fig. 09 – Parde dupla com isolamento térmico

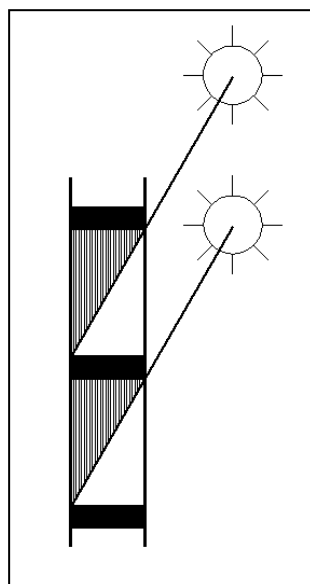


Fig. 10 – Aplicação de brises

Pisos elevados do solo

A principal função da elevação do piso é reduzir o excesso de umidade proveniente do solo. A elevada umidade contribui para a proliferação de microorganismos e prejudica o desempenho e manutenção dos equipamentos, principalmente pela oxidação de componentes metálicos.

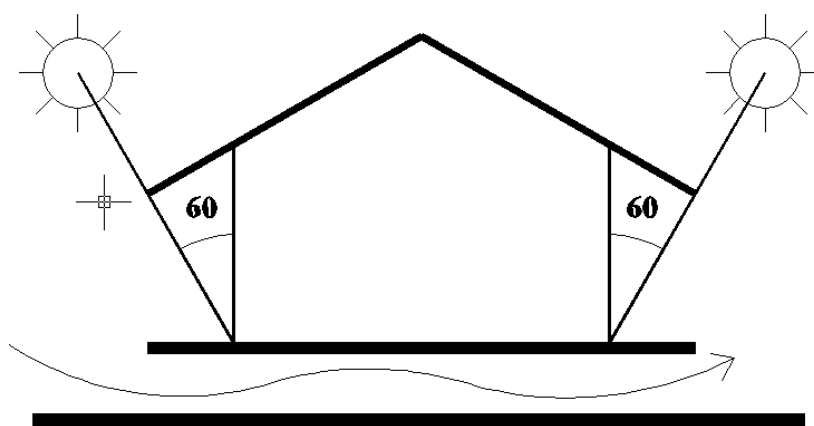


Fig. 00 – Piso elevado ventilado

Pisos externos

As características dos materiais empregados no piso externo devem ser resistentes às intempéries, terem baixa inércia e alta condutibilidade térmicas. Essa preocupação está no fato de que materiais, com características contrárias às citadas anteriormente, aquecem o ar externo e os conduzem para o interior do edifício. Quando possível, o uso de vegetação, tipo gramínea, propicia conforto térmico, visual e ambiental. O uso de bloco permeável de cimento (blocos com furos para a colocação de gramíneas) é uma alternativa para a redução da temperatura na pavimentação em áreas de estacionamento e manobras para carga e descarga. Além do mais, facilita a permeabilidade do solo.

Aberturas

Como integrante do invólucro parede, as aberturas têm suas mesmas funções, diferenciando-se pelas funções de: permitir a entrada e saída de ventilação, iluminar, propiciar a visualização do exterior. A ventilação natural pode ser obtida pela diferença de pressão na horizontal (ventilação cruzada) e na vertical (efeito chaminé). Quando o vento encontra um obstáculo, cria-se uma zona de alta pressão na face exposta a ele; e outra, de baixa pressão, na face oposta. Para a circulação interna do vento em um obstáculo é necessária abertura para sua entrada na zona de alta pressão e abertura para sua saída na zona de baixa pressão.

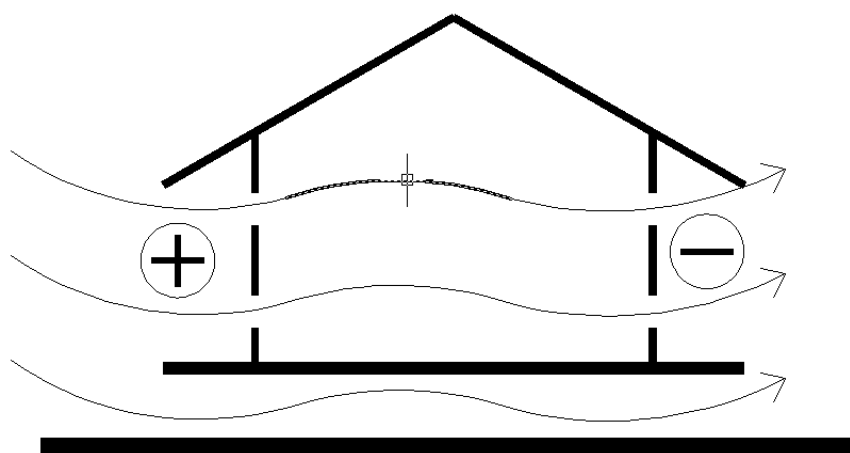


Fig. 12 – Ventilação cruzada

Na ventilação cruzada, a obtenção da máxima velocidade interna ocorre quando a área de saída é maior que a da entrada.

A saída correta do ar para propiciar ventilação e aeração é:

- 1 – Caso haja preponderância somente de um sentido de ventilação, a abertura na zona de alta pressão deve ser menor que a da zona de baixa pressão;
- 2 - Caso possa haver inversão de sentido da ventilação devido a fatores microclimáticos, considerar abertura nas duas zonas com área iguais ou implantar dispositivos que possam variar esta abertura, conforme mencionado acima;
- 3 – Uso de vários níveis de aberturas para a saída, inclusive, se possível, no forro ou entre a ele, por causa da convecção (efeito chaminé);
- 4 – Forro em material liso e com pequena inclinação em direção à saída.

O procedimento abrir abrange a colocação de portas, janelas, vãos, aberturas, etc.

Janelas

Para melhor eficiência da ventilação, a janela deve permitir a sua máxima abertura. São exemplos: janelas de correr horizontal ou vertical com 100% de abertura, janelas de abrir, janelas pivotantes e basculantes.

Outros elementos controladores da radiação solar são:

- 2 – Cobogós ou elementos vazados;
- 3 – Maxarabis ou treliçados;
- 4 – Caramanchões ou pergulados.

7. ASPECTOS ARQUITETÔNICOS A CONSIDERAR

O modelo de arquitetura internacional de edificações já não mais encontra amparo no meio arquitetônico local. Projetar e construir sobre modelos de edificações baseadas em tipologias externas, sem considerar a cultura, o clima, a vegetação, a tradição, os materiais disponíveis, a tecnologia, a ventilação, etc é idéia errônea e superada.

Alguns dos requisitos abaixo fazem parte do conjunto de informações que o arquiteto deve ter para fazer um projeto de boa qualidade, contudo, em regiões de clima tropical úmido, alguns deles se destacam pela importância ou peso que têm na concepção do edifício, principalmente em relação ao conforto térmico e a redução do uso de equipamentos quando estes requisitos não são considerados.

O projeto de EAS, como qualquer outro, fora os aspectos relacionados às normas de construção específicas (ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária, MS – Ministério da Saúde, ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, Normas das Concessionárias locais e Agências Reguladoras, Legislação Urbanística, etc), deve considerar aspectos arquitetônicos relacionados ao clima tropical úmido, a natureza, materiais e técnicas locais.

Conhecimento sobre aspectos naturais locais, relacionados ao clima, como iluminação natural, ventilação, radiação térmica solar, regime pluviométrico, materiais regionais, umidade, etc; conhecimento sobre aspectos relacionados à construtibilidade (materiais e técnicas construtivas) como relação de espaço, aberturas, afastamentos, materiais usados, coberturas, etc, obedecendo a requisitos de biossegurança e que proporcionem conforto térmico, acústico, luminoso, etc; conhecimento sobre aspectos relacionados à natureza, como solo, cobertura vegetal, relevo, hidrografia, etc; conhecimento sobre princípios da física usados na obtenção do conforto, conexos com requisitos construtivos e de biossegurança e conhecimento do microclima da região onde, em alguns casos, a homogeneidade dentro de uma mesma região não existe, pois são diferentes a cobertura vegetal, a superfície das águas, o relevo, o tipo de solo, etc, são indispensáveis nesta hora e fundamental na concepção do projeto.

Esses conhecimentos proporcionam edifícios bem projetados, dentro da realidade local, adequado ao clima, energeticamente e economicamente eficientes e ambientalmente correto.

Como citamos anteriormente, os principais elementos do clima a serem controlados para que as condições ambientais se enquadrem dos nos parâmetro de conforto térmico são a redução da temperatura e umidade, o aumento da ventilação, a minimização da absorção da radiação e a proteção das pessoas e espaços da chuva.

A orientação e partido do prédio

Essa região, como frisamos anteriormente, caracteriza-se por uma forte radiação solar, pequena amplitude térmica, fraca ventilação, alto índice pluviométrico e alta umidade.

A orientação do edifício está relacionada á influência dos seguintes elementos do clima: a radiação solar, a chuva e a ventilação. As cartas solares dão informações necessárias ao posicionamento do edifício e para a aplicação dos elementos arquitetônicos usados para a proteção solar.

Como dito anteriormente, a ventilação favorece a aeração e as trocas térmicas entre o ar, os materiais constituintes do edifício e os seus habitantes. Por outro lado, quanto maior e mais duradoura a exposição das paredes, coberturas ou outro qualquer elemento do edifício à radiação solar, maior será o acúmulo de energia térmica nestes materiais, podendo propagar-se para o interior da edificação pela troca de energia. Baseados nas afirmações anteriores, a forma do edifício deve ser aquela a permitir:

- 1 – Maior exposição à ventilação;
- 2 – Menor exposição à radiação solar.

Quanto à radiação solar, no sentido norte / sul, o ângulo mais desfavorável com o sol é 60°. Portanto, baseado no exposto acima, a concluímos ser a orientação norte/sul a mais adequada, portanto, as maiores superfícies do edifício devem estar

posicionadas segundo este sentido, pois esta orientação facilita a adoção de elementos ou dispositivos de proteção contra a radiação solar direta com dimensões reduzidas.

Sabemos também, que a ventilação quanto mais próxima do solo é menor devido ao atrito com o solo, vegetação, pessoas, etc e, como citamos, anteriormente, a preferência para a orientação é no sentido da ventilação, portando, dependendo do microclima favorecedor da ventilação, o partido placa torre é o mais adequado para a região.

Minimização dos efeitos da umidade e temperatura

A minimização dos efeitos da umidade é feita com a aeração. Entende-se aeração como a renovação do ar no ambiente e que pode ser obtida naturalmente ou artificialmente. A aeração natural é geralmente conseguida com o uso de aberturas (portas, janelas, vãos, etc) e a corrente de ventos; artificialmente, através de equipamentos mecânicos (exaustores, ventiladores, etc)

A minimização dos efeitos da temperatura pode ser obtida pelo sombreamento, pela renovação do ar (entra ar frio, sai ar quente). O sombreamento é obtido com uso de vegetação, coberturas, paredes, varandas, passarelas, etc; a renovação do ar, semelhante à citada a cima.

Lembro que os ventos também podem ser redirecionados ou desviados com a colocação de elementos como vegetação (árvores ou arbustos), muros, marquises, persianas, beirais ventilados, pérgulas, quebra-sois (brises), etc.

Proteção do edifício e pessoas da precipitação pluviométrica (chuvas)

A proteção se dará com o procedimento envolver. Para as pessoas, a proteção se dar através de coberturas e/ou paredes; para o edifício, pelo uso de materiais resistentes às intempéries. A cobertura também pode servir de proteção às paredes. Coberturas, paredes, varandas, passarelas, beirais, etc são elementos arquitetônicos usados para esta finalidade.

8. A RDC 50 E AS CONDIÇÕES DE CONFORTO AMBIENTAL

A RDC 50 aborda o controle das condições de conforto ambiental dos Estabelecimentos Assistenciais de saúde (EAS) a partir da interação das expectativas específicas de cada sub-aspecto (higrotérmico, qualidade do ar, acústico e luminoso) e os ambientes, segundo as atividades que abrigam.

Conforto higrotérmico e qualidade do ar

“Os diversos ambientes funcionais dos EAS solicitam sistemas de controle das condições de conforto higrotérmico e de qualidade do ar diferentes, em função dos grupos populacionais que os frequentam, das atividades que neles se desenvolvem e das características de seus equipamentos. Os ambientes contidos em cada um destes grupos de sistemas de controle de conforto higrotérmico e de qualidade do ar serão apresentados a seguir, e correspondem à classificação funcional utilizada nesta norma.

1 - Ambientes funcionais que demandam sistemas comuns de controle das condições ambientais higrotérmicas e de qualidade do ar.

Esses ambientes correspondem a certas unidades funcionais que não carecem de condições especiais de temperatura, umidade e qualidade do ar. Sua ventilação e exaustão podem ser diretas ou indiretas.

2 - Ambientes funcionais que demandam sistemas comuns de controle das condições ambientais higrotérmicas e especiais de controle de qualidade do ar, em função de deverem apresentar maiores níveis de assepsia.

Esses ambientes correspondem a certas unidades funcionais que exigem controle de qualidade do ar interior.

3 - Ambientes funcionais que demandam sistemas comuns de controle das condições ambientais higrotérmicas e especiais de controle de qualidade do ar, em função de que as atividades neles desenvolvidas produzem odores.

Esses ambientes correspondem a certas unidades funcionais que não carecem de condições especiais de temperatura e umidade, mas necessitam de exaustão mecânica.

4 - Ambientes funcionais que demandam sistemas comuns de controle das condições ambientais higrotérmicas e especiais de controle de qualidade do ar, em função de que as atividades neles desenvolvidas poluem o ar.

Esses ambientes correspondem a certas unidades funcionais que não carecem de condições especiais de temperatura e umidade, mas necessitam de ventilação direta associada à exaustão mecânica.

5 - Ambientes funcionais que demandam sistemas especiais de controle das condições ambientais higrotérmicas e de controle de qualidade do ar, em função do tempo de permanência dos pacientes nos mesmos.

Esses ambientes correspondem a certas unidades funcionais que carecem de condições especiais de temperatura, umidade e qualidade do ar, devendo-se buscar as melhores condições das mesmas por meio de ventilação e exaustão diretas.

6 - Ambientes funcionais que demandam sistemas especiais de controle das condições ambientais higrotérmicas e de controle de qualidade do ar, em função das características particulares dos equipamentos que abrigam.

Esses ambientes correspondem a certas unidades funcionais que carecem de condições especiais de temperatura, umidade e qualidade do ar, demandando climatização artificial e necessitando de exaustão mecânica.

7 - Ambientes funcionais que demandam sistemas especiais de controle das condições ambientais higrotérmicas e de controle de qualidade do ar, em função das características particulares dos equipamentos que abrigam e das atividades que neles se desenvolvem.

Esses ambientes correspondem a certas unidades funcionais que carecem de condições especiais de temperatura, umidade e qualidade do ar, pois, por abrigarem equipamentos e atividades geradoras de calor, demandam ventilação direta associada à necessidade de exaustão mecânica.

Conforto acústico

Há uma série de princípios arquitetônicos gerais para controle acústico nos ambientes, de sons produzidos externamente. Todos agem no sentido de isolar as pessoas da fonte de ruído, a partir de limites de seus níveis estabelecidos por normas brasileiras e internacionais.

1 - Ambientes funcionais que demandam sistemas comuns de controle das condições ambientais acústicas.

Esses ambientes correspondem a certas unidades funcionais que não carecem de condições especiais de níveis de ruído e que não o produzem em grau elevado. Não necessitam de barreiras nem de isolamento sonoro especial.

2 - Ambientes funcionais que demandam sistemas especiais de controle das condições ambientais acústicas porque, apesar de não abrigarem atividades nem equipamentos geradores de altos níveis de ruído, os grupos populacionais que os freqüentam necessitam dos menores níveis de ruído possíveis.

Esses ambientes correspondem a certas unidades funcionais que carecem de condições especiais de níveis de ruído e que não o produzem em grau elevado. Necessitam de isolamento sonoro especial. (ex. Cabine de audiometria).

3 - Ambientes funcionais que demandam sistemas especiais de controle das condições ambientais acústicas porque abrigam atividades e equipamentos geradores de altos níveis de ruído e os grupos populacionais que os freqüentam necessitam os menores níveis de ruído possíveis.

Esses ambientes correspondem a certas unidades funcionais que carecem de condições especiais de níveis de ruído e que o produzem em grau elevado. Necessitam de barreiras acústicas que garantam a não interferência desses ruídos em outros ambientes. (ex. atendimentos de emergência e urgência, ultra-sonografia, litotripsia extracorpórea, etc).

4 - Ambientes funcionais que demandam sistemas especiais de controle das condições ambientais acústicas porque abrigam atividades e equipamentos geradores de níveis de ruído muito altos e necessitam serem isolados como fonte.

Estes ambientes correspondem a certas unidades funcionais que não carecem de condições especiais de níveis de ruído, mas que o produzem em grau elevado. Necessitam de barreiras acústicas, em relação aos demais ambientes do EAS. (ex. nutrição e dietética - área de produção, ultra-sonografia, litotripsia extracorpórea, processamento de roupa - área para lavagem e centrifugação, manutenção - oficinas de manutenção, áreas ou salas para grupo gerador, casa de bombas, para ar comprimido, para equipamentos de ar condicionado).

Conforto luminoso a partir de fonte natural

1 - Ambientes funcionais dos EAS que demandam sistemas comuns de controle das condições ambientais luminosas.

Esses ambientes correspondem a certas unidades funcionais que não carecem de condições especiais de iluminação. Não necessitam de incidência de luz de fonte natural direta nem de iluminação artificial especial.

2 - Ambientes funcionais dos EAS que demandam sistemas de controle natural das condições ambientais luminosas.

Estes ambientes correspondem a certas unidades funcionais que carecem de condições especiais de iluminação, no sentido de necessitarem de incidência de luz de fonte natural direta no ambiente. (ex. sala de observação, quartos e enfermarias da

internação geral, quartos ou áreas coletivas de UTI E UTQ, sala para tratamento hemodialítico, salas para DPI).

3 - Ambientes funcionais dos EAS que demandam sistemas de controle artificial das condições ambientais luminosas.

Esses ambientes correspondem a certas unidades funcionais que carecem de condições especiais de iluminação. Necessitam de iluminação artificial especial no campo de trabalho.

Todos os ambientes onde os pacientes são manipulados, em especial os consultórios, salas de exames e terapias, salas de comando dessas, salas de cirurgias e de partos, quartos e enfermarias e salas de observação.

4 - Ambientes funcionais dos EAS que demandam obscuridade.

Esses ambientes correspondem a certas unidades funcionais que carecem de condições especiais de iluminação, pois necessitam de obscuridade. (ex. consultórios de oftalmologia, salas para exames de oftalmologia, salas da imagenologia, sala de revelação de géis em laboratório de biologia molecular, laboratório para revelação de filmes e chapa, sala de revelação, etc).

Ar condicionado

Os setores com condicionamento para fins de conforto, como salas administrativas, quartos de internação, etc., devem ser atendidos pelos parâmetros básicos de projeto definidos na norma da ABNT NBR 6401. Os setores destinados à assepsia e conforto, tais como: salas de cirurgias, UTI, berçário, nutrição parenteral, etc, devem atender às exigências da NBR-7256. No atendimento dos recintos citados acima, devem ser tomados os devidos cuidados, principalmente por envolver trabalhos e tratamentos destinados à análise e erradicação de doenças infecciosas, devendo portanto ser observados os sistemas de filtragens, trocas de ar, etc. Toda a compartimentação do EAS estabelecida pelo estudo arquitetônico, visando atender à

segurança do EAS e, principalmente, evitar contatos de pacientes com doenças infecciosas, deve ser respeitada quando da setorização do sistema de ar condicionado.” (ANVISA, 2004)

9. ARQUITETOS E SEUS PROJETOS

A arquitetura bioclimática de João Filgueiras (Lelé)

Unanimidade nacional quando a questão envolve projetos de arquitetura bioclimática e o uso industrial da argamassa armada, os projetos do arquiteto João Filgueiras se diferenciam pela concepção do aproveitamento dos benefícios que o clima nos oferece. Seus projetos são verdadeiras aulas de como se pode projetar utilizando elementos ou artifícios de engenharia e arquitetura para obter a máximo aproveitamento do conforto térmico e luminoso, da ventilação, da sensibilidade espacial.

O emprego dessa concepção está em seus vários projetos, destacando-se, mais precisamente, os projetos dos Hospitais da Rede Sarah, espalhados pelo Brasil.

Seus projetos se destacam pelo uso de sistemas de ventilação através de galerias, uso de cobertura tipo shed para propiciar conforto térmico e luminoso, forros retráteis ou móveis (dependendo do tipo de climatização – natural ou mecânica), incorporação de jardins internos e dispositivos de climatização como espelhos d'água e nebulizadores, além de muitas outras engenhosidades.

ARQUITETURA HOSPITALAR EM BELÉM.

Os dois mais renomados arquitetos que atuam no Pará, José Freire (DPJ Arquitetos Associados) e Alberto Rubim (Couceiro e Rubim Arquitetos Associados), informaram que para conforto e racionalização de energia, usaram, nos seus mais recentes projetos de hospitais, telhas termoacústicas no pavimento técnico, chuveiro aquecidos com sistema de aproveitamento de energia solar e iluminação zenital em enfermarias, lavanderias e cozinha.

O aproveitamento da água de chuva após tratamento, para lavagem de piso e jardinagem também já estão sendo concebidos em seus projetos. José Freire frisou que a orientação e a utilização de elementos arquitetônicos para a proteção solar sempre fizeram parte de seus projetos.

10. CONCLUSÃO

Os aspectos arquitetônicos mais importantes a considerar, em um projeto qualquer, em regiões de clima tropical úmido, são a orientação e o partido do edifício, a minimização dos efeitos da umidade e temperatura e a proteção do edifício e pessoas da precipitação pluviométrica (chuvas). Considerando projetos de EAS, esses aspectos devem estar conexos com os procedimentos de biossegurança, principalmente quando se tratar de ambientes internos onde a legislação preconiza o uso de equipamentos de refrigeração, filtragem do ar, aeração e exaustão mecânicas.

Uma questão importante a frisar é que, nos matérias bibliográficas, internet ou entrevistas, não existe referência sobre o uso de dados climáticos no horário noturno e a explicação mais provável talvez seja porque a condição climática mais desfavorável ocorra justamente durante o dia, contudo há de se notar que para edifícios que foram projetados somente levando em consideração o rigor do clima de dia, é de pensar quanta energia está sendo gasta, pois não aproveitamos os benefícios climáticos noturnos.

Nota-se que neste horário, principalmente no período mais chuvoso (dezembro a junho), o conforto térmico é muito bom, inclusive com sensação de frio.

Se neste período e horário, o edifício também for projetado com este enfoque, podemos ter alternância ou reversibilidade da aplicação de equipamentos de climatização em alguns ambientes flexíveis de um EAS. Portanto, os arquitetos devem projetar seus edifícios levando em consideração as condições climáticas noturnas, pois a sensação promovida naturalmente por uma temperatura baixa e uma brisa suave é bem mais confortável que com a aplicação de aparelhos climatizadores.

A alternância do uso de equipamento de climatização, como dito anteriormente, é também uma solução eficiente para a redução do gasto com o consumo de energia, equipamentos e manutenção.

Na minha opinião, o projeto perfeito, nas região de clima tropical úmido, é aquele que, quando possível, utiliza a alternância do uso de equipamentos de climatização (conforto térmico artificial) e os elementos ou artifícios arquitetônicos que

propiciam o conforto natural, e dentro do conforto natural, elementos arquitetônicos flexíveis para o uso diário e noturno, em resumo, é o projeto que se utiliza todos os conhecimentos para produzir um edifício termicamente confortável com o mínimo de equipamentos.

BIBLIOGRAFIA

II Seminário Internacional de Arquitetura Tropical de Manaus. IAB-AM/UIA. Manaus, 1998.

Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da Diretoria Colegiada, **RDC nº. 50**, de 21 de fevereiro de 2002. **Diário Oficial da União da República Federativa do Brasil**. Brasília, 20 de março de 2002. BRASIL, 2002b.

_____. Resolução da Diretoria Colegiada, **RE nº. 09**. Qualidade do ar interior em ambientes climatizados artificialmente.

_____. **Normas para Projetos Físicos de Estabelecimentos Assistenciais de Saúde**, 2ª edição. Brasília: Editora Anvisa, 2004.

_____. Secretaria Executiva. **SOMASUS** – Sistema de Apoio à Organização a Elaboração de Projetos de Investimentos em Saúde. Disponível em www.saude.saude.gov.br/somasus, acesso em 15/07/07.

Seminário de Arquitetura Bioclimática. Conselho Estadual de Energia de São Paulo/CESP. Rio de Janeiro, 1983.

Seminário sobre Desenho Urbano no Brasil: Anais do II – SEDUR Seminário sobre Desenho Urbano. Editores Benamy Turkienicz e Maurício Malta, São Paulo, 1986.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente/IBAMA. Cidades Sustentáveis; Subsídios a Elaboração da Agenda 21 Brasileira. Brasília, 2000

CARVALHO, Antônio Pedro Alves de. Arquitetura de Unidades Hospitalares. [Análise e revisão do texto: José Carlos Santana]. Salvador/BA, FAUFBA, ARQSAUDE/ Carlos Santana]. Salvador/BA, FAUFBA, ARQSAUDE/ GEA GEA-hosp, ISC, 2004.

_____. Temas de arquitetura de estabelecimentos assistenciais de saúde. Salvador: Universidade Federal da Bahia. Faculdade de Arquitetura/GEA hosp/ANVISA, 2002.

_____. Arquitetura de unidades hospitalares. Salvador: Universidade Federal da Bahia. Faculdade de Arquitetura/GEA-hosp/ANVISA, 2004.

_____. Quem tem medo da Arquitetura Hospitalar? Salvador: Universidade Federal da Bahia. Faculdade de Arquitetura/GEA-hosp/ANVISA, 2006.

COSTA, Ênnio Cruz da. **Arquitetura Ecológica: Condicionamento Térmico Natural**. Editora Edigard Brücher, São Paulo, 1982.

FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos. **Manual de Conforto Térmico**. Editora Nobel, São Paulo, 1988.

GOULART, Solange V. G; LAMBERTS, Roberto; FIRMINO, Samanta. **Dados climáticos para Projeto e Avaliação Energética de Edificações para 14 Cidades Brasileiras.** 2ª edição. Florianópolis, 1998.

HERTZ, John. **Ecotécnicas em Arquitetura: Como Projetar nos Trópicos úmidos do Brasil.** Pioneira, São Paulo, 1994.

KARMAN, Jarbas. **Manutenção Hospitalar Preditiva.** Editora Pini, São Paulo, 1994.

KOENIGSBERGER, O. H; INGERSOLL, T. G; MAYBEW, Alan; SZOKOLAY, S. V. **Vivendas e Edifícios em Zonas Cálidas y Tropicals.** Editora Paraninfo, Madrid, 1977.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando Oscar Ruttkay. **Eficiência Energética na Arquitetura.** 2ª edição. Livraia ProLivros, São Paulo, 2004.

NBR 9050 – Acessibilidade à Edificações, Mobiliário, Espaços e Equipamentos Urbanos-2ª edição de 31/05/2004.

MACHADO, Isis Faria. **Cartilha: Procedimentos Básicos para uma Arquitetura no Trópico Úmido.** Editora Pini, Brasília, 1986.

MASCARÓ, Lúcia Raffo de. **Energia na Edificação: Estratégia para Minimizar seu Consumo - anexos.** Projeto Editores Associados, São Paulo, 1986.

MASCARÓ, Lúcia Raffo de. **Luz, Clima e Arquitetura,** 3ª edição. Editora Nobel, São Paulo, 1989.

MASCARÓ, Lúcia Elvira Alícia Raffo de; MASCARÓ, Juan Luis. **Vegetação Urbana.** Editora L. Mascaró, Porto Alegre, 2002.

MASCARÓ, Juan Luis; YOSHINAGA, Mário. **Infra-estrutura Urbana.** Editora L. Mascaró, Porto Alegre, 2005.

MASCARÓ, Juan Luis. **Loteamentos Urbanos.** Editora L. Mascaró, Porto Alegre, 2003.

MASCARÓ, Juan Luis. **Manual de Loteamentos Urbanos.** Editora Nobel, São Paulo, 1985.

MASCARÓ, Juan Luis. **O Custo das Decisões Arquitetônicas.** 2ª edição. Editora Sagra-Luzzatt, Porto Alegre, 1977.

MIQUELIN, Lauro Carlos. **Anatomia dos Edifícios Hospitalares.** Editora Cedas, São Paulo, 1992.

MONTENEGRO, A. Gildo. **Ventilação e Cobertas: Estudo Teórico, Histórico e Descontraído.** Editora Edgard Brücher, São Paulo, 1984.

RIVERO, Roberto. **Arquitetura e Clima: Acondicionamento Térmico Natural** – 2ª edição. Editora D. C. Luzzato , Porto Alegre, 1986.

SACCONI, Luiz Antônio. **Minidicionário Sacconi da Língua Portuguesa**. Editora Atual, São Paulo, 1998.

SANTOS, Nara Rejane Zanberlan dos; TEIXEIRA, Ítalo Felippi. **Arborização de Vias Públicas: Ambiente x Vegetação**. Editora Palloti, Porto Alegre, 2001.