

Arquitetura e Conforto da Cidade Universitária

PAULO SÁ

UM dos aspectos característicos do progresso mais recente das ciências de construir e da arte de habitar está, com certeza, na importância crescente que se vem emprestando às considerações de conforto no ambiente que por meio delas se vai criar.

Não que, em outros tempos, se deixassem de lado tais considerações. A verdade, porém, é que a habitação depois de ter sido, nos primórdios da humanidade, sobretudo um abrigo e um refúgio, passou a ser, desde o início de sua evolução, considerada como alguma coisa que se devia fazer bela, que se devia decorar, que se faria para ser vista.

As figuras de animais nas cavernas dos trogloditas mostram, no seu berço, essa preocupação do homem primitivo que se desenvolveu e ampliou no homem das civilizações posteriores, com o hieratismo das colunatas egípcias de há 50 séculos, com o esplendor apolíneo das construções da Atenas de Pericles ou da Roma dos Césares, como a majestade austera dos castelos medievais, com a orgia de côres e da forma dos palácios do Renascimento.

Visando, porém, sempre o belo, procurando sempre conseguir no que construíam "aquilo que visto agrada" o arquiteto e o construtor deixavam, num discreto segundo plano, as considerações de conforto. Quem quer que examine, dêse ponto de vista, as maravilhosas realizações da arte arquitetural de outros tempos, logo observa esse descaso relativo pelo bem-estar dos que iam morar nas casas edificadas. Isso se evidencia, seja na disposição em planta dos cômodos, como nas formas com que se imaginavam os móveis (tão mais para serem vistos do que usados), seja na escassez de vãos iluminantes (tão necessários que seriam nos céus pouco luminosos dos países europeus), como na ausência de instalações que fizessem mais confortável a vida dos moradores.

As casas eram antes quadros de ver ou espetáculos para a vista.

Para citar um estudo muito recente resumido no número de dezembro de 1951 da "Heating Piping and Air Conditionning" sobre "man-made climate as an art" (a arte humana de fazer um clima): "a única parte do ambiente total para a qual os arquitetos faziam uma arte era o fluxo de luz que o atravessava, porque por milhares de anos eles confundiram a arquitetura com uma das

artes "visuais" (They have been mistaught that architecture is just one of the visual arts). O homem, continuava, era considerado "um incorpóreo par de olhos" (*a disembodied pair of eyes*).

Ao contrário dessa tendência mais ou menos constante através da variação dos estilos e da variedade dos povos nos séculos anteriores, a idade atual revelou na arte arquitetural a preocupação fundamental de obter um ambiente confortável para o homem.

Esse o sentido da expressão (incontestavelmente exagerada e exageradamente mecanizada mas com certeza tradutora de uma indiscutível realidade) que definiu a casa como uma "máquina de morar" (ao invés do "quadro para ver", a que antes nos referíamos). Esse o aspecto que a ironia de Duhamel criticava ao classificar a civilização americana como sendo "a civilização de sala de banhos", ou mesmo, na expressão mais crua ainda do escritor francês, "la civilization des fesses". (*Scenes de la vie future*). Contudo essa tendência da arte de construir se referia sobretudo ao que podemos chamar o cenário do ambiente, assim entendido o que nele há de "sólido": a planta da casa, as suas paredes, as instalações que a completam, os móveis (que são, de fato, a verdadeira moradia do homem).

Uma evolução mais recente, porém, levou adiante o conceito de conforto, nele incluindo, como parte de importância primordial, o ambiente propriamente dito, a luz em que "moram" os olhos, o ar que os pulmões respiram, o calor, a umidade e as correntes aéreas em que vivem mergulhados os corpos.

"O homem traz, para a casa em que vive (não apenas seus olhos) mas seus pulmões, seus poros, seus ouvidos, seu nariz" (para continuar citando "man-made climate as an art").

Os estudos que há perto de vinte anos vimos fazendo sobre "conforto térmico", "conforto luminoso", "orientação dos edifícios" em *nosso país* e para *nosssa gente*, marcavam essa tendência da arte arquitetural moderna que os anos posteriores têm confirmado sempre mais: esse sem dúvida o seu único valor. Daí a preocupação que tivemos nos nossos ensaios de determinar os valores correspondentes à sensação humana de conforto (para o indivíduo brasileiro, num ambiente brasileiro). Fizemo-lo procurando a correlação entre os índices físicos (temperaturas medidas nos vários tipos

de termômetros criados para tal fim, as unidades relativas, as velocidades de ar) e a impressão subjetiva de conforto experimentada pelos observadores.

Essa impressão parecia-nos a base e o fundamento de todo o estudo de conforto. Não estaríamos errados pois quase 20 anos depois, no "symposium" sobre "man and his relationship to air" (no 57th Annual Meeting de The American of Heating and Ventilating Engineers — Philadelphia, jan. 1951) o presidente da convenção, prof. N. Glickman, afirmava: "Qual um bom método de medir *objetivamente* o fator de conforto?" Para responder, temos que voltar à pergunta: "Que sente Você? (how do you feel?)" (o grifo é nosso).

E que estávamos, também, no caminho certo ao procurar estabelecer um coeficiente estatístico de correlação entre as indicações físicas e as sensações pessoais de conforto dos observadores, parece que o prova o recente trabalho de M.R. Cadiergues (diretor do Comité Technique de l'Industrie du Chauffage et de la Ventilation) no Cycle du Chauffage, reunido em maio de 1951 em Paris e publicado em novembro de 1951 pelo Centre d'Etudes Supérieures de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics. Nêle, Cadiergues, lembrando os ensaios que fizemos no I.N.T. "tendo como fim a comparação da medida subjetiva dos ambientes e da medida objetiva por meio de aparelhos sintéticos", cita os resultados das correlações que obtivemos para vários tipos de indicadores a fim de mostrar o valor dêsses ou a sua desvalia.

Diz mais que "como os ensaios de Paulo Sá não se referiram aos frigorímetros de Davis não temos coeficientes diretos de correlação entre as indicações dêsse aparelho e as sensações de conforto dos indivíduos"; e ainda: "a correlação com o cata seco (obtida por Paulo Sá) foi nitidamente inferior, etc."; "as correlações que Paulo Sá obteve para o cata úmido são ainda piores"; "a comparação entre os resultados subjetivos e os do aparelho de Dufton não foi feita por Paulo Sá, não sendo pois possível avaliar diretamente a validade dêsse aparelho".

Conforme mostram as citações feitas, o valor de vários índices propostos para representar o maior ou menor conforto do ambiente ainda estão na dependência de verificações do gênero daquelas que fizemos nos nossos primeiros ensaios.

De qualquer modo o certo é que um dos mais importantes problemas que devem ser considerados pelo arquiteto e pelo construtor é o de conseguir que o ambiente térmico e luminoso dos cômodos nos edifícios que vão construir seja o mais agradável possível; dada aliás a essa expressão um sentido mais amplo e mais alto já que "passou o dia em que as condições de conforto eram bastante: o espírito criador dos jovens arquitetos e engenheiros visa mais longe e busca proporcionar o prazer e a alegria".

De nada vale estudar uma planta inteligente, com a mais adequada disposição de cômodos; pouco importa, relativamente, a previsão das salas e dos quartos com os móveis, as paredes, os vãos na situação mais racional; nem é bastante criar na casa uma atmosfera de beleza objetiva. Tudo isso é necessário: nada disso é suficiente se condições de temperatura, de movimentação do ar, de distribuição e de quantidade de luz não derem ao homem que vai viver nesse ambiente (que vai viver êsse ambiente) aquêle estado de repouso, de disponibilidade, de "ausência de desconforto" (é a curiosa — mas não mal pensada — forma como, no "symposium" citado, Charles S. Leopold definia o conforto a visar) sem o qual não lhe será possível, nem aproveitar as vantagens arquitetônicas que lhe foram oferecidas, nem gozar dos prazeres estéticos que lhe proporcionaram.

Nos estudos que há tantos anos vimos fazendo, temos procurado, na medida de nossas forças, fornecer aos arquitetos e aos engenheiros os meios, tènicamente determinados, de conseguir êsse objetivo: na convicção (da qual nunca duvidamos) de que a técnica só se justifica quando posta a serviço do homem.

CONFÔRTO DO AMBIENTE

Medida e correção

Vista a importância que hoje apresentam na arte de construir as considerações de conforto do ambiente, passamos a referir os meios de medir êsse conforto para em seguida estudar o modo de o melhorar quando não seja suficiente.

Inúmeros índices foram propostos. Os estudos mesmo que fizemos, buscavam comparar uns aos outros, correlacionando-os à sensação experimentada pelas pessoas que se achavam no ambiente.

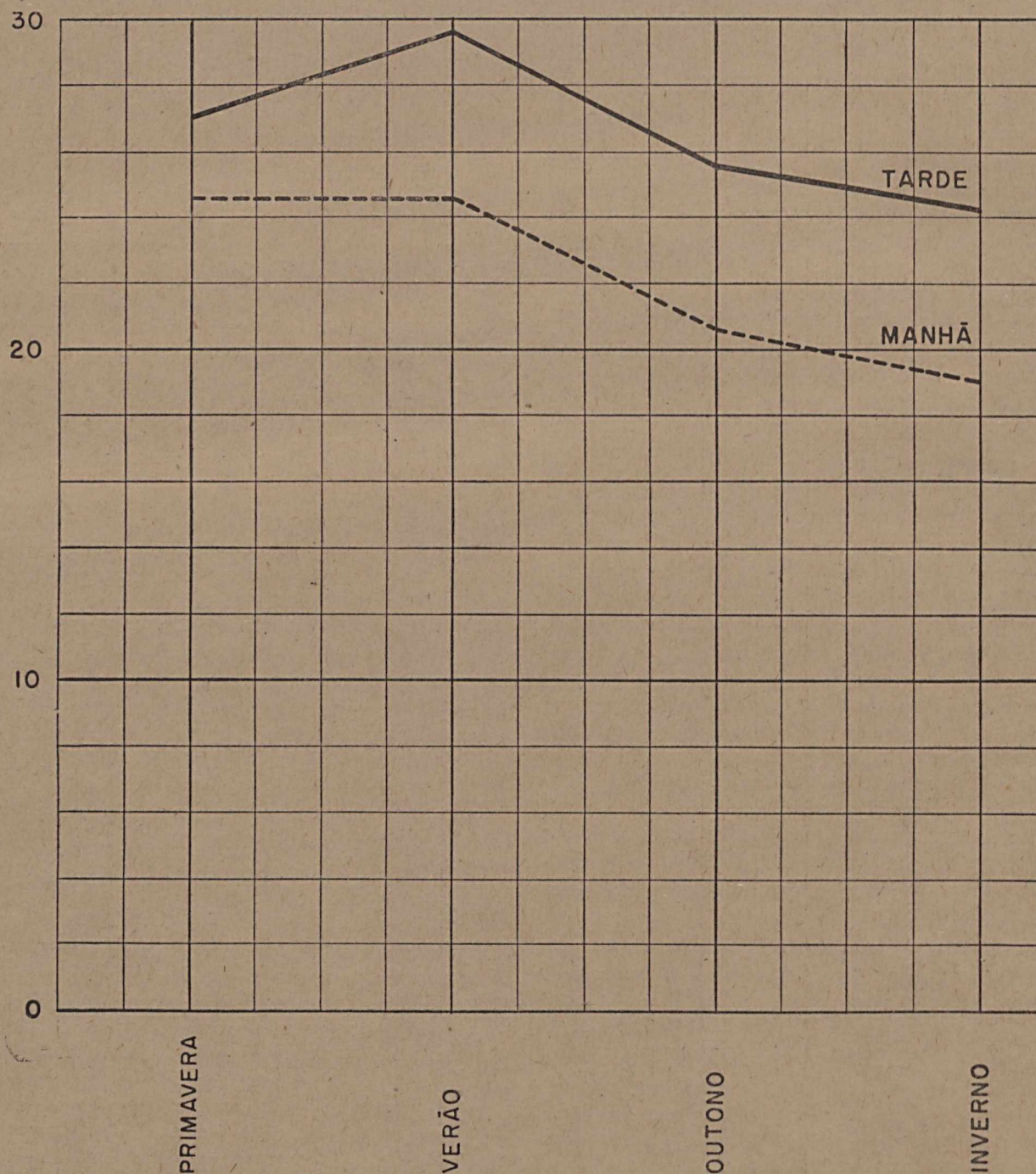
De quanto se sabe até hoje, resulta que sobre o conforto térmico agem, em grau menor ou maior, a temperatura seca do ar, a umidade relativa, a movimentação do ar e o calor irradiado pelas superfícies internas do cômodo.

Dos ensaios a que procedemos e que foram objetos de outras publicações nossas sobre o assunto, tiramos, contudo, duas conclusões que na ocasião pareciam pouco aceitáveis por se oporem às idéias então geralmente admitidas. Uma foi a de que a temperatura seca (do termômetro com bulbo seco) era, no Rio de Janeiro, um índice muito bom do grau de conforto térmico do ambiente. Outra foi a de que, *nos limites dos ensaios feitos*, era praticamente sem significado a influência da umidade relativa do ar.

Essas duas conclusões, como dissemos, contradiziam, de certo modo, o que se considerava como estabelecido nos trabalhos dos técnicos estrangeiros (sobretudo americanos). Observe-se, a propósito, que tomando conhecimento de nossos resultados Ellsworth Huntington, a maior autori-

ETUB

CIDADE UNIVERSITÁRIA DA UNIVERSIDADE DO BRASIL

TEMPERATURAS MÉDIAS NA CIDADE
MANHÃ E TARDE

dade talvez no que se refere às relações entre o clima e o homem, manifestou o seu grande interesse pela conclusão que tiráramos quanto à pequena influência de umidade no conforto (nos limites dentro dos quais se processaram os nossos ensaios).

Posteriormente, porém, outros observadores chegaram às mesmas conclusões que obtivêramos.

Ainda muito recentemente, no número de dezembro de 1951 do "Heating, Piping and Air Conditioning", Thomas Bedford, professor de London School of Hygiene and Tropical Medicine e uma das maiores autoridades mundiais sobre o assunto, escrevia :

"Dos dados numéricos publicados no H.P.A.C. de junho de 1947, concluí que a sensação de calor experimentada pelas pessoas que tomaram parte nos ensaios do prof. Jordan e seus colegas, parecia mais correlacionada às temperaturas do termômetro seco do que à temperatura efetiva" (sabe-se que esse é talvez o índice mais usado, especialmente nos Estados Unidos), "e que influência alguma se observou de parte da umidade relativa (no influence of relative humidity was observed). Reafirmo que tais conclusões eram válidas".

Como, por outro lado, a observação geral, confirmada pela quase totalidade dos ensaios (inclusive alguns dos nossos expostos em publicações anteriores), mostram que a ventilação tem influência incontestável sobre a sensação de calor (desde que não seja muito pequena), concluímos que, para estudos como aqueles que realizamos na Cidade Universitária, conviria obter nos diversos pontos da área examinada, a temperatura seca, a ventilação (velocidade e duração do vento) e a umidade relativa (este último como dado subsidiário e por motivos que adiante exporemos).

A esses elementos é necessário juntar o conhecimento da carga solar local (em outras palavras, da quantidade de calor, em calorias por metro quadrado e por unidade de tempo, recebida pelas superfícies externas dos cômodos). Essa quantidade varia, evidentemente, conforme a orientação da parede, a hora do dia, a época do ano.

Alguns dos nossos trabalhos anteriores tiveram, justamente, como objetivo calcular tal "insolação", em valores aproximados, mas suficientemente certos para os fins aos quais visávamos.

Conhecidas, então a temperatura seca, a movimentação do ar, a umidade relativa e insolação no local em que se vai construir, fica-se sabendo as condições "atuais" de conforto térmico nêle prevaletentes.

É alguma coisa : longe está, porém, de ser o principal.

Com tais elementos, poderemos fazer um diagnóstico : ao doente, porém, menos importa conhecer de que doença sofre do que saber como dela se livrará. O diagnóstico só vale no caso de servir de base à terapêutica que há de sanar os males porventura existentes.

Como então agir para, conhecendo o mal (o "desconforto térmico" de um edifício), tratar de evitá-lo?

Vários processos, poderão servir para tornar mais confortável (ou, no mínimo, menos desconfortável) a construção cuja situação, revelada nos índices citados, seja inconveniente e desagradável.

I — O primeiro deles consistirá em orientar convenientemente o edifício de modo a colocá-lo na melhor posição relativamente à carga solar que sobre ele vá incidir.

Esse foi dos problemas que mais insistentemente estudamos e para o qual, quase importunamente, chamamos a atenção dos arquitetos e dos construtores de nosso país.

Fácil é de compreender, por exemplo, que no Rio de Janeiro se se vai ter um cômodo ocupado sobretudo durante a tarde, será um engano, de conseqüências quase trágicas, orientá-lo para a face oeste. Com efeito (mostra-o bem o quadro I) a quantidade de calor que, durante a tarde, incide sobre a face oeste é muito maior de que a que cai sobre qualquer das outras faces, fazendo com que o cômodo orientado para o poente seja, no Rio de Janeiro, extremamente desagradável durante a tarde (sobretudo nos meses mais quentes do ano).

II — O segundo meio para evitar o desconforto térmico numa construção estará em orientá-la bem em relação aos ventos.

Vimos, com efeito, que a ventilação melhora grandemente o grau de conforto. Por outro lado, os ventos excessivos, sobretudo no inverno, são incômodos e desagradáveis.

É, pois, possível, orientando convenientemente o cômodo, aproveitar para ele o efeito refrigerante dos ventos evitando a ação desagradável das rajadas (sobretudo no inverno).

III — Outro meio de melhorar o conforto de um edifício (para cuja orientação, por exemplo, se tenha sido obrigado a escolher uma solução menos boa) está em colocar algum anteparo entre as suas paredes e as cargas solares excessivas que de outro modo sobre ele cairiam.

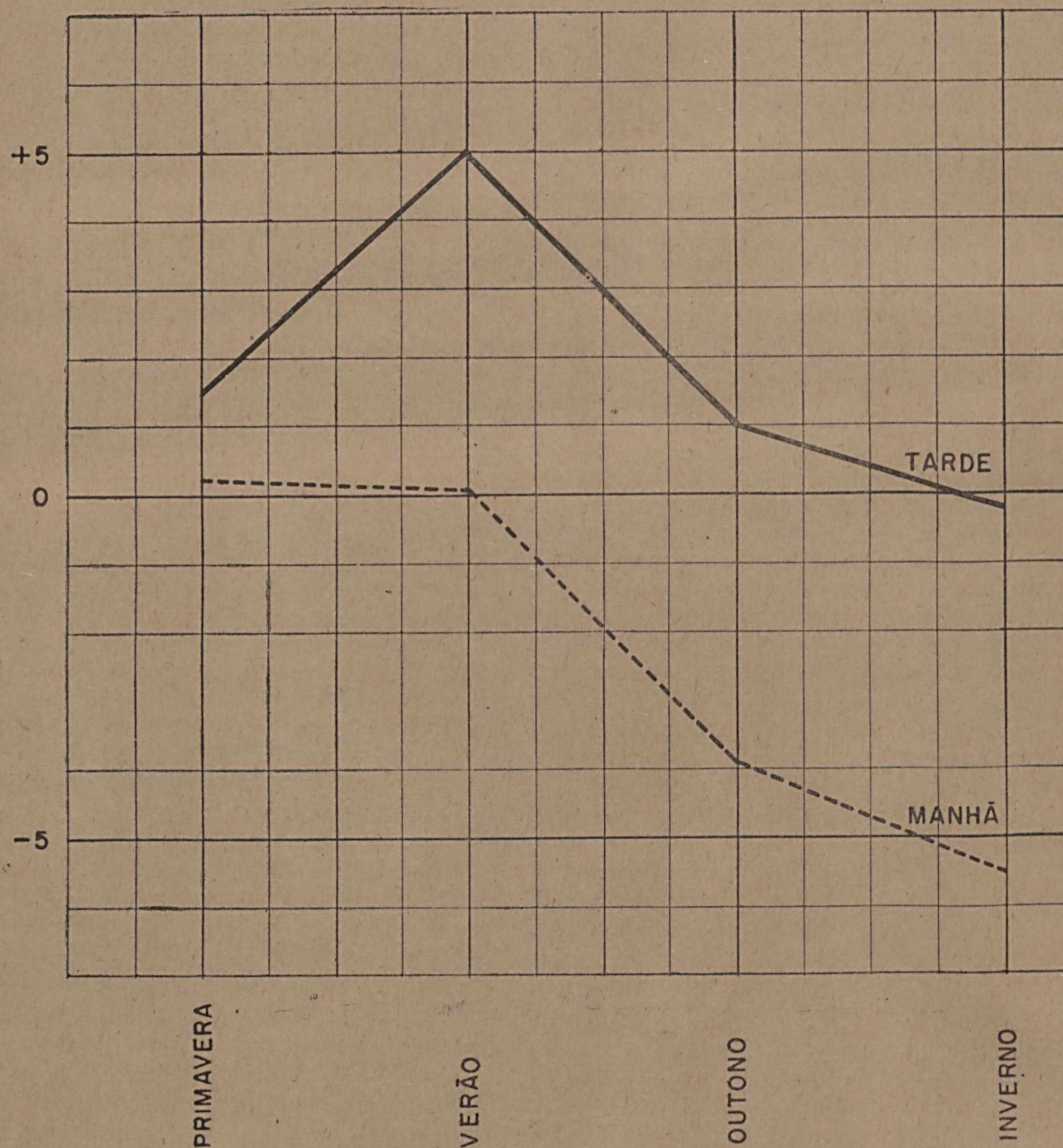
Isso se pode fazer de várias maneiras :

a) pode-se prever, exteriormente à parede a proteger, uma cortina de árvores que evitem a ação excessiva do sol;

b) pode-se projetar, com o mesmo objetivo, a construção de um sistema de quebra-sóis independentes do edifício e dêle afastados;

c) pode-se defender os cômodos com quebra-sóis (ou dispositivos análogos) integrados no próprio edifício.

IV — Pode-se, também, proteger o ambiente contra a insolação fazendo com que apenas uma fração tão pequena quanto possível da carga solar que chega ao edifício seja transmitida ao ambiente interno.

ETUB**CIDADE UNIVERSITÁRIA DA UNIVERSIDADE DO BRASIL****EXCESSOS TÉRMICOS NA CIDADE
MANHÃ E TARDE**

NOTA: O ZERO CORRESPONDE AO CONFÔRTO, OS VALORES POSITIVOS À SENSÇÃO DE CALOR OS NEGATIVOS À DE MAIS OU MENOS FRIO

GRÁFICO 2

Isso se consegue :

a) escolhendo o tipo e a côr do revestimento externo da parede de modo a aumentar a sua reflexão térmica para diminuir a quantidade de calor que a vai atravessar;

b) usando, na parede, um material de menor condutibilidade térmica de modo a dificultar a passagem do calor para o cômodo a proteger;

c) prevendo para a face interna da parede um revestimento e uma côr que correspondam a um pequeno fator de irradiação para que, do calor que vai atravessar a parede, seja irradiada a menor fração possível para o interior do cômodo.

V — A proteção contra os ventos inconvenientes se obterá *por meio de uma cortina de árvores* disposta diante da parede e normalmente à direção das ventanias incômodas : ou pela disposição de construções intermédias que tenham a mesma função.

VI — Finalmente, caso nenhum dos outros meios produza os efeitos desejados, restará ainda, como recurso a adotar para certos casos, o *condicionamento do ar no ambiente*. Esta solução seria, de certo modo, a ideal uma vez que *com ela se pode ter em cada cômodo o clima que se deseja, nas ocasiões em que se deseje*. Dificuldades de ordem econômica, porém, devidas ao alto preço de tais instalações, não permitem por enquanto em nossa terra apelar para tal solução, senão em situações menos comuns.

Num caso como o da Cidade Universitária é, contudo, uma solução que deve ser aplicada ao menos em alguns cômodos (salas de operação, bibliotecas, alguns auditórios, etc.).

Foi, aliás, visando obter dados indispensáveis ao cálculo técnico de instalações de condicionamento que determinamos em nossos ensaios a umidade relativa nas diferentes horas do dia e nas diversas épocas do ano.

É de notar que, em outros países mais ricos e de civilização mais evoluída, a solução pelo condicionamento do ar já se aplica em escala mais vasta. Ainda agora o Hospital de Diagnósticos, em construção para Mayo Clinic, em Rochester (Min.) será "year around air-conditioned" (terá o ar de seus ambientes condicionado durante o ano inteiro). E não se trata de uma pequena construção : sendo um bloco de 10 pavimentos acima do solo (com mais de 8 futuros e já previstos), com uma área total de cerca de 50000m² (que passará, quando completo o edifício a 86000 m²).

NOSSO TRABALHO NA CIDADE UNIVERSITÁRIA

Os trabalhos que fizemos para a Cidade Universitária da Universidade do Brasil, no Rio de Janeiro, a convite (que tanto nos honrou) do ilustre engenheiro Hildebrando Horta Barboza (sem cujo apoio, permanente e inteligente, não poderíamos ter levado avante o nosso programa de estudos), visaram exatamente a aplicação, ao

caso particular considerado, dos princípios gerais expostos nos dois capítulos precedentes.

Para isso (e considerando apenas no momento os aspectos relativos ao conforto térmico) realizamos, com os nossos incansáveis colaboradores, observações diárias em 4 pontos diversos da área da Cidade por um período que já abrange mais de um ano; ininterruptamente.

As observações se referiam :

à temperatura seca,

à temperatura úmida,

à umidade relativa (consequência dos dois dados anteriores),

à velocidade do vento,

à direção do vento.

Obtivemos, assim, algumas dezenas de milhares de dados.

Cremos que não há ainda, ao menos na literatura publicada, exemplo de estudo tão completo. É esse o primeiro, no gênero, que se terá feito no mundo, com tanta minúcia e observações tão numerosas. Tal circunstância, e o fato de se ter realizado na zona tropical (onde menos conhecidas ainda são as condições existentes e exigíveis de conforto térmico nos ambientes), parecem-nos emprestar ao trabalho um valor mais geral do que o do simples estudo de um caso particular isolado.

É que, conforme salientamos, não se trata aqui de um estudo de clima, no sentido geográfico ou, se se quiser, meteorológico do termo. Para o geógrafo, o clima é "o estado médio da atmosfera num determinado local ou região da superfície terrestre, referido a uma época particular e levando em consideração as variações médias e extremas às quais o estado da atmosfera está sujeito" (V. Conrad e L.W. Pollak "Methods in Climatology").

Isto quer dizer que os estudos de clima feitos pelos geógrafos têm, habitualmente, um caráter mais geral (abrangendo, não área como a da Cidade Universitária, porém uma região mais vasta) e um aspecto mais passivo (visam, em geral, apenas, *conhecer*, quando os estudos como os que fizemos têm como objetivo *modificar e corrigir*).

Daí, o caráter diverso dos trabalhos realizados para a Cidade Universitária, tornando o estudo de certo modo único, ao menos com tal profusão de dados e de determinações.

RESULTADOS

Os quadros I, II, III, IV, V e VI resumem os resultados obtidos respectivamente quanto

a) à temperatura do termômetro seco;

b) aos excessos térmicos;

c) às diferenças de temperatura entre a manhã e a tarde;

d) à umidade relativa;

- e) à velocidade do vento;
- f) à direção do vento.

1. Os dados resumidos são os relativos às observações feitas diariamente no período de um ano decorrente de 1.º de outubro de 1950 a 30 de setembro de 1951.

2. Grupamo-la para cada um de nossos 4 postos de observação: os de Puericultura e Arquitetura (nos quais temos instalados os nossos aparelhos registradores) e os de Engenharia e Pindai nos quais os dados são colhidos cada dia pelos nossos observadores. A localização desses pontos está marcada nas plantas que acompanham este trabalho.

3. No intuito de melhor comparar os resultados, grupamos:

a) Os relativos a cada um dos trimestres do ano, designando-os, para esse fim exclusivo, como: primavera (outubro, novembro, dezembro); verão (janeiro, fevereiro, março); outono (abril, maio, junho); inverno (julho, agosto, setembro). — É claro que essa designação, com os nomes de estação, tem um caráter apenas de sistematização, já que no Rio de Janeiro seria ilusão considerar como real tal divisão do ano em estações;

b) os relativos ao período da manhã e os relativos ao período da tarde.

4. O que chamamos "excesso térmico", é, conforme já o definimos em trabalho anterior, a diferença entre o número de graus-horas observados no período e o número de graus-horas correspondentes à sensação de conforto que, partindo de ensaios nossos anteriores, acreditamos deve ser tomado como base. A expressão "graus-hora" corresponde ao produto da temperatura em graus pelo tempo, em horas, no qual tal temperatura foi verificada. A noção de grau-hora que usamos assemelha-se, de certo modo, à do "degree day" já introduzida na técnica americana de calefação (Guide America Society of Heating and Ventilating Engineers, 1933).

5. Acharmos interessante separar as temperaturas do período matutino das temperaturas no período pós-meridiano. As diferenças observadas justificaram essa separação, permitindo tirar conclusões diversas conforme a parte do dia em que os ambientes vão ser mais ocupados, seja com aulas, seja com escritórios ou cômodos de outra utilização.

6. Quanto à umidade relativa, limitamo-nos a calcular valores médios dada a importância relativamente menor que esse dado nos parece ter para os objetivos visados em nosso trabalho.

7. Em relação aos ventos consignamos-lhe as velocidades e as direções, com os mesmos agrupamentos e valores médios antes referidos: dados matutinos separados de pós-meridianos e divisão do ano em trimestres, designados (com as restrições já declaradas) pelos nomes das estações.

8. Como elemento complementar, a nosso ver indispensável, juntamos também o quadro VII no qual, extraídas de outro trabalho nosso, incluímos a insolação em calorías por metro quadrado de parede, conforme a orientação dessa. Os dados vão grupados para as manhãs e para as tardes, referindo-se ao período de abril a dezembro (que e, próximamente, o do ano letivo) ou do ano inteiro.

Esses dados tinham sido calculados por nós para o Rio de Janeiro. Parece-nos que, com a aproximação suficiente dos nossos estudos, podem ser aplicados ao caso da Cidade uma vez que essa se encontra em área quase que completamente desabrigada, sujeita, por conseguinte, ao impacto direto da energia solar.

No capítulo seguinte daremos, agora, a interpretação dos resultados obtidos e consignados nos vários quadros. Convém, apenas, notar que constam dos nossos arquivos todos os milhares de dados individuais dos quais partimos para o cálculo dos valores médios consignados, podendo servir, eventualmente, para outros estudos, outras considerações e a confirmação ou a complementação dos quadros ora publicados.

INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

Passemos, agora, a interpretar os resultados que nos quadros se consignam, tendo sempre em consideração o objetivo geral de nosso trabalho: a determinação "numérica" das condições de maior ou menor conforto térmico da Cidade e a correção das situações, porventura desvantajosas, que nela se encontrem, desse ponto de vista.

Faremos a interpretação item por item, para, em seguida, coordená-la em conclusões que a todos abranjam.

TEMPERATURA SÊCA

Do exame dos quadros I e II, podemos inferir que:

a) do ponto de vista de temperatura no termômetro de bulbo sêco verifica-se que *não há diferença significativa* entre os *vários pontos* nos quais foram feitas as observações. As diferenças em relação às médias são, com efeito, bastante pequenas, quer na comparação separada por trimestres, quer nos dados médios relativos a todo o ano;

b) de acordo com o que indica o quadro II (excessos térmicos) conclui-se que o local da Cidade pode ser considerado um *tanto quente no verão à tarde* (quando o excesso é da ordem de + 5,0) e *um pouco fresco no inverno de manhã* (quando o excesso varia em torno de — 5,0);

c) há *diferença grande entre a temperatura da manhã e a temperatura da tarde*, em todos os postos de observação.

TEMPERATURA SÊCA

MANHÃ

QUADRO I

LOCAL	PRIMAVERA	VERÃO	OUTONO	INVERNO	TODO O ANO
Arquitetura.....	24,2	24,5	20,4	19,3	22,1
Puericultura.....	24,7	24,6	20,2	19,1	22,5
Engenharia.....	25,0	24,7	21,0	19,1	22,4
Pindaf.....	25,1	24,6	20,8	19,1	22,4
MÉDIA.....	24,7	24,6	20,6	19,1	22,4

TARDE

Arquitetura.....	26,5	29,3	25,5	24,3	26,4
Puericultura.....	27,0	29,6	25,5	24,0	26,5
Engenharia.....	27,0	29,4	25,6	25,1	26,8
Pindaf.....	27,5	29,6	25,4	23,9	26,6
MÉDIA.....	27,0	29,5	25,5	24,3	26,6

N. B. — Ver nota no texto relativa ao sentido de designação das estações do ano.

EXCESSOS TÉRMICOS

MANHÃ

QUADRO II

LOCAL	PRIMAVERA	VERÃO	OUTONO	INVERNO	TODO O ANO
Arquitetura.....	— 0,3	0	— 4,1	— 5,3	— 2,4
Puericultura.....	+ 0,2	+ 0,1	— 4,3	— 5,4	— 3,0
Engenharia.....	+ 0,5	+ 0,2	— 3,5	— 5,4	— 3,1
Pindaf.....	+ 0,6	+ 0,1	— 3,7	— 5,4	— 3,1
MÉDIA.....	+ 0,2	+ 0,1	— 3,9	— 5,4	— 3,1

TARDE

Arquitetura.....	+ 1,0	+ 4,8	+ 1,0	— 0,2	+ 1,9
Puericultura.....	+ 1,5	+ 5,1	+ 1,0	— 0,5	+ 2,0
Engenharia.....	+ 1,5	+ 4,9	+ 1,1	+ 0,6	+ 2,3
Pindaf.....	+ 2,0	+ 5,1	+ 0,9	— 0,6	+ 2,1
MÉDIA.....	+ 1,5	+ 5,0	+ 1,0	— 0,2	+ 2,1

Essa diferença é da ordem de

5,0°

nos trimestres de verão, outono e inverno, sendo menor apenas (2,3 em média) no trimestre da primavera;

d) a diferença de temperatura média entre o inverno e o verão é da ordem de

5°,0 a 5°,5

e) o trimestre da primavera (outubro, novembro, dezembro) é, *sensivelmente, mais quente do que o trimestre do outono* (abril, maio, junho).

DIFERENÇAS DE TEMPERATURA

ENTRE MANHÃ E TARDE

QUADRO III

LOCAL	PRIMAVERA	VERÃO	OUTONO	INVERNO	MÉDIA
Arquitetura.....	2,3	4,8	4,1	5,0	4,1
Puericultura.....	2,3	5,0	5,3	4,9	4,4
Engenharia.....	2,0	4,7	4,6	6,0	4,3
Pindai.....	2,4	5,0	4,6	4,8	4,2
MÉDIA.....	2,3	4,9	4,9	5,2	4,3

UMIDADE RELATIVA

O quadro IV mostra que:

a) a umidade relativa é *próximamente a mesma* nos 4 postos de observação;

b) que a umidade da manhã é *bastante maior* do que a umidade à tarde (81,5% em média contra 66,7%);

c) que, conforme vimos em nossos primeiros estudos, *há uma correlação estreita e inversa* entre a temperatura e a umidade relativa: essa varia quase que apenas com o variar da temperatura permanecendo *próximamente constante* a umidade absoluta do ar. Isso se deverá, provavelmente, ao aspecto insular do clima local;

d) à noite a umidade relativa permanece, quase sem variar, nas proximidades de 90% (nos

gráficos dos aparelhos registradores a linha de umidade segue, quase sem desvio, a que corresponde a 90%).

VENTOS

Para as conclusões relativas à ventilação natural na Cidade, valem os quadros V e VI que fornecem, respectivamente, as velocidades do vento e a sua direção (está caracterizada pela direção predominante ou mais freqüente e pela direção média — assim entendida a média ponderada das direções, sendo tomada como peso a freqüência de cada uma delas. Esse elemento, aliás, já foi por nós definido em trabalho anterior).

Os dados relativos à ventilação, foram, como os demais, separados para os períodos matutino e vespertino e para os períodos correspondentes aos 4 trimestres do ano.

Dos quadros V e VI, podemos então concluir:

a) que os ventos são mais fortes na primavera (sobretudo) e, em grau menos acentuado, no inverno;

b) que os ventos são muito mais intensos à tarde do que de manhã (velocidade em geral maior de 50%, ou mesmo de mais);

c) que Pindai é sempre muito mais ventilado do que os 3 outros locais estudados; sendo que desses três o menos ventilado, principalmente à tarde, é o local da Engenharia;

UMIDADE RELATIVA

QUADRO IV

LOCAL	MANHÃ	TARDE
Arquitetura.....	83 %	68 %
Puericultura.....	81 %	65 %
Engenharia.....	81 %	66 %
Pindai.....	81 %	68 %
MÉDIA.....	81,5 %	66,7 %

ETUB

VENTOS PREDOMINANTES NO INVERNO

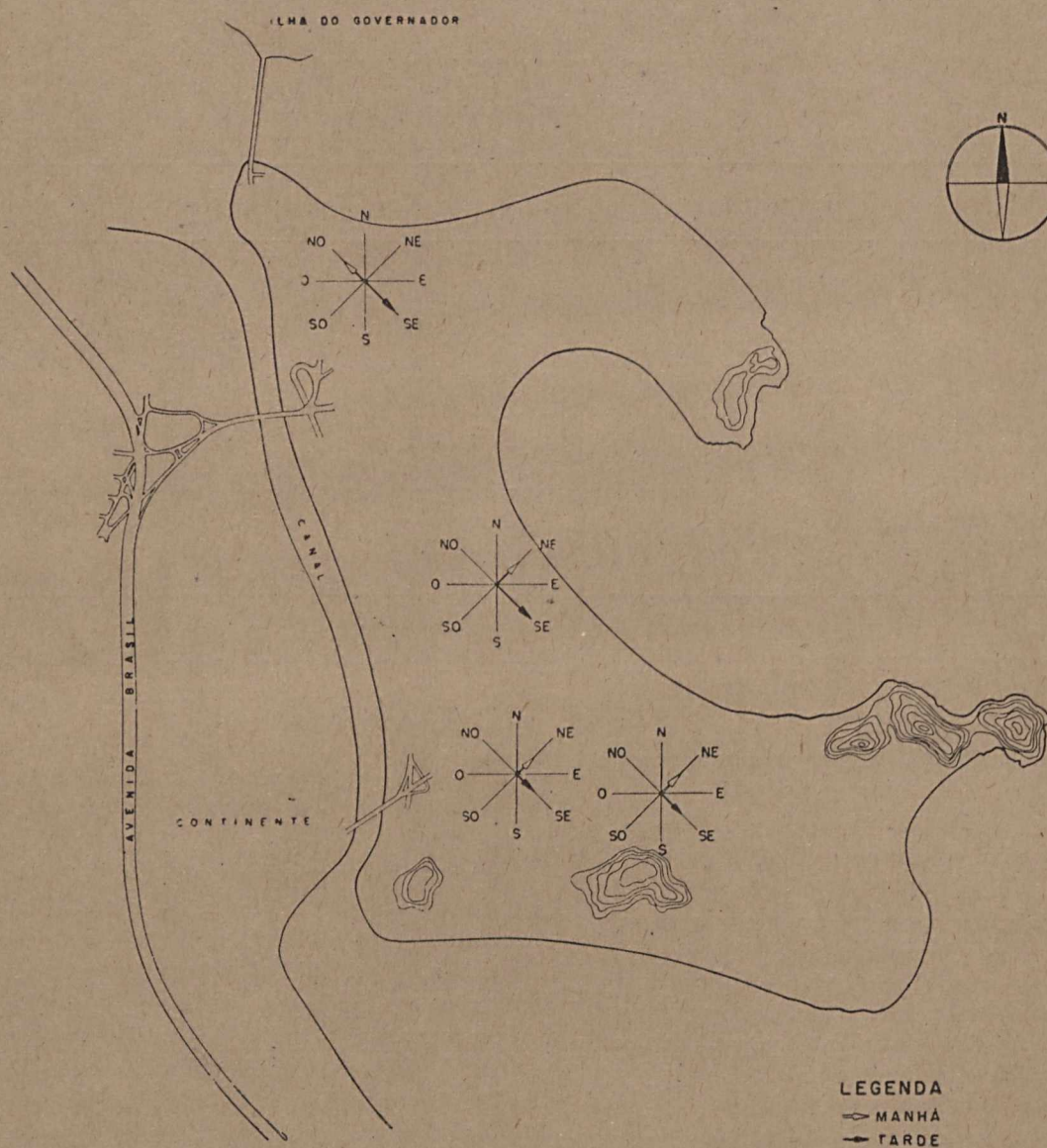


GRÁFICO 4

d) que a direção predominante é, em todos os locais e em todas as épocas do ano (com uma única exceção menos significativa), a direção de

nordeste de manhã e sudeste à tarde. A direção média que de tarde se conserva entre S e SE, de manhã varia mais tendo uma tendência para ficar no setor SE.

VENTOS (VELOCIDADE)

MANHÃ

QUADRO V

LOCAL	PRIMAVERA	VERÃO	OUTONO	INVERNO	TODO O ANO
Agricultura.....	82,1	31,2	49,9	58,2	55,4
Puericultura.....	89,7	44,8	37,2	57,8	57,4
Engenharia.....	94,3	31,4	45,2	57,8	57,2
Pindaf.....	142,4	42,0	45,8	74,1	76,1
MÉDIA.....	102,1	37,5	44,5	62,0	61,5

TARDE

Arquitetura.....	136,8	60,7	69,6	88,3	88,9
Puericultura.....	141,6	62,0	63,9	93,4	90,2
Engenharia.....	115,6	66,2	56,3	46,9	71,5
Pindaf.....	208,0	115,9	78,4	115,0	129,3
MÉDIA.....	150,5	76,2	67,1	85,9	95,0

VENTOS (DIREÇÃO)

MANHÃ

QUADRO VI

LOCAL	PRIMAVERA	VERÃO	OUTONO	INVERNO	TODO ANO
Arquitetura.....	Pred. NE	NE	NE	NE	NE
	Med. SE	SE	SE	SE	SE
Puericultura.....	Pred. NE	NE	NE	NO	NE
	Med. SE	SE	ESE	S	SE
Engenharia.....	Pred. NE	NE	NE	NE	NE
	Med. SE	SE	NE	ESE	SE
Pindaf.....	Pred. NE	NE	NE	NE	NE
	Med. SE	S	E	SE	SE
MÉDIA.....	NE	NE	NE	NE	NE
	SE	SE	SE	SE	SE

TARDE

Arquitetura.....	SE	SE	SE	SE	SE
	SSE	var.	SSE	SSE	SSE
Puericultura.....	SE	SE	SO	SE	SE
	SSE	SE	S ou var.	SSE	SSE
Engenharia.....	SE	SE	SE	SE	SE
	SSE	SE	SE	S	SE
Pindai.....	SE	SE	SE	SE	SE
	SE	SE	SSE	SE	SE
MÉDIA.....	SE	SE	SE	SE	SE
	SSE	SE	SSE	SSE	SE ou SSE

COMO OBTER O CONFÔRTO NA CIDADE

Os resultados, resumidos e interpretados nos capítulos anteriores, permitem-nos deduzir, fundamentadamente, uma série de prescrições que devem ser levadas em conta na construção da Cidade.

É claro que, conforme sempre o afirmamos, as indicações fornecidas quanto às orientações dos edifícios e mesmo dos cômodos *não podem ter um valor absoluto: há outras considerações*, de ordem geral arquitetônica ou de ordem particular a cada construção ou a cada cômodo, *que devem ser atendidas*. É de harmonização dos vários elementos que resultará sempre a solução *mais aconselhável*.

O que nos pareceria, contudo, absurdo, seria deixar de lado as indicações que resultam dos estudos feitos com tanta minúcia para a determinação das condições de maior ou menor conforto térmico. Trata-se, como se viu, de conclusões baseadas diretamente sobre observações numerosíssimas: e não pode haver argumentos de qualquer ordem que destruam os *fatos*, verificados e medidos, longa e rigorosamente.

Por outro lado, seria, a nosso ver, erro imperdoável permitir a disposição dos edifícios em situação tal que os que nêles vão habitar, trabalhar ou estudar se encontrem em condições desconfortáveis, do ponto de vista ora considerado. Quaisquer outras vantagens e qualidades que o arquiteto possa conseguir (na disposição da planta, na comodidade dos detalhes construtivos e de mobiliário, na obtenção de efeitos de ordem estética ou artística) ficarão prejudicados (se não destruídos) se aquêles que deveriam gozar de tais qualidades ou vantagens não estiverem em condições de euforia ou de simples bem-estar, que são a base indispensável para que possam sentir e apreciar tudo o mais.

A arte de construir não cuida de problemas abstratos que se podem considerar resolvidos no

risco de um projeto, por mais bem justificado que pareça. O critério único pelo qual devem ser julgadas as soluções é a opinião — ou se quisermos, a sensação de conforto — do homem que, embora ignore todos os princípios e tôdas as técnicas, vai *viver* no ambiente “The occupants of (a building) are the last court of appeal in judging the acceptability of an environment” “Os ocupantes de um edifício”, afirmava no “Symposium” de Philadelphia em janeiro de 1951, o ex-presidente da A. S.R.E., Charles Leonard, “são a côrte suprema de apelação que julga a aceitabilidade de um ambiente”.

Vale, por isso, citar a opinião recentíssima de um inteligente cronista patricio, R.B., que expõe, em termos pitorescos, o que pensa o “consumidor médio de ambientes”, melhor juiz, como vimos, do que o “produtor de ambientes” (o arquiteto ou o construtor) para aprovar ou condenar a obra dos técnicos e dos artistas.

“Quando saio preguiçosamente da rêde (o escritor está numa cidade da Paraíba) para ir lá dentro abrir um côco verde e uma garrafa de uísque, esbarro com um dos problemas que a nossa arquitetura moderna ainda precisa resolver: a casa é quente. Se abrímos tôdas as janelas, o vento será de mais.

E’ claro que podemos refrigerar uma casa ou usar ventiladores, mas seria indecente com o sudeste soprando tão fresco e tão constante na varanda. Aproveitar êsse vento para refrescar a casa, captá-lo e amansá-lo para uso interno... e ao mesmo tempo proteger a casa dos ventos ruins de chuva, tudo isso permitindo que do interior a gente goze a vista do mar — eis o problema que proponho aos nossos jovens arquitetos.”

Considerando, então, o resultado das observações feitas, do ponto de vista do ocupante que busca no ambiente a base material de conforto indispensável às necessidades espirituais do mais alto nível, delas podemos tirar as seguintes conclusões:

a) evitar a insolação excessiva; e para isso, conforme se vê no quadro VII, *evitar as fachadas orientadas* de NE a SO para cômodos ocupados todo o dia, e de SO

INSOLAÇÃO EM CALORIAS POR METRO QUADRADO

DIA TODO

QUADRO VII

	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
Todo o ano.....	821.700	810.000	730.800	329.400	103.500	329.400	730.800	810.000
Abril a dezembro.....	821.700	697.500	508.500	149.400	0	149.400	508.500	697.500

MANHÃ

	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
Todo o ano.....	410.850	571.500	730.800	329.400	51.700	0	0	238.500
Abril a dezembro.....	410.850	459.000	508.500	149.400	0	0	0	238.500

TARDE

	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
Todo o ano.....	410.850	238.500	0	0	51.700	329.400	730.800	571.500
Abril a dezembro.....	410.850	238.500	0	0	0	149.400	508.500	459.000

a NO, para cômodos ocupados à tarde. Essa consideração cresce de importância em local como o da Cidade Universitária, bastante e não dispondo de proteção natural contra o sol (montanhas, florestas) e sujeito à reflexão intensa da superfície do mar;

b) as salas ocupadas durante o dia todo devem estar dirigidas para sul a sudeste que é a orientação menos insolada; as ocupadas só à tarde poderão ser orientadas mais para leste (quer dizer de sudeste a leste ou a leste-nordeste); os cômodos que devem ter alguma insolação (pensamos no caso, sobretudo, das enfermarias) podem procurar mais a direção de nordeste;

c) "criar" sombras, seja pela arborização intensa e bem escolhida, seja pela disposição dos edifícios de modo tal que sirvam de pára-sol para os outros e, sobretudo, para as ruas e aléias da Cidade;

d) dispor as construções de modo a aproveitar a ação refrigerante das brisas que tem, como vimos, tanta importância no "clima local" da Cidade (quadros V e VI). Para isso devem-se orientar as salas para a direção sudeste que é aquela de onde sopram, predominantemente, os ventos na parte da tarde, a mais quente do dia (sendo, também, a direção média mais comum de ventilação, mesmo na parte da manhã);

e) provocar nas salas uma ventilação transversal, prevendo, para isso, na face oposta à das janelas (orientadas para leste e sul, como vimos) aberturas que sirvam de "chamada" às correntes de ar (colocando-as, se em paredes externas, em posição mais alta de modo a evitar a insolação das faces de norte e oeste);

f) "arrumar" os edifícios na Cidade de modo tal que não impeçam a passagem dos ventos refrescantes; para isso convirá, tanto quanto possível, evitar a colocação de dois edifícios na mesma linha SE-NO (ou, pelo menos, espaçá-los suficientemente, no caso de ser necessária tal disposição);

g) orientar, de preferência, as avenidas na direção geral SE-NO, ou SSE-NNO para aproveitar os ventos;

h) evitar, para as fachadas e para as janelas, as ventanias fortes que no Rio vêm antes do setor S a SO;

i) nas fachadas para as quais não se possa evitar uma orientação má (norte a oeste) deve-se, ou evitar a localização de cômodos da habitação prolongada (usando-as para corredores, depósitos, arquivos, mesmo banheiro), ou defendê-las por meio de dispositivos arquitetônicos (quebra-sois) e de arborização bem projetada (árvores copadas e altas) e, finalmente, prever, nas paredes correspondentes, material de pequena condutibilidade térmica, de pequeno coeficiente de irradiação (na face interna) e de coeficiente alto de reflexão térmica (na face exterior).

Essas são as conclusões de ordem geral que podem ser tiradas de nossos estudos.

Fácil se torna, agora, sua aplicação aos vários problemas particulares da Cidade.

No intuito, contudo, de tornar mais cômoda essa aplicação, damos, no capítulo seguinte, um gráfico-esquema acompanhado de uma interpretação traduzindo, para os vários locais da Cidade e os vários tipos de edifícios, os resultados obtidos.

GRÁFICO ESQUEMÁTICO DO RESUMO

No gráfico A procuramos estabelecer um esquema para a disposição da Cidade e dos edifícios, de acordo com as conclusões do capítulo anterior.

1. Não será preciso observar que o que nêle se representa tem apenas um *sentido esquemático*. Seria revelar uma *incompreensão absoluta* do que êle significa o supor que o traçado das avenidas e (muito mais ainda) a planta dos edifícios pretendam ser, de fato, um rigoroso traçado de avenidas ou uma planta exata de edifícios.

ETUB

VENTOS PREDOMINANTES NA PRIMAVERA

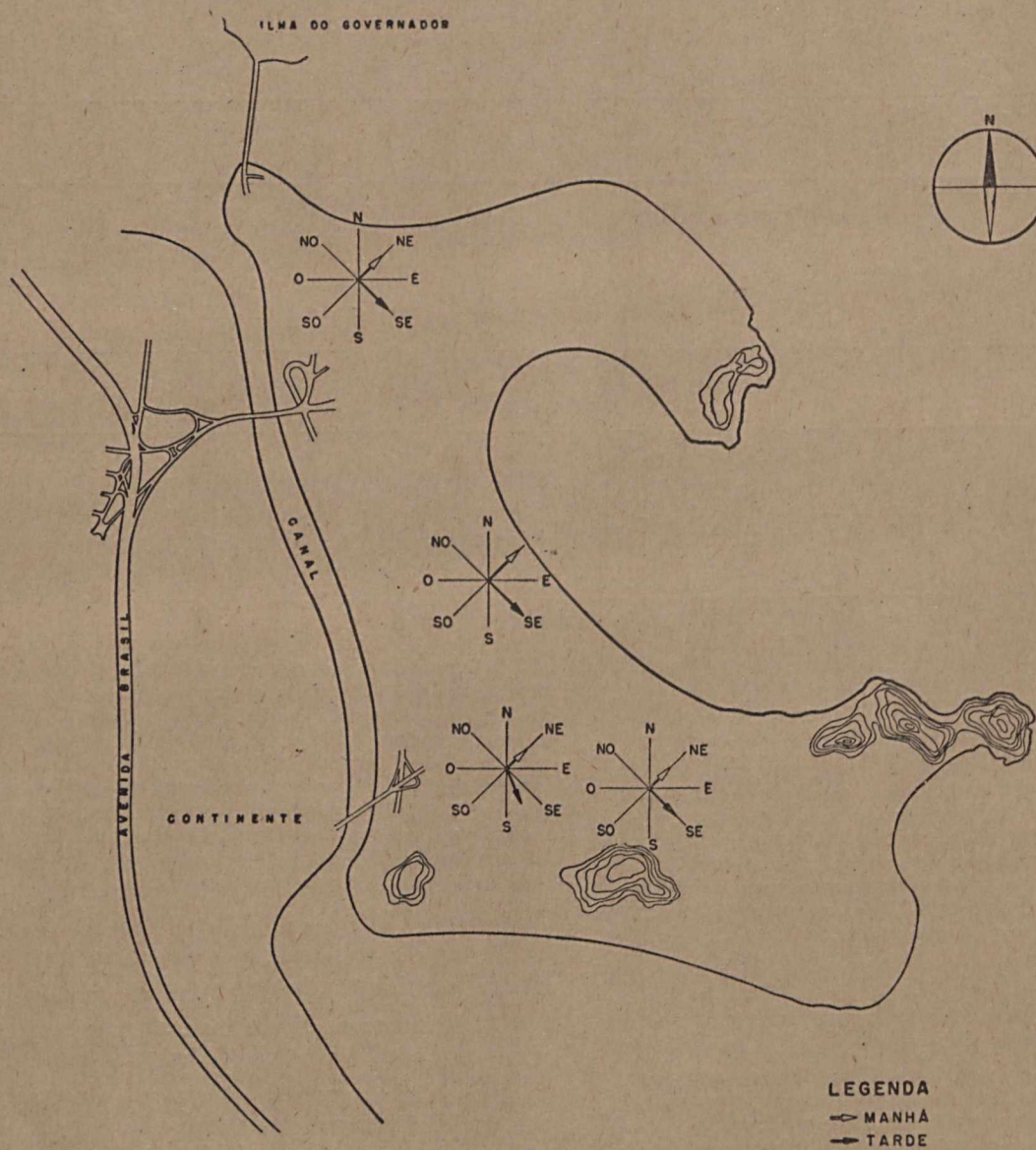


GRÁFICO 5

2. Nas avenidas riscadas o que se quis foi apenas dar a *direção geral das vias a serem projetadas na Cidade*. É claro que essas podem (e devem mesmo, a nosso ver) ter traçados curvos; é certo que constituiria uma impossibilidade esperar que tôdas fôssem paralelas; é evidente que a direção dada no gráfico é uma direção média em torno da qual podem variar, com alguma amplitude, as direções reais, impostas pelas condições urbanísticas a que a Cidade tem de atender.

3. Quanto às plantas dos edifícios, *nunca pretenderíamos dar a êsses as formas primárias com que estão representadas no gráfico*. Nelas, apenas, queremos *localizar*, de acôrdo com as conclusões do capítulo anterior, os vários tipos de cômodos que pode haver no edifício. Essa localização, aliás, é, como não podia deixar de ser, *aproximada e sujeita sempre às outras considerações de ordem arquitetônica*.

4. Indicamos, também, no gráfico (e sempre com o mesmo *simples valor esquemático*) a posição para as arborizações mais convenientes, levando em conta, sobretudo, as necessidades de sombreamento e de proteção contra o sol e, subsidiariamente, de amortecimento para as ventanias incômodas.

5. Na situação dos vários edifícios incluídos no gráfico, procuramos atender à regra a que chegáramos, isto é, a de não fazer com que um edifício se coloque na linha das brisas de sudeste, impedindo que essas exerçam seu efeito refrigerante sobre os edifícios que estejam a jusante da corrente aérea predominante.

6. Na planta-esquema das construções marcamos, também, com côr diferente, as paredes que devem ser protegidas contra a insolação. Essa proteção pode ser obtida:

a) diminuindo a condutibilidade térmica da parede usando tijolos ôcos, paredes duplas (em casos excepcionais), materiais de menor coeficiente de condutibilidade;

b) diminuindo a taxa de irradiação térmica da superfície interna da parede (sabe-se que o calor irradiado pelas paredes tem uma influência quantitativamente grande e qualitativamente má sobre o confôrto do ambiente);

c) aumentando o coeficiente de reflexão térmica da superfície externa da parede. De acôrdo com os estudos feitos em nosso laboratório (ver "A reflexão térmica e a proteção contra o calor" por Paulo Sá e L.A. Palhano Pedroso), pode ser convenientemente escolhida a côr das paredes para a obtenção dêsse objetivo;

d) usando quebra-sóis, móveis ou fixos, para evitar o excesso de insolação. A propósito, fizemos, no decorrer de nossos trabalhos para a Cidade Universitária, um estudo especial de quebra-sóis móveis e coloridos para o edifício da Faculdade de Arquitetura.

7. Uma derradeira observação pode ser feita sobre o assunto.

É a relativa possibilidade de *prever, para certos cômodos da Cidade*, instalações de condicionamento de ar.

Como já o observamos, o ar condicionado é *exigência praticamente inevitável para as salas de operação*

É, também, de indicação normal para
as bibliotecas,
certas enfermarias individuais,
os auditórios,
alguns depósitos de materiais perecíveis.

O ideal, evidentemente inatingível por motivos econômicos, seria mesmo ampliar sempre mais o número de cômodos com condicionamento de ar, uma vez que assim nêles se teria o "clima sob medida" para cada necessidade e cada gênero de ocupação do ambiente. O ar condicionado pode, também, servir de remédio para situações críticas, isto é, para salas que por essa ou aquela circunstância, fiquem em condições más relativamente à insolação.

Aliás, os dados que damos nesse relatório (temperatura externa do ar, umidade relativa, carga solar para as paredes nas várias orientações) fornecem todos os elementos exteriores necessários ao cálculo, em condições técnicas, de qualquer instalação de condicionamento porventura necessário.

Ficam assim completos os nossos estudos relativos ao confôrto térmico na Cidade Universitária.

Fizemo-los com o melhor dos nossos esforços e a maior honestidade profissional, procurando ater-nos, segura e unicamente, aos fatos longamente observados e interpretados com toda a minúcia. Queira Deus que as nossas confessadas deficiências não tenham impedido que os resultados obtidos fiquem à altura do esforço honestamente feito e das altas finalidades visadas.

AGRADECIMENTO

É de estrita justiça consignarmos, ao concluir êsse trabalho, o auxílio preciso, inteligente, sincero, constante que nos foi prestado pelos nossos prezados colaboradores e colegas: engenheiros L.A. Palhano Pedroso, Hélio Ferreira Pereira, Wolney Hupsel, Giovanni Trizzino, Eurico Pedroso; quintanista de arquitetura Marcello Fragelli e Sr. Jair Paulucci.