

**SISTEMAS DE
CONTROLE
DAS CONDIÇÕES
AMBIENTAIS
DE CONFORTO**

TADEU ALMEIDA DE OLIVEIRA
OTTO TOLEDO RIBAS

Brasília - 1995

©1995 - Ministério da Saúde

É permitida a reprodução total ou parcial desta obra desde que citada a fonte.

Tiragem: 2.000 exemplares

Ministério da Saúde

Secretaria de Assistência à Saúde

Departamento de Normas Técnicas

Coordenação Geral de Normas

Coordenação de Rede Física, Equipamentos e Materiais Médico-Hospitalares

Serviço de Rede Física

Esplanada dos Ministérios, Bloco G , 7º andar

Telefone: (061) 315-2831 e 315-2290

Fax: (061) 225-0054

CEP: 70058-900

Impresso com recursos do Acordo de Cooperação Técnica Brasil/PNUD - Projeto BRA/90-032 - Desenvolvimento Institucional do Ministério da Saúde - Projeto Nordeste - Acordo de Empréstimo BIRD Nº 3.135 - BR - Julho - 1994

Impresso no Brasil / Printed in Brazil

ISBN: 85-334-0040-3

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Assistência à Saúde.

Série Saúde & Tecnologia — **Textos de Apoio à Programação Física dos Estabelecimentos Assistenciais de Saúde** — Sistemas de Controle das Condições Ambientais de Conforto. -- Brasília, 1995.

92 p.

Equipe de Elaboração

Autor

Tadeu Almeida de Oliveira

Arquiteto com especialização em arquitetura de sistemas de saúde, doutorando em Geografia Urbana na Universidade Poitiers. Professor de Conforto Ambiental na Universidade de Brasília.

Otto Toledo Ribas

Arquiteto com especialização em arquitetura de sistemas de saúde, mestre em Planejamento Urbano. Professor de Conforto Ambiental na Universidade de Brasília e Diretor do Departamento de Arquitetura da UnB.

Projeto e Coordenação

Flávio de Castro Bicalho

Maurício Freire Santiago Malta

Regina Maria Gonçalves Barcellos

APRESENTAÇÃO

O Ministério da Saúde, através da Coordenação-Geral de Normas da Secretaria de Assistência à Saúde, divulga esta série de publicações, consistindo numa coleânea de textos que apresentam ampla análise de critérios para projetos físicos de estabelecimentos assistenciais de saúde. Estes critérios são muitas vezes conflitantes entre si e cabe ao arquiteto/planejador optar pelo critério de maior valia nas diversas decisões de projeto, pois um critério válido em uma situação pode não ser em outra.

Espera-se através desta iniciativa, suprir uma grande lacuna na bibliografia especializada disponível para projetos arquitetônicos em funções complexas, específicas para a área de saúde. Este trabalho representa portanto, um marco, trazendo informações complementares, que irão interferir na qualidade final da assistência prestada.

O material aqui apresentado é o resultado de experiências pessoais e estudos de casos feitos pelo autor, com intuito de divulgar esses conhecimentos, objetivando auxiliar os profissionais envolvidos nos projetos físicos de estabelecimentos assistenciais de saúde.

Esses textos foram desenvolvidos como bibliografia suplementar para o Manual de Orientação para o Planejamento, Programação e Projetos Físicos de Estabelecimentos Assistenciais de Saúde, publicado pelo Ministério da Saúde, que pretende sistematizar conhecimentos que orientem equipes multidisciplinares responsáveis pelo planejamento físico de sistemas de saúde, nos níveis municipal e estadual, quanto a definição de planos e programas.

Pretende-se com esta série de publicações, abrir o debate e o aprimoramento de temas muito pouco estudados na área da saúde, mas de vital importância na assistência prestada aos pacientes. Este debate poderá ser enriquecido no futuro com novas pu-

blicações, sobre os mesmos temas, de outros autores que tenham pensamentos diferentes dos agora publicados.

Lizete Castanho Ribeiro
Coordenadora-Geral do Grupo de
Trabalho da Série Saúde & Tecnologia

SUMÁRIO

I - Introdução, 9

II - Condicionantes ambientais, 17

II.1 Inserção de Estabelecimentos de Saúde no Sítio, 19

II.2 Os Instrumentos Legais, 19

II.3 Os Impactos Ambientais, 20

II.4 A Avaliação Integrada das Qualidades Ambientais, 21

III - Conforto térmico, 23

III.1 Modos de Transferência de Calor, 25

III.2 Mecanismos de Equilíbrio Térmico do Corpo
Humano - Aspectos Fisiológicos, 29

III.3 Índices de Conforto, 30

III.4 Variáveis Subjetivas, 31

III.5 Dados a Serem Considerados na Concepção
Bioclimática, 32

III.6 Principais Características dos Domínios
Climáticos, 36

III.7 Princípios de Desenho, 39

III.8 Princípios para Diferentes Tipos de Clima, 41

III.9 Especificidades dos Estabelecimentos de Saúde, 61

IV - Conforto acústico, 63

IV.1 Procedimentos para Controlar o Ruído, 66

IV.2 Normas para Controle Acústico, 70

IV.3 Outras Considerações, 70

V - Conforto luminoso (iluminação natural), 73

V.1 O Conforto Luminoso, 75

V.2 Decisão Arquitetônica, 77

V.3 Visão Zen, 77

V.4 Luz Difusa e Luz Direta, 78

V.5 Artíficos de Reforço de Iluminamento, 78

V.6 Cores, 78

VI - A vegetação como instrumento de controle da qualidade ambiental, 81

VI.1 Vegetação como Moderadora da Temperatura, 83

VI.2 Vegetação como Controladora e Direcionadora da Ventilação Local, 86

VI.3 Espaços Internos, 88

VI - Bibliografia, 89

INTRODUÇÃO

I

Nosso Habitat

A maior responsabilidade, porém, que os nossos arquitetos e planejadores devem assumir, é a manutenção e o desenvolvimento de nosso ambiente, de nosso habitat. O homem encontra-se em relação recíproca com a natureza, mas o seu poder de modificar o quadro natural da superfície da terra tornou-se tão grande, que de uma bênção poderá converter-se em uma maldição. Como poderemos aceitar que um belo trato de paisagem após o outro, devido a um simples processo de construção, seja destruído por tratores, aplanado e despojado de toda a sua vegetação, para que depois empresários o cubram de pequenas casas às quais se associam incontáveis postes telegráficos em lugar das árvores abatidas sem qualquer cuidado. A vegetação original e a irregularidade natural do terreno – ou por desatenção ou por interesses comerciais, ou simplesmente por irreflexão – são destruídos porque o empreiteiro de obras comum encara a terra como mercadoria comercial e sente-se autorizado a extrair o máximo proveito dela. *Enquanto não aprendermos a amar a terra, a respeitá-la como um bem a nós confiado, essa destruição prosseguirá.*

A paisagem que nos cerca é uma grande composição que consiste de trechos de espaço livre e de corpos que os limitam. Tais corpos podem ser prédios, pontes, árvores ou colinas. Toda configuração visível, seja ela natural ou construída pela mão humana, conta no efeito do conjunto dessa grande composição. Mesmo a mais despretenciosa construção utilitária, uma estrada ou uma ponte, é importante para a harmonia do efeito visual conjunto. E quem mais senão o arquiteto ou urbanista está destinado a ser o guardião responsável por nosso mais precioso patrimônio, a nossa paisagem natural, cuja beleza e

harmonia é fonte de inspiração e satisfação para a alma? Na pressa e burburinho em que deixamos tanger a nossa vida, o que precisamos com mais urgência é uma fonte onipresente de regeneração e esta só pode provir da própria natureza. Sob as árvores, o homem da cidade pode esquecer seus cuidados e entregar-se à benção de uma pausa recriadora.

O arquiteto ou urbanista, digno desse nome, deve dispor de visão e fantasia a fim de chegar a uma verdadeira síntese para a cidade do futuro cuja concretização eu gostaria de chamar "arquitetura total". Para alcançar semelhante altitude de trabalho, é mister que tenha a paixão do amante e a boa vontade respeitosa de cooperar com outrem. Pois, por mais notável que seja, ele não pode levar a cabo sozinho esta tarefa. A unidade da expressão arquitetônica regional, que todos nós desejamos, dependerá, em grande escala, na minha opinião, do desenvolvimento do trabalho criativo do grupo.

Depois que cessou por fim nossa caça doentia aos "estilos", nossos hábitos e princípios comecem a tomar feições uniformes, que refletem a verdadeira essência do século XX. *Começamos a conceber que o design de nosso mundo-ambiente não depende da aplicação de uma série de fórmulas estéticas, preestabelecidas, e sim de um processo contínuo de crescimento interior, que recria constantemente a verdade a serviço da humanidade.* *

* Cf. W. Gropius, *Architecture and Design in the Age of Science*, The Spiral Press, Nova York, 1952. W. Gropius, *Rebuilding our Community*, Paul Theobald, Chicago, 1945. W. Gropius. *Faith in Planing*, 1952, American Society of Planing Officials, Chicago.

Tradicionalmente, a literatura existente sobre este tema está voltada para espaços residenciais com características próprias de distribuição das atividades de seus usuários. Por sua vez, os estabelecimentos de saúde possuem características distintas quanto a distribuição das atividades, grau de permanência e uso dos espaços, e categorias de usuários. Seu grau de complexidade é bem maior, pois agrega a convivência de pacientes (externos e internos), profissionais de saúde (médicos e para-médicos), visitantes e pessoal de apoio.

O amplo universo de abrangência deste tema exigirá a adoção de pressupostos como base epistemológica de trabalho, quais sejam:

- a) Enfatizar o conforto pela **permanência**. As várias categorias de estabelecimentos de saúde (assistenciais, de apoio e mistos) caracterizam-se pela diferença de permanência dos usuários nos ambientes; tanto de forma intraspecífica (entre uma sala de espera e um consultório por exemplo), como de forma interespecífica (de um Centro de Saúde e de um Hospital Local). Concentrando então na priorização da melhoria de condições em ambientes de maior permanência, se obterá, por conclusão, para o edifício como um todo, a melhor situação desejada. No campo interespecífico será dada ênfase aos estabelecimentos assistenciais de permanência prolongada (mais de 24 horas), quais sejam: aquelas que possuem a atividade de internação.
- b) Dar preferência ao conforto do **usuário-paciente**. Como se verá adiante a noção ou sensação de conforto está também condicionada as condições de saúde. Os mecanismos reguladores do metabolismo frente as condições ambientais fica debilitado (sensível, frágil, ou inoperante) quando a saúde está abalada. Assim, espera-se que a melhor condição para o paciente seja também para os outros usuários.

- c) Solucionar **situações críticas**. A divisão das áreas/unidades/departamentos/setores dos estabelecimentos de saúde pode ser classificada em produtivas (atividade-fim) e de apoio (atividade-meio). Priorizando a resolução das condições críticas das áreas/departamentos/setores produtivas estará se dando um passo significativo na obtenção dos objetivos propostos.
- d) Segmentação das **manifestações sensoriais** das pessoas. Toda relação do homem com o meio se dá através da interação dos mecanismos sensoriais. Para aprofundamento das questões relativas ao conforto térmico acústico e luminoso em estabelecimentos de saúde é necessário separar as interrelações sensoriais. É sabido, por exemplo, que um espaço termicamente equilibrado pode gerar sensação térmica de desconforto quando o usuário está submetido a situações de ruído ou de ofuscamento.

A metodologia adotada para focar os sistemas de controle ambiental nos estabelecimentos de saúde engloba duas dimensões acerca do processo de edificação: endógena e exógena.

Dimensão endógena - A origem e o desenvolvimento da ciência do conforto ambiental, tem nesta dimensão o seu pilar de sustentação. O abrigo humano, a princípio, é concebido para criar condições desejáveis de segurança, habitabilidade e salubridade através do isolamento ou, ao menos, do distanciamento das variáveis climáticas e ambientais externas. Nesse sentido, todo conhecimento desenvolvido acerca do conforto ambiental vem definir elementos de controle passivos (materiais, brises etc.) e ativos (ar condicionado, umidificadores, ventiladores etc.) na edificação. O trabalho irá aplicar os princípios que considerem tal dimensão na obtenção da melhoria das condições ambientais humanas.

Dimensão exógena - Os sistemas de controle e conforto ambiental não podem ser concebidos de modo unidirecional, como classicamente são propostos. É sabido que a construção, de forma isolada ou conjunta, interfere sobremaneira no ambiente externo. Os impactos produzidos (negativos ou positivos) deverão ser considerados sob pena de invalidar todo esforço realizado na construção da edificação. Assim, exemplificando, um Posto de Saúde que dimensionou suas aberturas à ventilação local poderá ter seu sistema de fluxo de ar alterado se desconsiderar a “topografia urbana” construída no entorno.

**CONDICIONANTES
AMBIENTAIS**

II

II.1 - Inserção de Estabelecimentos de Saúde no Sítio

O presente capítulo se aterá a dimensão exógena enfocada na introdução deste trabalho procurando relacionar as interferências de edificação no ambiente externo.

Todo e qualquer projeto de implantação de um Estabelecimento de Saúde (ES) deverá, preliminarmente, diagnosticar as interferências (agressões) que este acarretará ao sítio (natural ou constituído). Uma análise do estado inicial do terreno permite a identificação das características que poderão ser afetadas. Esta análise é essencial enquanto informação ao projeto, pois permitirá registrar os efeitos decorrentes da instalação e operação do ES. O conhecimento prévio das consequências poderá constituir em listagem de controle visando suprimir ou reduzir os efeitos sobre o meio ambiente (natural ou constituído).

Os ES de uma maneira geral, estão situados no interior das cidades fazendo com que os aspectos que serão levantados neste capítulo, estejam ligados ao meio ambiente constituído - mais propriamente urbano. No entanto, implantações poderão ocorrer no meio rural, ou em setores da cidade onde não houve uma alteração substancial da fisionomia (paisagem) natural: presença de bosques, proximidade de cursos d'água, microclimas específicos etc. Para os casos de localizações “periféricas” (peri-urbanas ou rurais) serão relacionados aspectos relativos à proteção dos sítios.

Outro condicionante que, necessariamente, deverá ser considerado na construção do ES diz respeito aos regulamentos existentes – a legislação urbanística e ambiental dos níveis federal, estadual e municipal, e as normas técnicas de higiene e segurança do trabalho. Iniciaremos por este último condicionante.

II.2 - Os Instrumentos Legais

A maioria dos municípios brasileiros, sobretudo os de maior porte (populacional), já dispõem de Códigos de Edificações e/ou

de Postura. Espera-se (ou pelo menos é desejável) que estes códigos considerem as peculiaridades locais no que diz respeito as limitações impostas à implantação: especialmente quanto as atividades permitidas (zoneamento e setorização), as normas gerais de construção (dimensões e áreas mínimas, pés-direito, tamanho de aberturas etc.) e ao gabarito (relações da construção com o lote - afastamentos, número de pavimentos etc.); e às posturas municipais: especialmente quanto a apropriação de espaços públicos (praças, áreas verdes, calçadas etc.), e ao relacionamento entre espaços privados e públicos.

Muitos dos códigos existentes abordam, inclusive, as relações do edifício com a realidade climática do local. O arquiteto deverá, pois, observar as limitações administrativas municipais de cada cidade, quando existentes. Elas se caracterizam como o primeiro umbral de condicionantes.

No segundo umbral - o da legislação federal, estão incluídas as normas urbanísticas, ambientais e de saúde que definem algumas preocupações relacionadas ao controle das condições ambientais - sobretudo no que se refere à dimensão exógena.

Na Constituição Federal, em vigor desde 1988, alguns princípios e diretrizes são destacados – notadamente nos artigos 200 e 225. Outras leis também regulam a questão, quais sejam: a Lei 6938/81; a Lei 6766; o Código Florestal (Lei 4771/65 atualizada pela Lei 7803).

Como as normas técnicas e as de higiene e segurança do trabalho dizem respeito a elementos específicos do problema, serão, pois, analisadas a *posteriori* quando se abordarão assuntos específicos - controle térmico, acústico ou luminoso.

II.3 - Impactos Ambientais

Às limitações citadas deverão ser acrescentados outros condicionantes relativos à materialização de construções no sítio - no caso específico dos ES.

Para este universo de condicionantes (acessibilidades, distanciamentos, elementos climáticos, topografia, disponibilidade de infra-estrutura etc.) serão tecidas considerações sobre medidas de amenização dos impactos causados ao meio ambiente.

Todo o planejamento ou projeto comporta em sua etapa inicial um diagnóstico das condições de implantação no sítio. Este diagnóstico é precedido necessariamente de um levantamento de dados sobre alguns fatores que repercutirão no meio ambiente sob a forma de impactos.

Meio ambiente, através da definição de impacto ambiental utilizada, é entendido na sua acepção mais ampla, comportando desde fatores físicos e biológicos quanto sócio-econômicos.

Dessa forma, utilizando-se a sistemática de Mota (1981), os fatores a serem considerados na fase de levantamento de dados para informar o diagnóstico são: condições climáticas, topografia, geologia, fatores hidrológicos, vegetação, áreas de valor histórico ou paisagístico e áreas de importância ecológica.

A esses poderão ser acrescidos outros fatores mais diretamente relacionados a realidade urbana como: acessibilidade, ruído de tráfego, uso do solo no entorno, disponibilidade de infra-estrutura e consumo de energia.

II.4 - A Avaliação Integrada das Qualidades Ambientais

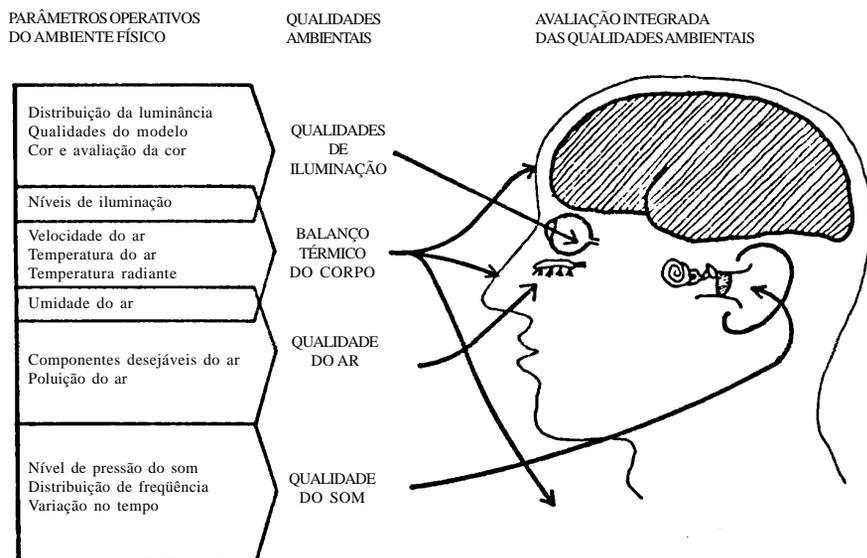
Através do diagnóstico dos fatores anteriormente apresentados poderão ser propostas estratégias de minimização dos impactos, a serem considerados no processo de projeção.

Estas estratégias, caso consideradas, além de sua contribuição na redução dos impactos sobre o meio ambiente, natural do sítio colaboram com o projeto que por definição é a proposição da criação de um novo ambiente. O ambiente projetado, respeitando as características ambientais da área onde se insere, só tem a ganhar em termos de qualidade ambiental.

Os sistemas de controle das condições de conforto térmico,

acústico e luminosos a serem desenvolvidos, encontram dessa forma um “terreno fértil” um “palco” onde as condicionantes ambientais negativas já foram suprimidas ou reduzidas, tornando-se portanto mais eficientes.

Se por uma questão de ordem metodológica os diferentes sistemas de controle das condições de conforto são enfocados separadamente, neste trabalho, o que importa, no final das contas, é que o ser humano avalia estas condições de maneira integrada.



Os parâmetros do ambiente físico criam qualidades ambientais e dão lugar a uma percepção e avaliação integradas do homem.
(FONTE: HARRIET RYD, 1973)

CONFORTO TÉRMICO

III

A definição primária de qualquer edificação comporta o conceito de abrigo, ou seja, a proteção contra o intemperismo do meio circundante. Esta definição pode ser aplicada desde as formas mais rudimentares do habitat humano (cavernas, choupanas, a sombra de uma árvore), até as formas mais evoluídas (espigões, residências subaquáticas). A tecnologia moderna permite controlar em grande parte as condições interiores de um edifício. No entanto, a aplicação de elementos com certo grau de sofisticação tecnológica, em especial nos países subdesenvolvidos, implica custos mais elevados, dependência de conhecimentos externos e, quase sempre, num maior consumo energético.

Em se tratando dos ES, muitas de suas atividades, e dos espaços que as comportam, não podem prescindir da utilização de técnicas mais evoluídas de controle ambiental. Por outro lado, os programas geralmente complexos dos ES incluem sempre aspectos onde poderão ser aplicadas técnicas mais simplificadas de adaptação dos edifícios às condições climáticas locais. Nesse sentido, o objetivo do presente capítulo é o de explorar os sistemas de controle natural das condições de conforto térmico para ES situados em ambientes com diferentes tensões térmicas (distintas características climáticas).

A partir da apresentação de alguns conceitos básicos sobre parâmetros do conforto térmico (modos de transferência de calor, aspectos fisiológicos e outras variáveis) e dos dados a serem considerados na concepção bioclimática (dados do clima e do sítio) serão colocados princípios de desenho e definidas algumas respostas que a arquitetura pode dar aos ES nos tipos de clima considerados.

III.1 - Modos de transferência de calor

O conhecimento dos fenômenos da física aplicada à obtenção de conforto na arquitetura inclui necessariamente o estudo

das formas de transferência de calor tanto entre o organismo humano e o meio circundante quanto entre os diversos componentes da edificação propriamente dita.

Os fenômenos físicos da transferência de calor que subsidiam os princípios de desenho térmico são: condução, convecção, radiação e evaporação.

Esses fenômenos ocorrem, na maior parte das vezes, simultaneamente, caracterizando uma complexidade do processo.

A condução é o processo pelo qual o calor se propaga no interior de um material através de agitação molecular, ou entre dois corpos, pela interação molecular de suas superfícies. A propriedade fundamental de um material na transmissão de calor por condução é a condutibilidade térmica.

A densidade absoluta d (kg/m^3) e a condutibilidade térmica K ($\text{W/m} \cdot ^\circ\text{C}$) dos materiais de construção mais frequentes são:

TABELA1

Material	d	k
concreto	2.200	1,74
concreto celular	500	0,20
tijolo maciço	1.600	0,81
madeira	800	0,19
vidro	2.600	1,20
cortiça	200	0,05
poliestireno expandido	20	0,03
fibrocimento (chapas)	1.900	0,76
palha (em coberturas)	200	0,12
mármore	2.600	2,90
aço	7.800	47,00
ar	1,20	0,02

FONTE: RIVERO (1985)

Esse modo de transmissão de calor assume importância quando aplicado aos elementos de construção posto que o contato do indivíduo é desprezível (sola do pé) mesmo em se tratando dos ES - caso de pacientes.

O índice de condutibilidade depende da densidade, natureza química e umidade do material.

Um conceito importante associado à condutibilidade térmica é o seu oposto - a resistência térmica.

A utilização de materiais de construção, seja para conduzir ou criar resistência ao calor, é otimizada quando são combinadas características de diferentes materiais. A presença de água e ar nos materiais gera comportamentos térmicos diferentes. Nesse caso, a forma do material passa a ser importante.

A convecção é o processo de transferência de calor através do deslocamento de um líquido ou de um gás (fluidos). Quando o ar está em contato com uma superfície mais quente, ele se aquece, se eleva e deixa lugar para um ar mais frio; gerando um movimento denominado de “convecção natural”. Se o ar já se encontrava em movimento antes de entrar em contato com a superfície o fenômeno é denominado de “convecção forçada”, como no caso, por exemplo, de um edifício bem ventilado.

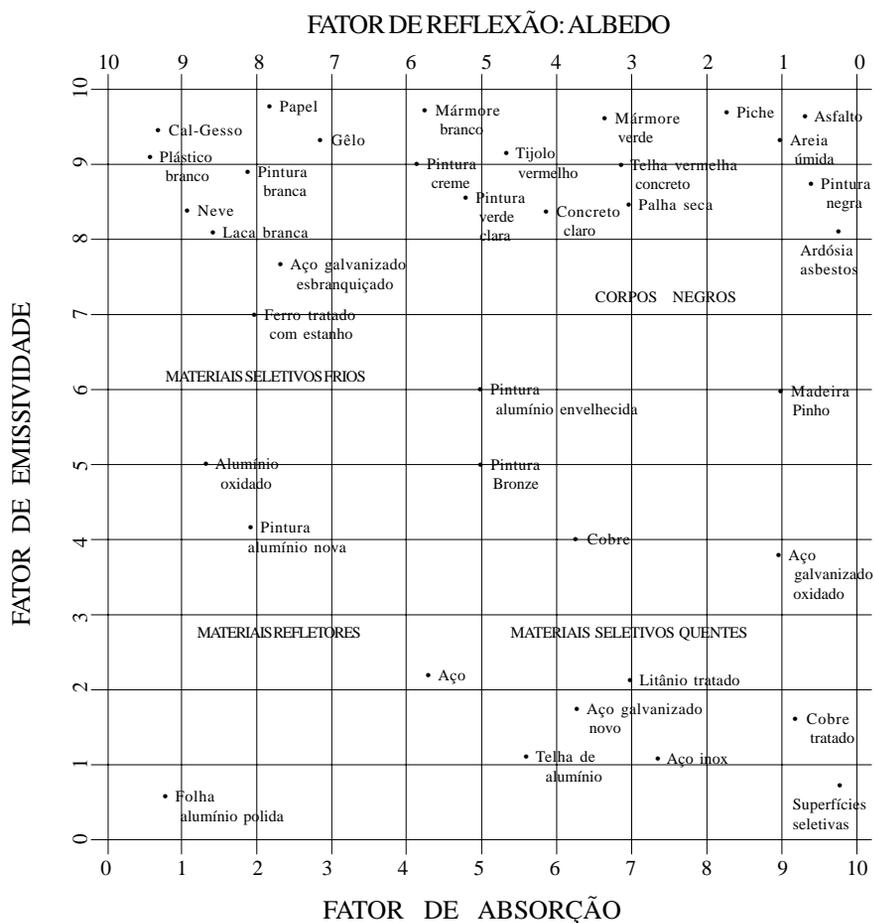
A ventilação é o fator preponderante para a existência desse processo. A arquitetura viabiliza sua ocorrência (posição das aberturas, criação de efeito chaminé nos telhados, localização da vegetação) se desejado.

A radiação, terceiro processo, é uma troca de calor através de ondas eletromagnéticas. Um corpo emite radiação em função de suas próprias características e de sua temperatura absoluta. O calor do sol chega até a terra através da radiação. Esta pode ser direta (incidência direta do sol) ou difusa (propagação do calor pelas partículas de água no ar mais saturado ou de superfícies aquecidas). A arquitetura, através dos estudos de sombreamento (diagramas de sombra), controla com maior eficácia a radiação direta. Para controlar a radiação difusa seria necessária a desumidificação do ar – não possível através de métodos passivos.

O controle da insolação implica também o conhecimento das superfícies dos materiais. O Quadro das Propriedades Radiativas (figura 2), indica as propriedades dos principais materiais para efeito de transmissão por radiação.

A maior parte dos materiais de construção são “corpos negros” para a radiação de grande comprimento de onda ao passo que a cor da superfície fixa seu comportamento em relação à radiação solar. Somente os materiais metálicos têm um comportamento diferente para as radiações caloríficas a baixa temperatura.

QUADRO DAS PROPRIEDADES RADIATIVAS DOS PRINCIPAIS MATERIAIS



A evaporação, quarto processo, é a mudança de estado de um líquido para gás. Este processo necessita de aporte em calor; para evaporação de um litro de água são necessárias 580 quilocalorias (calor latente de evaporação).

A presença de vegetação ou de lâminas d'água otimiza a utilização desse processo de troca de calor.

III.2 - Mecanismos de Equilíbrio Térmico do Corpo Humano – Aspectos Fisiológicos

Como ser homeotérmico (que possui a temperatura constante) o homem tem que perder calor adquirido e/ou produzido para manter o balanço térmico de seu corpo – especialmente em climas tropicais. A equação do balanço térmico humano é assim traduzida:

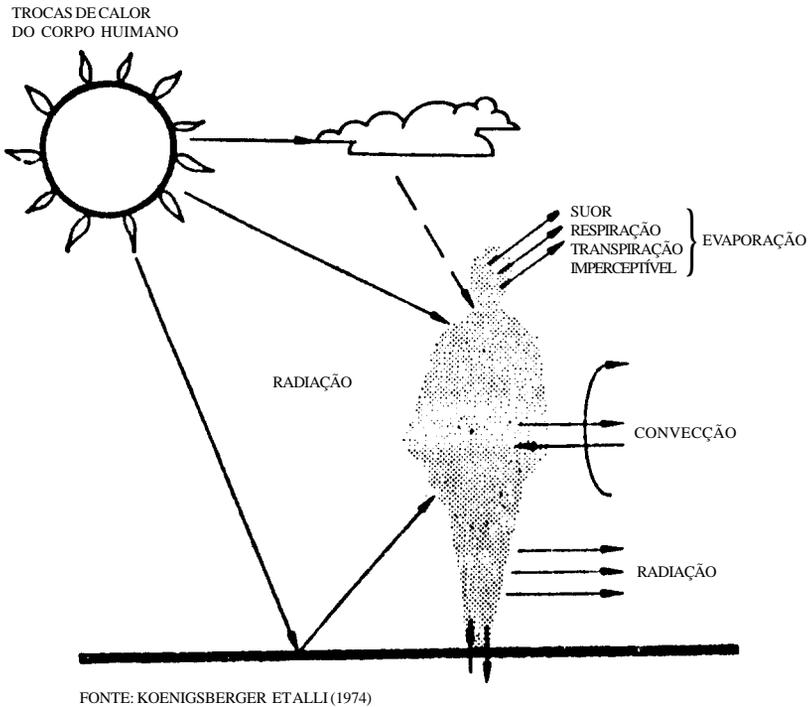
- a) Fatores de ganho de calor: metabolismo (basal e muscular), condução (contato com corpos quentes); convecção (se o ar é mais quente que a pele) e radiação (do sol, da abóbada celeste e dos corpos quentes);
- b) Fatores de perda de calor: condução (contato com corpos frios); convecção (se o ar é mais frio que a temperatura da pele); radiação (de superfícies frias) e evaporação (da umidade e suor).

A manutenção da temperatura constante do corpo humano se processa pelo aparelho termo-regulador que comanda a redução ou aumento das perdas de calor.

Frota e Schiffer (1988) apresentam as reações metabólicas do organismo ao frio e ao calor:

- a) Ao Frio - a redução de troca de calor se dá através do aumento da resistência térmica da pele (pela vasoconstrição e arrepião) e dos músculos através do tiritar e tremores.
 - b) Ao calor - o incremento da perda se dá através da vasodilatação, exudação, e diminuição do calor metabólico.
-

Equilíbrio Térmico - $MET - EVAP + COND + CONV + RAD = 0$



III.3 - Índices de conforto

A obtenção de conforto térmico se processa quando o organismo, sem recorrer a nenhum mecanismo de termo-regulação, perde para o ambiente calor produzido compatível com sua atividade (trabalho e vestimenta).

Várias metodologias foram desenvolvidas para conjugar as variáveis climáticas (temperaturas, umidade, radiação e ventilação) que influenciam diretamente no balanço térmico do homem com a noção de conforto. Vários índices de conforto (biofísicos, fisiológicos e subjetivos) foram produzidos para fins de aplicação

- cerca de três dezenas. Contudo, para as condições tropicais, destaca-se o de “Temperatura Efetiva” (1923) de Houghton e Yaglou; a “Carta Bioclimática” de Olgyay e o “Índice de Conforto Equatorial” (1960) de C. G. Webb.

A maioria dos índices, contudo, têm limitações em sua aplicação prática - especialmente considerando o usuário-paciente dos ES. As dificuldades de aplicabilidade surgem do fato desses experimentos terem sido realizados em condições climáticas muito variáveis. Como consequência, cada índice é válido e útil para uma margem limitada de condicionantes que não podem ser empregadas universalmente.

III.4 - Variáveis subjetivas

As preferências térmicas de um indivíduo são influenciadas por diversos fatores subjetivos ou individuais. Entre eles destacam-se:

- a) Hábitos alimentares que afetam o metabolismo e justificam a dieta dos povos tropicais e árticos;
 - b) A idade e o sexo. Quanto mais idosa a pessoa maior preferência por ambientes mais aquecidos; assim como a mulher, que tem o metabolismo (produção de calor) inferior ao do homem, prefere um grau, em média, mais elevado;
 - c) A forma do corpo - a relação volume e superfície influencia na preferência térmica;
 - d) A gordura do corpo - que funciona como isolante térmico;
 - e) O estado de saúde. A pessoa enferma pode ter os seus limites de conforto muito estreitos;
 - f) O vestuário, que altera significamente as trocas térmicas;
 - g) O processo de aclimação dos indivíduos. As pessoas, em seus climas de permanência, tendam a produzir hábitos e alterações metabólicas (quantidade de sangue, capacidade de suor etc.) que equilibra as condições térmicas.
-

cas adversas. Assim um siberiano, acostumado aos rigores do inverno, sentiria extremo desconforto no verão do Rio de Janeiro. A não ser que se aclimatasse, após algum tempo, ao clima carioca.

III.5 - Dados a serem considerados na concepção bioclimática

O estudo climático de um edifício envolvem o conhecimento de dados sobre o clima e sobre o sítio no qual se insere.

Os dados do clima a serem considerados são:

- temperatura do ar;
- precipitação;
- umidade;
- insolação.

Da temperatura do ar, medida no Brasil em °C (graus centígrados), devem ser conhecidos suas médias das máximas, médias das mínimas, mínimas absolutas e máximas absolutas - para cada um dos 12 meses do ano.

As precipitações nas regiões tropicais resumem-se nas chuvas. As regiões temperadas e frias convivem com a neve e a geada, também formas de precipitações. A condensação do vapor d'água contido no ar está na origem da formação das nuvens, e das precipitações resultantes destas.

A umidade do ar está relacionado ao vapor d'água que este contém e a pressão atmosférica. Para uma dada temperatura uma massa de ar só pode conter uma quantidade limitada de vapor. Além deste limite o ar fica saturado ocorrendo a condensação. Quanto mais quente é o ar, mais ele pode conter vapor d'água. Os dados meteorológicos fornecem em geral a umidade relativa do ar, que é a relação entre o peso da água contida no ar (umidade absoluta) e o peso máximo de água que ele poderia conter na

mesma temperatura. Quando o ar contém uma quantidade máxima de vapor d'água possível, diz-se que está saturado - sua umidade relativa neste caso é de 100%.

O vento corresponde ao movimento das massas de ar das zonas de alta pressão para as zonas de baixa pressão. Em escala terrestre o regime dos ventos é determinado pelos cinturões de alta pressão situados próximos dos trópicos e pelo movimento de rotação do planeta. Em nível local o vento dependerá do relevo e da vegetação presente no sítio de implantação, razão pela qual exige-se prudência na utilização dos dados meteorológicos.

RESUMO DOS DADOS CLIMÁTICOS A SEREM OBTIDOS		
IMPORTANTE: todos estes dados deverão ser conhecidos mês a mês (salvo ciclones e tremores de terra)		
	INDISPENSÁVEL	SE POSSÍVEL
TEMPERATURA (+)	↓	↓
* média das temperaturas máximas diárias	•	
* média das temperaturas mínimas diárias	•	
* média das temperaturas máximas absolutas		•
* média das temperaturas mínimas absolutas		•
UMIDADE RELATIVA (+)		
* média das máximas diárias	•	
* média das mínimas diárias	•	
VENTO (++)		
* rosa dos ventos com 8 direções, indicando a intensidade e a freqüência dos ventos predominantes		•
* direção dos ventos principais e secundários	•	
PRECIPITAÇÃO (++)		
* precipitações totais em mm	•	
* número de dias com chuva		•
INSOLAÇÃO		
* número de horas de insolação	•	
* fração de insolação: número de horas de insolação efetiva duração máxima potencial de insolação	•	
NEBULOSIDADE		
* nebulosidade do céu		•
CICLONES E ABALOS E ABALOS SÍSMICOS		
* zonas de risco	•	

(+) os dados relativos a temperatura e umidade a serem utilizados deverão ter sido coletados em iguais períodos.

(++) por outro lado, para obtenção de resultados confiáveis são necessários no mínimo 5 anos de dados relativos ao vento, 10 anos de dados sobre temperatura e umidade, e 30 anos para as precipitações.

A insolação de um local depende da posição do sol, do grau de nebulosidade do céu e do ambiente (sombras, relevo etc.). A posição do sol pode ser determinada facilmente através dos diagramas solares, necessitando-se para tanto apenas do conhecimento da latitude local. O grau de nebulosidade é mais difícil de se obter (a meteorologia divulga apenas o nº de horas com sol por mês e anualmente). A quantidade de energia solar que chega a um determinado local depende do ângulo de incidência do sol em relação à sua superfície; a espessura da camada de ar atravessada pela radiação e pela transparência do céu (poeira em suspensão, nebulosidade). Diagramas heliotérmicos permitem um conhecimento graficado da energia recebida por uma parede, por exemplo.

Através da tabela do GRET (1986), na página anterior, indicam-se os dados climáticos indispensáveis na concepção bioclimática.

Os dados do sítio a serem considerados são: o relevo, o solo, orientação, acessibilidade, serviços, vegetação etc. Estes já foram abordados no item relativo aos impactos ambientais.

A definição de clima de Choay e Merlin (1988), constante do citado item, como sendo a “ambiência atmosférica constituída por uma série de estados atmosféricos sobre um determinado lugar na sua sucessão habitatural” corroboram a importância da integração dos dados do clima e do sítio na concepção bioclimática.

Para indicação dos princípios de desenho para ES no Brasil será utilizada a classificação utilizada no trabalho "Diretrizes para o Controle de Obras pelo Município" (BNH - 1978), através dos domínios climáticos brasileiros utilizados pelo IBGE:



- I. *Quente e úmido da Hiléia Amazônica*
- II. *Quente e úmido da floresta tropical*
Mesotérmico e úmido da floresta tropical
- III. *Mesotérmico e úmido das latitudes médias*
- IV. *Quente e semi-úmido do cerrado*
Mesotérmico e semi-úmido do cerrado
- V. *Quente e seco da caatinga*

FONTE: IBGE, in BNH/CEPAM (1981)

III.6 - Principais características dos domínios climáticos

I - Quente e úmido da Hiléia Amazônica

- Temperatura
 - Média das Máximas 24° a 32° C
 - Média das Mínimas 22° C
 - Amplitude Térmica Diária:
 - Máxima durante breves períodos 10° C
 - Normal 1° C
- Chuvas
 - 2.500 a 3.000 mm durante o ano todo
- Umidade Relativa
 - Maior que 80% atingindo a média de 94%, no ponto mais crítico.

II - Quente e úmido da Floresta Tropical

Subtipo A

Litoral e áreas contíguas não barradas por grandes relevos.

- Temperatura
 - Latitudes Baixas (RN a BA)
 - Média das Máximas 30° a 32° C
 - Média das Mínimas 18° a 21° C
 - Latitudes Médias (ES a RJ)
 - Média das Máximas 28° a 30° C
 - Média das Mínimas 10° a 18° C
- Chuvas
 - 1.000 a 1.750 mm durante 8 a 11 meses seguidos
- Umidade Relativa
 - Maior que 80%

Subtipo B

Relevo e Continentalidade (Planalto)

- Temperatura
 - Média das Máximas 26° a 32° C
 - Média das Mínimas 6° a 12° C
-

- Chuvas
1.000 a 1.750 mm durante 8 a 11 meses seguidos
- Umidade Relativa
Entre 70% a 90%.

III - Mesotérmico e úmido das Latitudes Médias:

- Temperatura
- Litoral e áreas contíguas não barradas por grandes relevos.
Média das Máximas 26° a 33°C.
Média das Mínimas 15° a 18°C.
- Relevo
Média das Máximas 26° a 30°C
Média das Mínimas 6° a 18°C.
- Chuvas
Mais que 1.500 mm durante todo o ano
- Umidade Relativa
Litoral maior que 80%
Relevo entre 70% a 80%.

IV. Quente e úmido do Cerrado

- Temperatura
Latitudes baixas (paralelo 12 a 14)
Média das Máximas 32° a 36°C
Média das Mínimas 24° a 26°C.
Latitudes médias (abaixo dos paralelos 12 a 14)
Média das Máximas 28° a 34°C
Média das Mínimas 16° a 24°C.
Relevo (Serra do Espinhaço)
Média das Máximas 24° a 26°C
Média das Mínimas 14° a 15°C.
Amplitude térmica diária
No verão, que é muito úmido, a diferença de temperatura entre o dia e a noite é pequena.
No inverno, que é muito seco, a diferença é grande.
 - Chuvas
1.500 a 2.000 mm
-

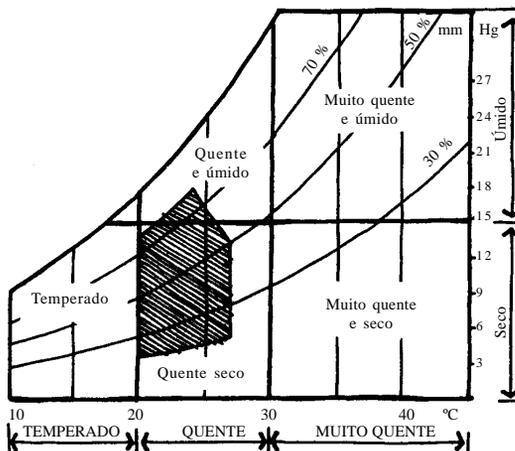
Concentradas em verão muito úmido de 2 a 3 meses.

Inverno muito seco, de 8 a 9 meses.

- Umidade Relativa
 - Maior que 80% no verão úmido.
 - Menor que 70% no inverno seco.

V. Quente e Seco da Caatinga

- Temperatura
 - Média das Máximas maior que 28°C
 - Média das Mínimas 20° a 26°
 - Amplitude térmica diária - grande, principalmente na época seca.
 - Chuvas
 - 750 a 1.000 mm. diminuindo em direção ao interior.
 - Estação seca dura de 2 a 3 meses
 - Estação chuvosa dura de 9 a 10 meses.
 - Umidade Relativa
 - Menos que 70%, atingindo a média de 43% no ponto mais crítico.
- As zonas climáticas a serem consideradas são facilmente visualizadas num diagrama psicrométrico.



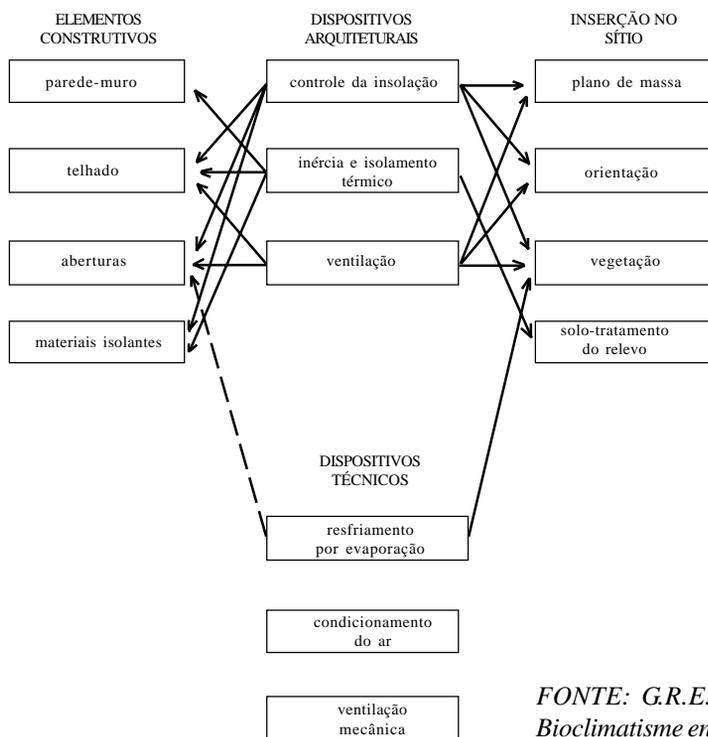
FONTE: G.R.E.T. - Bioclimatisme en Zones Tropicales (1986)

III.7 - Princípios de desenho

De acordo com o GRET (1986), as respostas da arquitetura ao problema climático podem ser apreendidas em diferentes níveis:

- dispositivos arquitetônicos (controle da insolação, inércia...);
- dispositivos técnicos (ar condicionado, ventilação mecânica...);
- elementos construtivos (aberturas, telhados...);
- inserção no sítio (plano de massa, orientação...).

Todos esses elementos estão relacionados entre si e suas interações podem ser esquematizadas da seguinte maneira:



*FONTE: G.R.E.T. -
Bioclimatisme en Zones
Tropicales (1986)*

Desses quatro conjuntos de elementos serão considerados, para cada tipo de clima, aspectos relacionados aos dispositivos arquiteturais, elementos construtivos e inserção no sítio.

Os dispositivos técnicos (ar condicionado, ventilação mecânica etc.) não são abordados pois transcendem os limites do presente trabalho, que enfoca apenas mecanismos de controle passivos.

Os aspectos cobertura (no nível dos elementos construtivos) e ventilação (no nível dos dispositivos arquiteturais) merecem, por sua importância no controle bioclimático em regiões tropicais, considerações preliminares à listagem dos princípios de desenho para os diferentes tipos de clima brasileiros.

COBERTURA

Em regiões tropicais, onde a latitude é baixa a incidência de radiação sobre as coberturas é considerável dos elementos envoltórios, o telhado é, com certeza, o mais importante elemento para efeito do “controle térmico”.

VENTILAÇÃO

Sob a ótica do conforto térmico, os movimentos de ar aceleram as trocas de calor das pessoas com o ambiente por convecção e por evaporação. Sua consideração em climas de tensão térmica positiva (quente-seco e quente-úmido) é fundamental para obtenção das condições de conforto. É também elemento de controle térmico dos ambientes e de salubridade. Nos espaços de maior permanência do ES (espera, registro e matrícula etc.) deve-se priorizar o dimensionamento das aberturas para a obtenção de ventilação e renovação de ar.

Mascaró (1985) salienta que “é indispensável conhecer e aplicar técnicas de projeto e cálculo de ventilação natural dos edifícios; com a dupla finalidade de oferecer conforto ao usuário e otimizar o uso da energia na edificação”.

Os fatores que condicionam a ventilação são: forma e características da edificação e do entorno (topografia natural e edificada); localização e orientação do edifício; posição e tamanho das aberturas; direção, velocidade e frequência dos ventos; e diferença de temperaturas interiores e exteriores.

A seguir apresenta-se quadro que realaciona as funções de ventilação e salubridade.

FUNÇÕES DA VENTILAÇÃO

	RENOVAÇÃO DO AR VICIADO	CONFORTO TÉRMICO DO CORPO HUMANO	RESFRIAMENTO DA MASSA INTERNA DO EDIFÍCIO
VENTILAÇÃO NECESSÁRIA	Para todos os espaços ocupados	Principalmente em climas quentes e úmidos	Principalmente em climas muito quentes e secos
CONDIÇÃO DE TEMPERATURA EXTERNA NECESSÁRIA	Para todas as condições de temperatura externa	Quando a temperatura do ar externo é mais fresca ou vizinha daquela do ar interno	Quando a temperatura do ar externo é mais fria pelo menos 2° C da do ar interno
TIPO DE CONSTRUÇÃO ADEQUADA	Todos os tipos	Construção com uma orientação principal	Construção com grande inércia térmica

FONTE: G.R.E.T. - Bioclimatisme en Zones Tropicales (1986)

III.8 - Princípios para diferentes tipos de clima

O trabalho “Diretrizes para o controle de obras pelo município”, BNH, (1981), indica os princípios de desenho a serem considerados para os cinco principais tipos de clima brasileiros:

I. Clima Quente e Úmido da Hiléia Amazônica (equatorial)

a) Diretrizes Gerais

- Evitar a radiação solar direta.
- Facilitar, ao máximo, a circulação do ar e a passagem dos ventos, mesmo sob chuva intensa.
- Utilizar materiais e soluções que não armazenem calor (que se aqueçam e se esfriem em pequeno tempo) ou que impeçam a transmissão de calor.
- Impedir o armazenamento de água exposta ao ar.

b) Implantação/Orientação

- Desejável orientação Norte ou Sul para as faces de maior dimensão das edificações. As faces orientadas em torno do Leste ou do Oeste devem ter a mínima dimensão possível.
 - Utilizar abundante vegetação de copa alta principalmente para proteção contra os raios solares de Este e Oeste.
 - Desejável agrupar as edificações na direção Este-Oeste, sob a mesma cobertura, mantendo corredores ou áreas abertas entre uma unidade e outra.
 - Desejável que as maiores dimensões das edificações formem ângulos próximos a 90° com a direção dos ventos dominantes. Desejável que uma edificação não obstrua a passagem do vento para as edificações vizinhas.
 - Desejável que os corredores entre duas edificações tenham uma largura de, no mínimo, 1/3 de seu comprimento.
 - Evitar o contato das edificações com muros de arrimo, taludes etc. e garantir o escoamento das águas pluviais para a máxima distância possível.
-

- Desejável evitar o empossamento ou a infiltração das águas seja no interior das edificações, seja em suas proximidades.

c) Coberturas

- Indesejável a utilização de lajes sem forro.
- Desejável a utilização de forro e com grande espaço entre cobertura e forro.
- Garantir a ventilação permanente do espaço entre cobertura e forro.
- Desejável proteger as aberturas e paredes contra a radiação solar direta e à chuva (grandes beirais, pestanas, toldos etc.).
- Materiais leves e isolantes (cerâmicas).

d) Paredes

- Pequena espessura e materiais leves e isolantes (madeira natural prensada com cimento, tijolo simples ou espelho).
- Desejável proteção com segunda parede externa, ventilada (elemento vazado, bloco ou tijolo furado com canais horizontais), formando câmara de ar.
- Afastamento mínimo de 0,50 m de fornos e chaminés (sempre externos as edificações).
- Desejável que as internas sejam vazadas ao máximo.
- Desejável que as internas não cheguem ao forro.
- Desejável que as paredes externas sejam brancas ou pintadas em cores claras.

e) Pisos

- Desejável que sejam elevados do solo.
-

- Desejável que o espaço entre o piso e o solo seja protegido da umidade e que tenha abundante ventilação.
- Desejável facilitar a ventilação entre o espaço do entorno e o interior da edificação (frestas, aberturas etc.).

f) Aberturas

- Guarnecidas, pelo lado externo, de persianas, treliças etc.
- Desejável que dêem para alpendres, varandas etc., principalmente quando for inevitável a orientação a Leste ou a Oeste (com variação aproximada de + 15° e - 15°).
- No caso de uso de vidros ou outro tipo de lâmina, a solução deve permitir abertura total. O uso de vidros é desejável em localidades sujeitas a baixas temperaturas, e em locais sujeitos a bruscas quedas de temperatura (friagem). É desejável dispositivo que permita o controle da ventilação.
- De grandes dimensões.

II. Clima Quente e Úmido da Floresta Tropical (tropical)

II.1 - Litoral e áreas contíguas não barradas por grandes relevos

a) Diretrizes Gerais

- Evitar a radiação solar direta (raios solares) e difusa (luz do céu e calor dos corpos aquecidos).
 - Utilizar materiais e soluções que não armazenem calor (que se aqueçam e se esfriem em pequeno tempo) ou que impeçam a transmissão de calor.
 - Facilitar ao máximo a circulação do ar e a passagem dos ventos, mesmo sob chuva intensa.
-

- Impedir o armazenamento de água exposta ao ar.
- Desejável adotar soluções de controle da ventilação.
- Facilitar, sob controle, nos locais sujeitos a baixas temperaturas a entrada da radiação solar provinda do NE a NO.

b) Implantação/Orientação

- Desejável orientação Norte ou Sul para as faces de maior dimensão das edificações. As faces orientadas em torno do Leste ou do Oeste devem ter a mínima dimensão possível.
- Utilizar abundante vegetação de copa alta principalmente para proteção contra os raios solares de Este e Oeste.
- Desejável agrupar as edificações na direção Este-Oeste, sob a mesma cobertura, mantendo corredores ou áreas abertas entre uma unidade e outra.
- Desejável que as maiores dimensões das edificações formem ângulos próximos a 90° com a direção dos ventos dominantes. Desejável que uma edificação não obstrua a passagem do vento para as edificações vizinhas.
- Desejável que os corredores entre duas edificações tenham uma largura de, no mínimo, 1/3 de seu comprimento.
- Evitar o contato das edificações com muros de arrimo, taludes etc. e garantir o escoamento das águas pluviais para a máxima distância possível.

c) Coberturas

- Evitar a utilização de lajes principalmente as horizontais.
 - Garantir a ventilação permanente, através da cumeeira, sem permitir a entrada de radiação solar, qualquer que seja a solução de cobertura.
-

- Garantir ventilação, sob controle, do espaço entre cobertura e forro.
- Materiais leves e isolantes (cerâmicas).
- Materiais e soluções isolantes (cerâmicas, concreto celular etc., com forro formando câmara de ar).

d) Paredes

- Pequena espessura e materiais leves e isolantes (madeira natural, prensada com cimento, tijolo simples ou espelho).
- Desejável proteção com segunda parede externa, ventilada (elemento vazado, bloco ou tijolo furado com canais horizontais), formando câmara de ar.
- Afastamento mínimo de 0,50 m de fornos e chaminés (sempre externos as edificações).
- Desejável que as internas sejam vazadas ao máximo.
- Desejável que as internas não cheguem ao forro.

e) Pisos

- Desejável que sejam elevados do solo.
- Desejável que o espaço entre o piso e o solo seja protegido da radiação solar e que tenha abundante ventilação.

f) Aberturas

- Guarnecidas, pelo lado externo, de persianas, treliças etc.
 - Desejável que dêem para alpendres, varandas etc., principalmente a Oeste e a Este.
 - Desejável o uso de vidros ou outro tipo de lâmina com solução que permita abertura total para o controle de ventilação.
-

- Desejável que a proteção (persianas, treliças etc.) seja móvel para permitir a entrada da radiação solar provinda de NE a NO.
- Desejável que permitam a entrada na edificação da radiação solar provinda de Nordeste a Norte e de Norte a Noroeste.
- De grandes dimensões.

II.2 Relevo e Continentalidade (Planalto)

a) Diretrizes Gerais

- Evitar radiação solar direta.
- Facilitar ao máximo a circulação do ar e a passagem dos ventos, mesmo sob chuva intensa.
- Impedir o armazenamento de água exposta ao ar.
- Desejável adotar soluções de controle da ventilação.
- Nos locais sujeitos a baixas temperaturas, facilitar, sob controle, a entrada da radiação solar provinda de NE a NO.

b) Implantação/Orientação

- Desejável orientação Norte ou Sul para as faces de maior dimensão das edificações. As faces orientadas em torno do Leste ou do Oeste devem ter a mínima dimensão possível.
 - Utilizar abundante vegetação de copa alta principalmente para proteção contra os raios solares de Este e Oeste.
 - Desejável agrupar as edificações na direção Leste-Oeste, sob a mesma cobertura, mantendo corredores ou áreas abertas entre uma unidade e outra.
 - Desejável que as maiores dimensões das edificações
-

formem ângulos próximos a 90° com a direção dos ventos dominantes. Desejável que uma edificação não obstrua a passagem do vento para as edificações vizinhas.

- Desejável que os corredores entre duas edificações tenham uma largura de, no mínimo, $1/3$ de seu comprimento.
- Não impedir a incidência da radiação solar provinda de NE a Norte e de Norte a NO.

c) Coberturas

- Indesejável a utilização de lajes.
- Materiais leves e isolantes (cerâmicas, fibrocimento, palha etc.)
- Desejável a utilização de forro e com grande espaço entre cobertura e forro.
- Garantir a ventilação permanente do espaço entre cobertura e forro.
- Desejável alpendres, varandas etc. nas orientações Leste e Oeste (com variação aproximada de $+ 15^\circ$ e $- 15^\circ$).

d) Paredes

- Materiais ou soluções isolantes (madeira natural prensada com cimento em parede dupla com câmara de ar, concreto celular, tijolo).
 - Desejável parede dupla formando câmara de ar, seja qual for o material empregado.
 - Afastamento mínimo de 0,50 m de fornos e chaminés (sempre externos as edificações).
 - Desejável que as internas não cheguem ao forro.
-

e) Pisos

- Desejável que sejam elevados do solo.
- Desejável que o espaço entre o piso e o solo seja protegido da radiação solar e que tenha abundante ventilação.

f) Aberturas

- Guarneçadas, pelo lado externo, de persianas, treliças etc.
- Desejável que dêem para alpendres, varandas etc. quando inevitável orientação Leste e Oeste (com variação da ordem de + 15° e - 15°).
- Desejável o uso de vidros ou outro tipo de lâmina com solução que permita abertura total para o controle de ventilação.
- De grandes dimensões.
- Desejável que a proteção (persianas, treliças etc.) seja móvel para permitir a entrada da radiação solar provinda de NE a NO.
- Desejável que permitam a entrada na edificação da radiação solar provinda de NE a Norte e de Norte a NO.
- Desejável que na incidência de temperaturas baixas seja possível o fechamento com o mínimo de passagem de ar e a mínima obstrução dos raios solares provindos de Leste a Norte e de Norte a Oeste.

III. Clima Quente e Úmido do Cerrado (Tropical)

a) Diretrizes Gerais

- Facilitar ao máximo a circulação do ar e a passagem dos ventos, mesmo sob chuva intensa.
-

- Desejável adotar soluções de controle da ventilação.
- Nos locais sujeitos a baixas temperaturas, facilitar, sob controle, a entrada da radiação solar provinda do NE a NO.
- Nas faces das edificações voltadas para radiação solar provinda do Sul, Oeste e Leste impedir que tanto o calor adquirido pelas superfícies externas quanto a própria radiação solar cheguem ao interior.
- Nos locais sujeitos as baixas temperaturas, facilitar o armazenamento e transmissão lenta do calor adquirido da radiação solar provinda de NE a Norte e de Norte ao NO, pelas superfícies externas.

b) Implantação/Orientação

- Desejável orientação Norte ou Sul para as faces de maior dimensão das edificações. As faces orientadas em torno do Leste ou do Oeste devem ter a mínima dimensão possível.
- Não impedir a incidência da radiação solar provinda de NE a Norte e de Norte a NO.
- Utilizar abundante vegetação para proteção contra os raios solares provindos de Este a Sul e de Sul a Oeste.
- Desejável que as maiores dimensões das edificações formem ângulos próximos a 90° com a direção dos ventos dominantes. Desejável que uma edificação não obstrua a passagem do vento para as edificações vizinhas.
- Desejável que os corredores entre duas edificações tenham uma largura de, no mínimo, 1/3 de seu comprimento.

c) Coberturas

- Indesejável a utilização de lajes sem forro.
 - Desejável a utilização de forro e com grande espaço entre cobertura e forro.
-

- Garantir a ventilação permanente do espaço entre cobertura e forro.
- Garantir a ventilação, sob controle, do espaço entre cobertura e forro.
- Evitar obstruir os raios solares provindos de NE a NO.
- Materiais e soluções isolantes (cerâmicas, concreto celular etc. com forro formando câmara de ar).
- Desejável alpendres, varandas etc., nas orientações Leste e Oeste (com variação aproximada de + 15° - 15°).

d) Paredes

- Materiais ou soluções isolantes (madeira natural prensada com cimento em parede dupla ou câmara de ar, concreto celular, tijolo).
- Desejável parede dupla formando câmara de ar seja qual for o material empregado.
- Afastamento mínimo de 0,50 m de fornos e chaminés (sempre externos as edificações).
- Desejável que as internas não cheguem ao forro.

e) Pisos

- Desejável que sejam elevados do solo.
- Desejável que o espaço entre o piso e o solo seja protegido da radiação solar e que tenha abundante ventilação.

f) Aberturas

- Guarnecidas, pelo lado externo, de persianas, treliças etc.
 - Desejável que dêem para alpendres, varandas etc., principalmente quando for inevitável a orientação a Leste ou a Oeste (com variação aproximada de + 15° e - 15°).
 - Desejável o uso de vidro ou outro tipo de lâmina com solução que permita abertura total para o controle de ventilação.
-

- Desejável que a proteção (persianas, treliças etc.) seja móvel para permitir a entrada da radiação solar provinda de NE a NO.
- Desejável que permitam a entrada na edificação da radiação solar provinda de Nordeste a Norte e de Norte a Noroeste.
- Desejável que seja possível o fechamento com o mínimo de passagem de ar e a mínima obstrução dos raios solares provindos de Leste a Norte e de Norte a Oeste.

IV. Clima Mesotérmico e Úmido das Latitudes Médias (Subtropical)

a) Diretrizes Gerais

- Facilitar ao máximo a circulação do ar e a passagem dos ventos, mesmo sob chuva intensa de verão.
- Desejável adotar soluções de controle da ventilação.
- Nos locais sujeitos a baixas temperaturas, facilitar, sob controle, a entrada da radiação solar provinda do NE a NO.
- Impedir que o calor adquirido da radiação solar pelas faces externas das edificações seja transmitido para seu interior.
- Evitar que compartimentos tenham apenas faces externas voltadas para as direções Oeste a Sul ou Este a Sul.
- Facilitar o armazenamento de transmissão lenta do calor adquirido da radiação solar provindo de NE a Norte e de Norte a NO, usando materiais de grande inércia térmica.

b) Implantação/Orientação

- Não impedir a incidência da radiação solar provinda de NE a Norte e de Norte a NO.
-

- Utilizar abundante vegetação para proteção contra os raios solares provindos de Leste a Sul e de Sul a Oeste.
- Desejável que os corredores entre duas edificações tenham uma largura de, no mínimo, 1/3 de seu comprimento em regiões de litoral ou contíguas e não barradas por grandes relevos.
- Evitar o contato das edificações com muros de arrimos, taludes etc. e garantir o escoamento das águas pluviais para a máxima distância possível.

c) Coberturas

- Desejável a utilização de forro e com grande espaço entre forro e cobertura.
- Garantir a ventilação, sob controle, do espaço entre cobertura e forro.
- Evitar obstruir os raios solares provindos de NE a NO.
- Materiais e soluções isolantes (cerâmicas, concreto celular etc., com forro, formando câmara de ar).
- Desejável proteger paredes e aberturas da radiação solar direta provinda de Leste a Sul e de Sul a Oeste.

d) Paredes

- Materiais ou soluções isolantes (madeira natural, prensada com cimento em parede dupla com câmara de ar, concreto celular, tijolo), com grande espessura.
- Desejável parede dupla formando câmara de ar seja qual for o material empregado.
- Afastamento mínimo de 0,50m de fornos e chaminés (sempre externos as edificações).

e) Pisos

- Desejável que sejam elevados do solo.
-

- Desejável que tenham ventilação com controle que permita sua eliminação nas épocas mais secas.
- Quando em contato com o solo, e desejável que sejam isolados da umidade.

f) Aberturas

- Desejável que cada compartimento tenha, pelo menos, uma abertura orientada para receber a radiação solar, provinda de Leste a Norte e de Norte a Oeste.
- Guarnecidas, pelo lado externo, de persianas, treliças etc.
- Desejável que a proteção (persianas, treliças etc.) seja móvel para permitir a entrada da radiação solar provinda de NE a NO.
- Desejável que seja possível o fechamento com o mínimo de passagem de ar e a mínima obstrução dos raios solares provindos de Leste a Norte e de Norte a Oeste.
- Localizadas de forma a permitir a ventilação e a passagem dos ventos (aberturas em faces opostas, alinhadas com a direção dos ventos dominantes), exceto quanto aos ventos provindos do sul que devem ser evitados.
- Desejável que dêem para alpendres, varandas etc., quando inevitáveis as orientações de Sudoeste (com variação aproximada de + 15° e - 15°).
- De grandes dimensões.

V. *Clima Quente e Seco da Caatinga (Semi-árido)*

a) Diretrizes Gerais

- Facilitar o armazenamento e transmissão lenta do calor adquirido pela superfícies externas.
 - Facilitar apenas a troca, sob controle, do ar interno às edificações evitando os ventos.
-

- Impedir a entrada de radiação solar direta em qualquer orientação.
- Proteger as faces externas da radiação provinda de Leste e Oeste (com variação aproximada de + 15° e - 15°).
- Facilitar a retenção da umidade.

b) Implantação/Orientação

- Desejável orientação Norte ou Sul para as faces de maior dimensão das edificações. As faces orientadas em torno do Leste ou do Oeste devem ter a mínima dimensão possível.
- Utilizar abundante vegetação para proteção (copa alta, baixa, arbustos, rasteira, trepadeira etc.) as altas copas, principalmente a Leste e a Oeste.
- Desejável espelhos d'água chafarizes etc., principalmente em pátios internos.
- Desejável agrupar as unidade ao máximo.
- Desejável pátio interno.
- Desejável semi-soterrar parte da edificação, principalmente a Oeste e a Leste.

c) Coberturas

- As lajes, se forem utilizadas devem ter grande espessura ou ser preenchidas de material que aumente sua inércia térmica ou as proteja da radiação solar (areia, terra com gramado, água, tijolo furado ou pedra argila expandida com água etc.).
- Desejável ventilação sem entrada de radiação solar.
- Desejável forro formando câmara de ar.

d) Paredes

- Grande espessura e materiais pesados e maciços (tijolo, pedra, taipa, concreto etc.)
-

- Desejável parede dupla com câmara de ar fechada.

e) Pisos

- Desejável que sejam absorventes e, nos casos de baixos valores de umidades sejam umidecidos (tijolo sobre areia, cerâmicas porosas etc.).

f) Aberturas

- De pequenas dimensões, apenas suficientes para ventilação e iluminação.
- Guarnecidas de persianas, treliças etc e de vidro ou lâminas que permitam abertura.
- Desejável que dêem para pátios internos, para alpendres ou áreas sombreadas.

Um instrumento de grande utilidade para o arquiteto na avaliação preliminar das respostas da arquitetura aos problemas climáticos, contendo recomendações de desenho para um dado clima, são os quadros de Mahoney:

QUADROS DE MAHONEY

1 a 4

LOCALIDADE
LONGITUDE
LATITUDE
ALTITUDE

QUADRO 1: TEMPERATURAS

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	+ alta	TM
Média das Máximas														
Média das Mínimas														
Varição Média Mensal													+ baixa	DM

TMA: Temperatura Média Anual = (+ alta) + (+ baixa)/2

DMA: Diferença Média Anual = (+ alta) - (+ baixa)

Varição Média Mensal = Diferença, para cada mês, entre a média das Máximas e a

QUADRO 2: UMIDADE, CHUVA E VENTO

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Umidade Relativa Máxima												
Umidade Relativa Mínima												
Média												
Grupo de Umidade (GU)												
Pluviosidade (mm)												
Ventos Dominantes												

G.U.
< 30 % : 1
30 – 50 : 2
50 – 70 : 3
> 70 % : 4
Total anual
mm

QUADRO 3: CONFORTO

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Grupo de Umidade (GU)												
Temperaturas												
Média das Máximas												
Conforto Máximo												
Diurno												
Mínimo												
Média das Mínimas												
Conforto Máximo												
Noturno												
Mínimo												

Rigor Térmico

Q : muito quente
– : conforto
F : muito frio

1 e 2 - De acordo com tabela Limites de Conforto.

LIMITES DO CONFORTO

G.U.		TMA > 20° c		15° < TMA < 20°		TMA < 15° c		G.U.
Umidade	Grupo	Dia	Noite	Dia	Noite	Dia	Noite	Grupo
0 – 30%	1	26 – 34	17 – 25	23 – 32	14 – 23	21 – 30	12 – 21	1
30 – 50%	2	25 – 31	17 – 24	22 – 30	14 – 22	20 – 27	12 – 20	2
50 – 70%	3	23 – 29	17 – 23	21 – 28	14 – 21	19 – 26	12 – 19	3
70 –	4	22 – 27	17 – 21	20 – 25	14 – 20	18 – 24	12 – 18	4

QUADRO 4: INDICADORES

		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
U1	Ventilação Indispensável													
U2	Ventilação Conveniente													
U3	Proteção contra a chuva													
S1	Armazenamento Térmico (inércia)													
S2	Espaço p/dormir ao ar livre													
S3	Problemas de estação fria													

		RIGOR TÉRMICO	G.U.	V.M.M.	CHUVA
U	Q DIURNO		4		
	Q DIURNO		2 OU 3	< 10°	
U	- (CONF. DIURNO)		4		
U					> 200
S1			1, 2 OU 3	> 10°	
S2	Q NOTURNO		1 OU 2		
	Q DIURNO E - NOTURNO		1 OU 2	> 10°	

QUADROS DE MAHONEY

Recomendações para o desenho

LOCALIDADE
LONGITUDE
LATITUDE
ALTITUDE

TOTAL DOS INDICADORES (De acordo com o quadro 4)					
ÚMIDO			SECO		
U1	U2	U3	S1	S2	S3

1. PLANOS DE MASSA

			0 – 10		Edifícios orientados ao norte-sul, com eixo longitudinal leste-oeste para menor exposição ao sol.
			11 ou 12	5 – 12	Plano compacto com núcleo interior (quintal)
				0 – 4	

2. ESPAÇAMENTO ENTRE OS EDIFÍCIOS

11 ou 12					Grandes espaçamentos p/ permitir penetração do vento
2 – 10					Condição anterior, porém com proteção ao vento quente ou frio
0 ou 1					Planos compactos

3. MOVIMENTO DO AR

3 – 12					Edifícios em fileira única cujas disposições permitam movimento permanente do ar
1 ou 2		0 – 5			Edifícios em fileira dupla cujas disposições permitam movimento intermitente do ar
		6 – 12			
0	2 – 12				Não é necessário movimento do ar
	1 ou 2				

4. TAMANHO DAS ABERTURAS

		0 ou 1		0	Grandes, 40 a 80 % das elevações norte e sul
				1 – 12	Médias, 25 a 40 % da superfície das paredes
		2 – 5			
		6 – 10			Intermediárias, 20 a 35 % da superfície das paredes
				0 – 3	Pequenas, 15 a 25 % da superfície das

5. POSIÇÃO DAS ABERTURAS

3 – 12					Aberturas nas paredes norte e sul, colocadas na altura do corpo no lado exposto ao vento
1 ou 2		0 – 5			Condição anterior, porém com aberturas nas
		6 – 12			

6. PROTEÇÃO DAS ABERTURAS

				0 – 2	Exclusão da luz direta do sol
	2 – 12				Prever proteção contra a chuva

7. PAREDES

		0 – 2			Leves: baixa inércia térmica
		3 – 12			Pesadas: tempo de transmissão térmica acima de oito horas

8. COBERTURAS

10 – 12		0 – 2			Leves: superfícies refletoras e câmara de ar
		3 – 12			Leves e bem isoladas
0 – 9		0 – 5			Pesadas: tempo de transmissão térmica

9. ESPAÇOS EXTERIORES

			1 – 12		Necessita-se de espaço para dormitório ao ar livre
	1 – 12				Drenagem adequada pra água da chuva

III.9 - Especificidade dos Estabelecimentos de Saúde

A diversidade tipológica dos ES é condicionada ao tamanho, complexidade de atendimento, nível de cobertura populacional e grau de hierarquia no sistema de saúde. A medida que a complexidade funcional aumenta mais difícil determinar soluções integrais que visem obter o conforto ambiental. A necessidade de fortes interrelações funcionais é tão preponderante, em estabelecimentos de grande porte, que as outras dimensões do projeto de arquitetura – estética e técnica ficam à reboque do arranjo das funções – organograma.

Assim as soluções de conforto podem se constituir como elementos de partido - no caso de ES simplificados; ou serem “receitas” a serem introduzidas após a definição do projeto.

As recomendações citadas para cada característica climática, podem ser absorvidas globalmente ou em partes dependendo dos outros fatores condicionantes que nortearão o projeto.

ASPECTOS EXTERNOS

Em todas as situações climáticas os critérios de orientação para as soluções verticalizadas são fundamentais - especialmente nas áreas de maior permanência (internação, espera etc.). para as soluções pavilhonares as soluções de cobertura, pé direito, e aberturas (tamanho e localização) devem ser preponderantes para obtenção do conforto térmico.

ASPECTOS INTERNOS

A obtenção do conforto ambiental a nível interno é especialmente determinada pelo dimensionamento das circulações, beirais (ou varandas), pés-direito e aberturas. A nível interno também, deve-se priorizar, para a obtenção de melhoria do ambiente,

os espaços de maior permanência (usuários em geral e pacientes) – mesmo em setores onde o condicionamento de ar artificial é obrigatório, pois implicará em redução do consumo de energia.

Para os tipos de climas mais temperados esses valores talvez sejam ótimos, mas para situações climáticas de tensão térmica positiva (tanto tendentes para o úmido quanto para o seco) esses valores deverão ser reavaliados conforme apresentado, sobretudo em função das especificidades climáticas e da paisagem das diversas localidades.

CONFORTO ACÚSTICO

IV

A mensagem comumente transmitida por sistemas de sinalização nas imediações de zonas hospitalares ou mesmo no interior de estabelecimentos de saúde como, no exemplo do cartaz tantas vezes reproduzido da enfermeira pedindo silêncio (com o indicador nos lábios) denota uma preocupação inerente à maior parte dos tipos de ES – a necessidade de silêncio.

A programação arquitetônica dos ES deverá obedecer alguns princípios relativos a obtenção de conforto acústico, sobretudo para os estabelecimentos situados em interstícios urbanos, onde a incidência de ruído cada dia vem se agravando - em virtude do aumento do tráfego de veículos ou mesmo por deturpações do zoneamento para atividades urbanas, quando existente.

Além desses fatores, o próprio ES, pelas diferentes atividades que comporta, pode produzir desconforto acústico em função das localizações e proximidades entre determinadas zonas geradoras de ruído dentro do próprio estabelecimento.

Os sons são perturbações vibratórias que se propagam nos meios materiais e capazes de serem detectados pelo ouvido humano. Quando detectados produzem tanto sensações agradáveis, sons musicais, que convecinou-se denominar simplesmente de som; quanto sons desagradáveis, não musicais, chamados de *ruídos*.

O limiar entre o som e o ruído comporta toda uma dimensão psicológica, dificultando o estabelecimento de limites precisos entre eles. Sabe-se que a irritação nas pessoas produzida por fontes de ruído depende de seu tempo de duração, cruzamentos súbitos de intensidade, da informação trazida pelo ruído e pelo estado de espírito, forma física e atividade da pessoa submetida à fonte sonora.

Nos estabelecimentos de saúde, onde os pacientes normalmente encontram-se com sensibilidade mais apurada, a compreensão pelo projetista da dimensão psicológica na percepção humana do som é de suma importância na definição da programação arquitetônica.

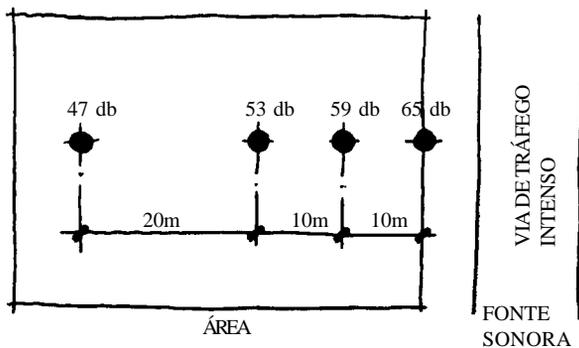
Geralmente são enfatizados o controle do ruído, em virtude da irritação e malefícios à saúde que trazem. Deve-se, no entanto,

observar que alguns sons produzidos podem caracterizar conforto: o barulho de uma cascata num jardim interno, o barulho da chuva, canto dos passáros etc. Esses sons benéficos devem ser, sempre que possível, aproveitados nos E.S.

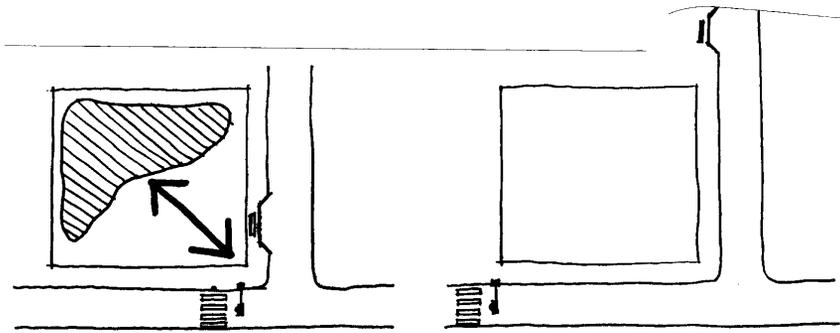
IV.1 - Procedimentos para Controlar o Ruído

Segundo Koenigsberger et alli, contra o ruído exterior, o arquiteto dispõe dos seguintes meios de proteção: distância, não utilização de zonas de som dirigido, utilização de barreiras contra o ruídos, posicionamento das aberturas e utilização de materiais isolantes. Para os ruídos gerados dentro do edifício os mesmos autores listam as seguintes medidas a serem consideradas: redução na fonte do ruído; isolamento da fonte através de barreira absorvente; zoneamento das atividades, redução do ruídos produzidos por impacto; utilização de superfícies absorventes; utilização de construções herméticas com isolamento acústico, redução da transmissão sônica pelas estruturas mediante descontinuidades. Estas medidas serão consideradas uma a uma.

a) **distância:** como já observado, as áreas para ES situadas em interstícios urbanos estão mais sujeitas ao ruído, sobretudo se próximas a vias de tráfego intenso. Neste caso, o edifício deve situar-se o mais distante possível dessa fonte sonora. A duplicação da distância reduz o nível de ruído em 6 dB.



b) **não utilização de zonas de ruído dirigido:** as paradas de ônibus e/ou semáforos constituem locais pontuais geradores de ruídos. Caso a área do ES esteja situada próxima a estes locais, esses deverão ser remanejados ou o edifício localizar-se o mais distante possível deles. A diferença desse exemplo com o do item anterior (via de tráfego interno como fonte sonora) reside no fato de ser mais fácil remanejar mobiliários urbanos do que todo um sistema de circulações de veículos.



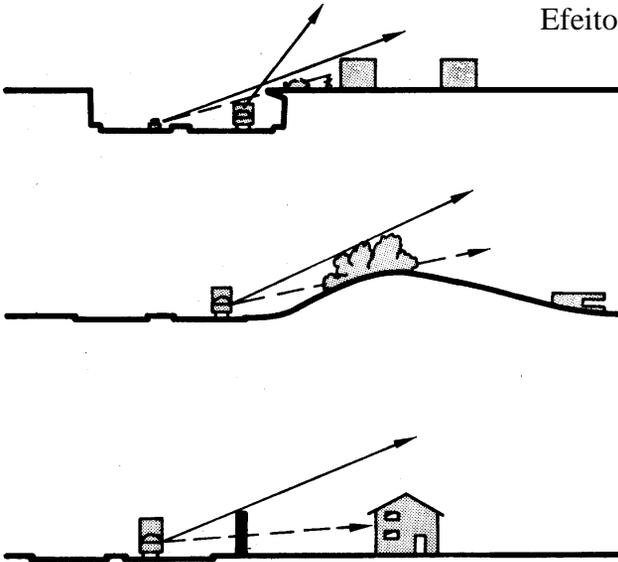
Localizar o edifício o mais distante possível das fontes de ruído ou ...

remanejar estas fontes (no exemplo, semáforo e baia de ônibus).

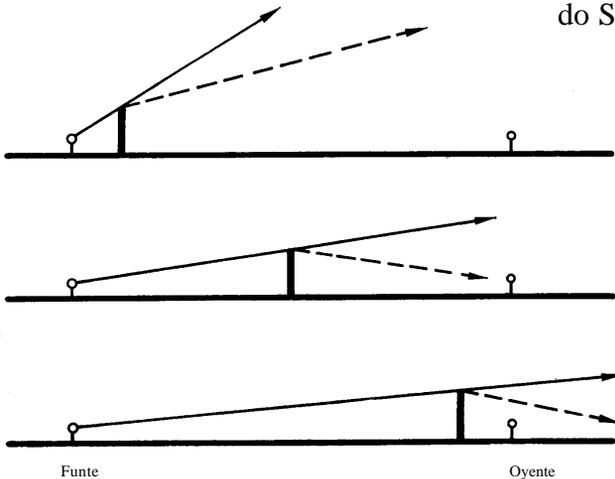
c) **utilização de barreiras como telas de proteção contra o ruído**

O croqui da página seguinte ilustra o efeito das telas de proteção produzido por determinadas barreiras.

Efeito Tela das Barreiras



O Tracejado Indica a Trajetória do Som sem a Barreira



FONTE:
Koenigsberger et Alli
(1974)

- As três trajetórias acima apresentam o mesmo grau de difração do som;
- A melhor posição da barreira é a mais próxima da fonte;
- Pior posição: ser equidistante da fonte ou do receptor.

O próprio *lay-out* do edifício pode propiciar barreiras a fontes de ruído externo. Algumas zonas de um ES, como, por exemplo, as áreas de produção (cozinha, lavanderia, almoxarifado etc.) são menos sensíveis ao ruído, podendo ser utilizados como barreiras entre pontes externas e zonas sensíveis no interior do ES.

d) **posicionamento das aberturas:** as aberturas de um ES, em especial as das áreas de internação, por exemplo, deverão estar voltadas para locais menos ruidosos. As aberturas normalmente são os pontos mais frágeis à penetração do ruído.

Se o terreno, objeto da implantação, estiver localizado entre duas vias, uma de tráfego intenso e a outra menos movimentada, deve-se priorizar a localização mais afastada da internação em relação a via mais ruidosa. Não sendo possível esta unidade deverá ter um desenho onde as aberturas se localizem em oposição às fontes de ruído.

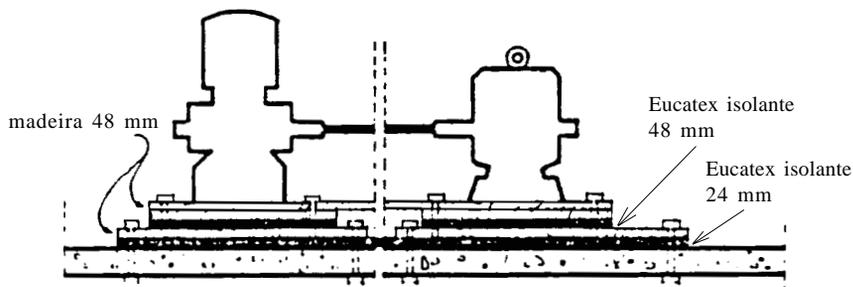
e) **isolamento sonoro para o edifício:** a utilização de materiais isolantes acústicos, pelo custo que acarretam (ou mesmo por gerarem condições de desconforto térmico em alguns casos) ter prioridade sobre os sistemas de controle mais passivos, como os apresentados anteriormente.

Para o caso de uma necessária utilização de materiais como isolantes acústicos apresenta-se em anexo relação de materiais utilizados em paredes, janelas portas e entrepisos com os respectivos níveis de redução da intensidade dos ruídos (em dB).

f) **redução da fonte do ruído:** Os ruídos produzidos por alguns equipamentos (compressores, motores, geradores) em determinadas zonas de atividades de um ES podem ser reduzidos através do amortecimento de suas vibrações mecânicas. São utilizados para tal fim os seguintes materiais: tecidos, feltros, linóleos, lã de vidro, placas, de eucatex, isopor, poliestireno, neoprene etc.

De Carvalho (1967) extraiu-se o exemplo, ilustrado a se-

guir, onde através da utilização de placas isolantes foi observada uma redução de vibração no compressor da ordem de 90%:



Isolamento de máquina com camadas de madeira e Eucatex.

IV.2 - Normas para Controle Acústico

A portaria do Ministério do Trabalho de 08/06/78 que define normas regulamentadoras de Segurança e Medicina do Trabalho (NR 15), traz em seu anexo nº 1 os limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente e no anexo nº 2 os limites de tolerância para ruídos de impacto.

A Norma Brasileira NB-95 estabelece os níveis de ruído aceitáveis para diferentes atividades.

A NB-101, aprimora a NB-95 fixando níveis de ruído compatíveis com o conforto acústico em ambientes diversos.

IV.3 - Outras Considerações

No que se refere ao controle acústico, algumas considerações relacionadas a tomada de decisões quanto ao projeto do ES, devem ser mencionados:

Isolamento acústico x flexibilidade dos espaços:

A desejada condição de flexibilidade dos ES criada pela constante mudança de funções, rotinas e equipamentos, exige a utilização de envoltórios (paredes, pisos e tetos) removíveis - ou pelo menos recambiáveis.

Esses elementos são igualmente constituídos de materiais pouco espessos e/ou encaixáveis (papéis, forro em placas etc.) que, por serem leves, dificilmente promovem isolamento acústico adequado. É importante pois a definição correta dos níveis de flexibilidade que se pretende alcançar durante a concepção do projeto para se evitar desnecessários conflitos gerados pela produção de ruído nos ES.

Enfermaria aberta X apartamentos:

De maneira similar à situação apresentada anteriormente, a tomada de decisão quanto à opção por espaços mais socializados do que individuais (enfermarias com mais pessoas em oposição a quartos individuais) deve ser um dos fatores abordados na fase de planejamento de um ES.

Em função do nível de tranqüilidade almejado para algumas áreas do ES, é importante frisar que enfermarias produzem mais ruídos do que apartamentos. Em relação ao controle acústico, alternâncias entre esses dois tipos de alojamentos devem ser evitados.

Por outro lado, para algumas patologias são recomendados, com fins terapêuticos, agrupamentos de pacientes, em detrimento de uma melhor qualidade acústica.

Localização de atividades produtoras de ruído (pelos próprios pacientes):

Nas alas de internação, as salas de curativos, em especial as da pediatria, devem considerar o isolamento acústico uma vez que os gritos dos pacientes geram impactos psicológicos desagradáveis.

Na emergência, apesar dos gritos, esse problema fica minimizado pelo próprio caráter emergencial dessa unidade.

O controle acústico, nos dois níveis abordados - externo e interno, deve ser efetuado em estreita ligação com o controle térmico dos ambientes.

Em países tropicais, como é o caso do Brasil, sobretudo nas regiões quentes e úmidas, as edificações devem ser bem ventiladas, com amplas janelas e espaços abertos. Esta condição pode gerar conflito com o controle acústico. Compete ao arquiteto cotejar os diferentes pesos destas condicionantes na situação encontrada e priorizar a que trará melhor benefício.

**CONFORTO LUMINOSO
(ILUMINAÇÃO
NATURAL)**

V

Os ES, dependendo de seu porte, são locais onde o consumo de energia elétrica é considerável. Muito do custo com energia para iluminação poderia ser reduzido se explorada uma fonte, abundante em um país tropical como o nosso – a própria iluminação natural. Além disso, o consumo de um quilowatt de energia poupada é consideravelmente mais barato que o consumo de quilowatt de energia nova produzida (cerca de 5 vezes).

É evidente que para alguns ambientes, pelas atividades que comportam ou por questões técnicas, a utilização da iluminação natural torna-se inadequada ou mesmo proibitiva (nas câmaras de revelação radiográficas, sala de exames de imunofluorescência etc.). No entanto em muitos ambientes de um ES – espera, circulações e vestíbulos, sua utilização é perfeitamente compatível.

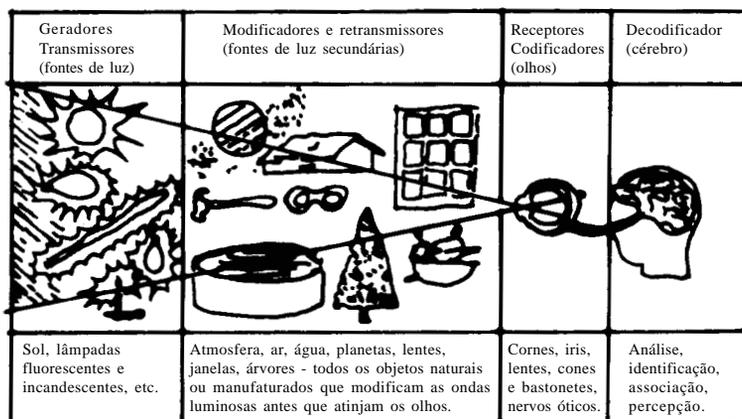
A programação arquitetônica, nesse sentido desempenha um papel fundamental, tanto na busca de uma eficiência energética (com a economia em energia elétrica que gera); quanto no aprimoramento de um recursos natural – que repercuta na qualidade do projeto enquanto adaptado a uma característica local.

V.1 - O Conforto Luminoso

FITCH (1972) define que a complexidade do processo da visão está condicionada a fenômenos físicos, fisiológicos e psicológicos - assim como os outros sentidos humanos. É contudo, a fonte de informação mais importante a respeito do espaço ambiental – forma, tamanho, locação e características físicas do mundo dos objetos.

O maior ou menor esforço no desempenho de uma atividade está pois condicionada a melhor percepção visual dos objetos. Estudos definem o nível de iluminamento mínimo a ser obtido para melhor desempenho das tarefas – (ver NR-15, Anexo 4, Portaria de 08/06/78 do Ministério do Trabalho – Níveis mínimos de iluminamento em lux - por atividade - em anexo). Estes estudos

se relacionam a condição de trabalho; referem-se pois à categoria usuário - funcionário dos ES.



FONTE: FITCH, 1972, IN: MEC/CAPEs (1985)

Os efeitos nocivos da iluminação não se relacionam apenas aos aspectos quantitativos (nível mínimo de lux por atividade) mas também aos aspectos qualitativos. Os efeitos qualitativos negativos que interferem no conforto visual são:

- a) Velamento: criado por luz intensa difusa no ambiente e reduz o contraste de luz e sombra na imagem - efeito muito empregado em filmes onde aparecem “fantasmas do além”: gera a sensação de insegurança, especialmente em pacientes;
- b) Ofuscamento: causado por intensa luz direta que incide sobre os olhos do usuário;
- c) Deslumbramento: causado pela luz que penetra diretamente na pupila formando focos de escuridão como quando se olha para a luz intensa;
- d) Iluminamento uniforme prolongado: o orgulho dos En-

genheiros luminotécnicos em manter um ambiente constantemente e homoganeamente iluminado traz prejuízos ao mecanismo fisiológico do ser humano. Estes efeitos são observados tanto nos funcionários de ES que tiram plantão em áreas fechadas, como espeleólogos que passam dias nas cavernas e têm seu ciclo biorrímico completamente alterado.

Assim recomenda-se que os ambientes dos ES antigamente considerados fechados - como UTI, Recuperação Pós-Anestésica, Centro Cirúrgico e Obstétrico tenham a propriedade de receber a iluminação natural - tanto como fator de diminuição do custos de energia consumida mas, principalmente, como fator de equilíbrio do ciclo metabólico. Tanto para pacientes como para funcionários (excetuam-se os pacientes com fotossensibilidade).

V.2 - Decisão Arquitetônica

Normalmente, em razão da necessidade de se agrupar funções compatíveis (Radiologia próxima da Emergência; sala de espera próxima ao consultório etc.) o partido arquitetônico gera grandes massas edificadas – como o caso de ambulatório, dificultando a criação de janelas em todos os ambientes.

Para compatibilizar a necessidade de iluminação natural de todos os ambientes, com a integração funcional recomenda-se o artifício dos “sheds”, vazios (jardins), canteiros ou domos. Contudo, a relação adequada, para efeito de melhor aproveitamento de iluminação natural, é utilizar “blocos pavilhões” com largura máxima de 15 metros (Kruguer, 1985).

V.3 - Visão Zen

Diferentes graus de iluminação em um único ambiente, tanto em quantidade como em qualidade, geram agradável sensação

visual. Efeito muito explorado pelos decoradores, através do uso de diferentes tipos de luminárias, e pelos arquitetos de catedrais - inclusive Le Corbusier em Ronchamps. O conceito da visão Zen constitui, segundo Alexander (1977), em valorizar uma paisagem, um ambiente ou um objeto não por sua franca e óbvia intensidade luminosa, mas pela sutil e gradual percepção de sua presença - o que os torna mais valiosos e aprazíveis. Estendendo este conceito para as áreas de internação que vislumbrem belas paisagens (quando isso é possível) evitar janela de grande porte (ou mesmo panos de vidro).

V.4 - Luz Difusa e Luz Direta

Os diversos ambientes do ES requerem diferentes tipos de iluminação para melhor conforto visual. Nos ambientes de trabalho é sempre preferível a luz difusa (refletida por elementos construtivos do ambiente) – tetos, paredes e pisos. Já nos ambientes de fototerapia (solários, parques, bosques, esperas e local de visitas coletivas) recomenda-se a luz direta (incidente).

V.5 - Artifícios de Reforço de Iluminamento

O aclaramento dos ambientes internos não é só devido à fonte de luz natural proveniente das aberturas (janelas, *sheds* etc.). A distribuição do fluxo luminoso, pelo ambiente, se faz pelo somatório de reflexões (internas e externas) no ambiente. O uso de cores e materiais refletivos - tanto a nível interno como externo, podem potencializar um nível de iluminamento natural interno (Chicherchio).

V.6 - Cores

O uso de cores como instrumento de conforto ambiental tem sido amplamente estudado. Gropius (1945) já mencionara,

em seu livro sobre a Nova Arquitetura, que a “cor e textura de superfície têm, por assim dizer, uma existência própria e emitem energias físicas, que são até mensuráveis. O efeito pode ser quente ou frio, aproximativo ou retrocessivo em relação a nós, de tensão ou de repouso, ou mesmo repulsivo ou atraente.”

Além de funcionar como instrumento de melhora da condição visual (pela reflexão) a cor, como já mencionou-se, tem funções terapêuticas. A cromoterapia propõe a restauração do equilíbrio a partir da utilização das cores.

Pimentel (1992) apresenta uma tabela que relaciona a cor as influências sobre o ânimo:

Amarelo	estimulação mental, concentração. Incentiva a conversação;
Azul	tem efeito tranquilizante e refrescante. Evita a insônia;
Branco	o excesso de claridade pode levar a um cansaço mental;
Laranja	estimulante, dá um ar social ao ambiente;
Lilás	sedante, pode causar sensação de frustração;
Rosa	aconchega, traz calor sem excitação;
Verde	recompõe, equilibra. Efeito regenerador;
Vermelho	excitante, pode deixar as pessoas agitadas e irritadiças.

O emprego das cores nos ES deve considerar o tempo de permanência do usuário (quer paciente, quer funcionário) e a condição de saúde. Deve-se evitar excitar pacientes estressados ou acalmar pacientes em estado de prostração – por exemplo.

**A VEGETAÇÃO COMO
INSTRUMENTO DO
CONTROLE DA
QUALIDADE
AMBIENTAL**

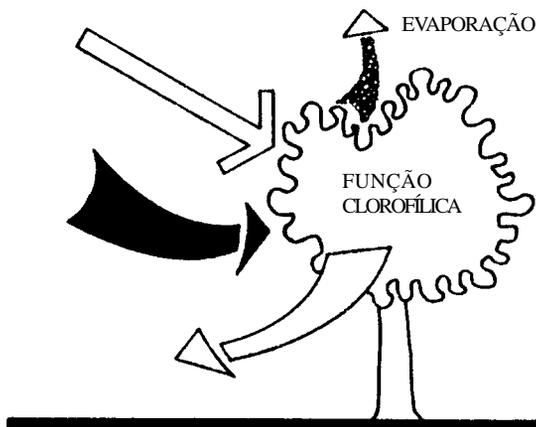
VI

A vegetação em suas diferentes formas (espécies isoladas, como cobertura vegetal ou como um conjunto – área verde) influencia decisivamente no controle da qualidade ambiental – quer seja no conforto térmico, no conforto acústico ou no conforto luminoso. A seguir utilizando a itemização de Izard e Guyot (1980) descreve-se os efeitos da vegetação.

VI.1 - Vegetação como Moderadora da Temperatura

a) Efeito de Oxigenação

Este efeito contribui, nas áreas urbanas, para minimização do “efeito estufa”; pois controla a emissão de gás carbônico na atmosfera. A produção de oxigênio de 1 km² de floresta ou 2 km² de campo é da ordem de 1000 toneladas.



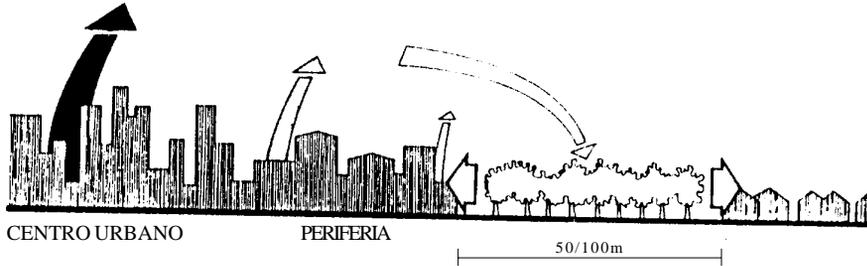
Efeito oxigenante da vegetação. A radiação solar é seu agente principal.

FONTE: IZARD e GUYOT (1979)

b) Efeito de Umidificação

No meio urbano, 1 hectare de bosque pode produzir, por evapotranspiração, cerca de 5.000 toneladas de água por ano. O

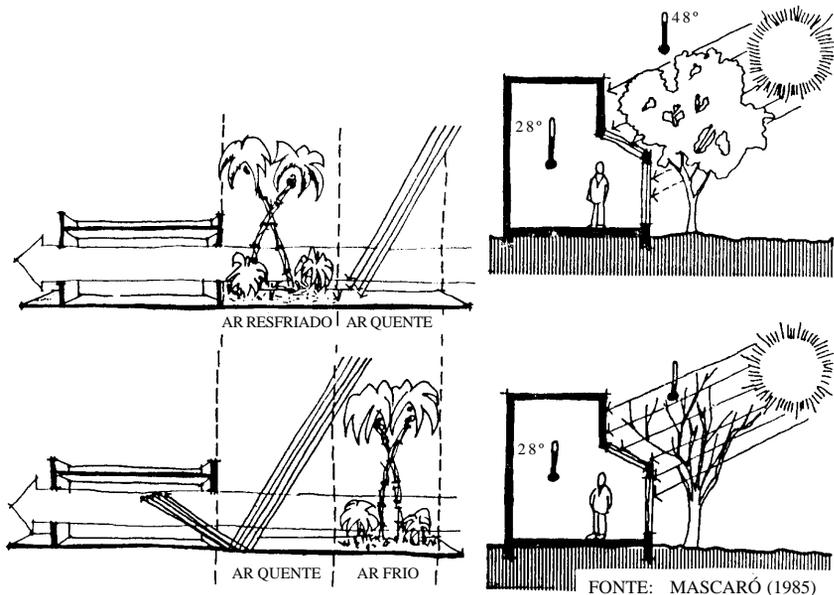
consumo de calor latente, por evaporação, deste vapor de água permite decréscimo de temperatura. Este efeito pode ser observado no meio urbano conforme mostra o seguinte croqui.



Efeito da umidificação do ar em função da proximidade de áreas verdes arborizadas.

FONTA: IZARD s GUYOT (1979)

No próprio edifício - “a colocação correta de vegetação permite a absorção da radiação solar e o esfriamento do ar que penetra no edifício”.



FONTA: MASCARÓ (1985)

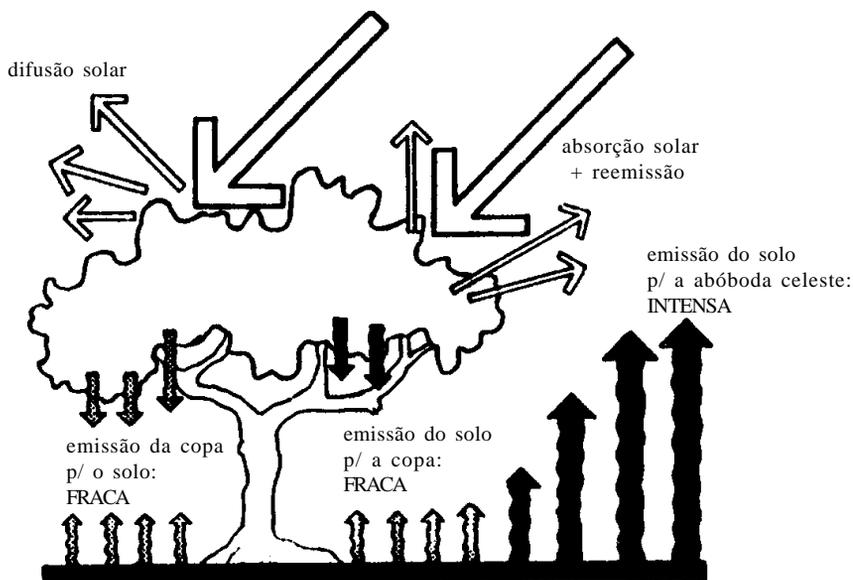
c) Efeito de fixação de material particulado (poeira).

Izard e Guyot (1980) afirmam que a vegetação fixa muito mais material particulado que outros materiais (uma árvore fixa sessenta vezes mais poeira que o asfalto). Nos ES este fator é decisivo para a assepsia e controle da qualidade do ar nos espaços construídos.

d) Efeito de controle da radiação:

d.1) de curto comprimento de onda - onde os efeitos de reflexos ou deslumbramentos na sombra e no sol se atenuam consideravelmente pela luz difusa presente na cobertura vegetal;

d.2) de longo comprimento de onda - a vegetação exerce, através da transmissão e absorção de radiação, influência sobre a temperatura local - microclima.

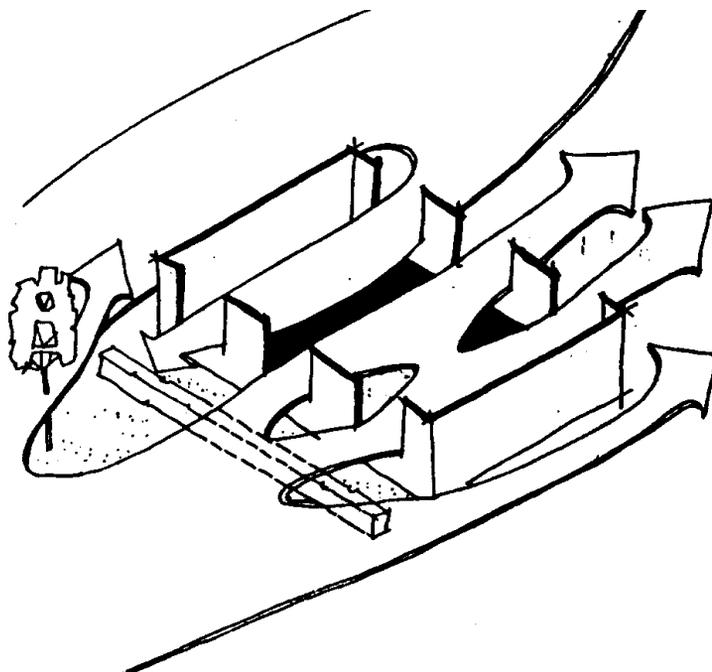


Efeito da dosagem pela vegetação das radiações de grande comprimento de onda.

FONTE: IZARD e GUYOT (1979)

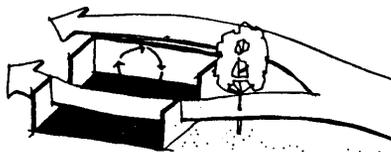
VI.2 - Vegetação como Controladora e Direcionadora da Ventilação Local

Mascaró (1985) apresenta vários exemplos de alteração do movimento de ar (ventilação) através do uso e disposição da vegetação.

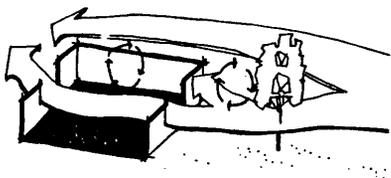


Cerca a 3,00m do edifício e árvore localizada assimetricamente a 6,00m.

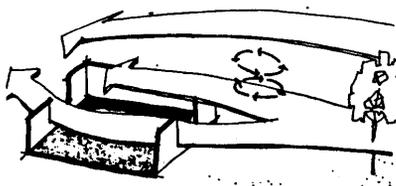
FONTE: MASCARÓ (1985)



Árvore a 1,70m do edifício, no centro da fachada

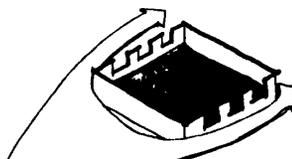


Árvore a 3,00m do edifício, no centro da fachada

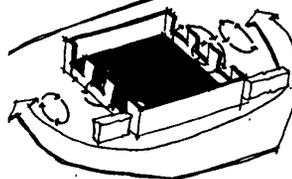


Árvore a 10m do edifício, no centro da fachada

Abertura a 90° com a direção do vento local sem ventilação.



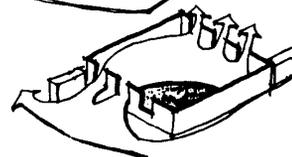
Com cerca viva na fachada frontal ao vento. Não melhora muito a ventilação.



Com cercas vivas na fachada oposta à direção do vento melhora a ventilação.



Com cercas vivas colocadas alternadas, uma em pressão e outra em sucção o local fica ventilado.



VI.3 - Espaços Internos

Por muito tempo predominou a idéia de se evitar, nos espaços interiores dos ES, o uso de jardins. Este conceito se associa ao de assepsia. Entretanto, a assepsia dos espaços internos se dá pela rotina de manutenção e não pela presença de plantas. O exemplo mais contundente é o do Hospital do Aparelho Locomotor - Sarah Kubitscheck, localizado em Brasília, onde se verificam as mais baixas taxas de infecção hospitalar apesar de densamente ajardinado.

O paisagismo do edifício contribui, como já visto, para o conforto térmico e visual. Na verdade ainda não se tem estudado com profundidade a influência da vegetação no acréscimo ou diminuição da infecção hospitalar. Hoje, a extinção de vegetação das áreas consideradas fechadas (centro cirurgico, isolamento, UTI, recuperação anestésica etc.) é mais uma questão de prevenção do que, de fato, uma comprovação de que as plantas são incompatíveis com áreas fechadas.

BIBLIOGRAFIA

VII

- ABNT, *Manual de Normas Técnicas*,
- ALEXANDER, Christopher et alli, *A Pattern Language, Towns, Buildings, Construction*, Oxford, N.Y., 1977.
- BNH-CEPAM, *Diretrizes Para o Controle de Obras Pelo Município*, Dept. de Pesquisa, Rio, 1981.
- CARVALHO, Benjamim de A., *Acústica Aplicada à Arquitetura*, Ed. Freitas Bastos, São Paulo, 1967.
- CAVALCANTI, David, *Legislação de Conservação da Natureza*, Rio de Janeiro, 1981.
- CHOAY, Françoise et MERLIM, Pierre, *Dictionnaire de L'urbanisme et de L'aménagement*, PUF, 1988.
- CONSTITUIÇÃO DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL, Centro Gráfico do Senado, Brasília, 1988.
- DAJOS, Roger, *Precis D'ecologie*, Dunod, Paris, 1971.
- De MARCO, Conrado Silva, *Elementos de Acústica Arquitetônica*, Ed. Nobel, 2ª Ed., São Paulo, 1986.
- FERNANDES, Pierre, *L'aide a la Conception Climatique en Pays Chauds*, Ceea, Toulouse, 1986.
- FROTA, Anésia Barros e SCHIFFER, Sueli Ramos, *Manual de Conforto Térmico*, Ed. Nobel, São Paulo, 1987.
- GROPIUS, Walter, *Bauhaus: Novarquitetura*, Editora Perspectiva, São Paulo, 1972.
- IZARD, Jean-Louis e GUYOT, Alain, *Archi Bio*, Parenthèses, Roquevaire, 1979.
- KOENIGSBERGER, Otto et alli, *Manual of Tropical Housing and Building - Part One: Climatic Design*, Longman, UK, 1974.
- KRUGUER, Mario Julio, *Programação Arquitetônica Hospitalar*, Mimeo UnB, 1985.
- MACHADO, Isis et OLIVEIRA, Tadeu et RIBAS, Otto, *Cartilha: Procedimentos Básicos para uma Arquitetura no Trópico Úmido*. Ed. PINI, São Paulo, 1986.
- MASCARÓ, Lúcia R. de, *Energia na Edificação - Estratégias para minimizar seu consumo*, Projeto Editores Associados, São Paulo, 1985.
- MEC/CAPES, *Controle Ambiental em Arquitetura, Curso de especialização, módulo 1*, Mimeo UnB, 1985.

- MINISTERE DES RELATIONS EXTERIEURES, *Bioclimatisme en Zone Tropicale*, GRET, Paris, 1986.
- MINISTERE DES RELATIONS EXTERIEURES, *Toitures en Zones Tropicales Arides*, GRET, Paris.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE/SNABS, *Normas e Padrões de Construções e Instalações de Serviços de Saúde*, Centro de Documentação do MS, Brasília, 1983.
- MOLINER, Fernando Ramon, *Conforto Termico y Ventilación en una Situacion Urbana*, Gráfica Hernandez, Madrid, 1977.
- MOTA, Suetônio, *Planejamento Urbano e Preservação Ambiental*, UFC, PROED, Fortaleza, 1981.
- MUELLER, Conrad G. et alli, *Luz e Visão*, Livraria José Olympio, RJ, 1966.
- O GLOBO, in, *A cor certa no ambiente*, Jornal de 24/05/92, artigo de Claudia Rodrigues.
- OLIVEIRA, Paulo Marcos Paiva de, *Cidade Apropriada ao Clima - A forma urbana como instrumento de controle do clima urbano*, Editora UnB, Brasília, 1988.
- OPAS/OMS, *Criterios de Planificacion y Deseño de Instalaciones de Atencion de la Salud en los Paises en Desarrollo vol. 1, 2, 3 e 4*, Piboleau Ed., 1979.
- PRATINI, Edison, *Morfologias Urbanas e o Potencial de Iluminação Natural nos Espaços Interiores da Edificações*, Tese de Mestrado, Mimeo UnB, 1991.
- RIVERO, Roberto, *Acondicionamento Térmico Natural - Arquitetura e Clima*, DC Luzzatto, trad. Aroztegui, 2ª ed., Porto Alegre, 1985.
- SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DA PRESID-NCIA DA REPUBLICA, *Resoluções do CONAMA 1984 a 1990*, IBAMA, 1990, 3ª ed.
- STEVENS, S. et alli, *Som e Audição*, Livraria José Olimpio, RJ, 1970.
-