



O ENSINO E A DISPOSIÇÃO FINAL DAS INFORMAÇÕES CLIMATOLÓGICAS APLICADAS
AO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Arq. Lilian Lütz Uber
Curso de Pós-Graduação em Engenharia
Civil
Universidade Federal do Rio Grande do
Sul

A efetiva aplicação da climatologia ao ambiente construído depende da maneira como a pesquisa e a formação profissional na área são conduzidas. A presente exposição propõe-se a enumerar diretrizes básicas para o ensino do impacto climático sobre as edificações, além de revisar algumas metodologias de análise e representação de dados climáticos. É apresentada nova visão sistêmica sobre a caracterização climática da cidade de Porto Alegre/RS, representando-se os principais parâmetros do clima local de forma a facilitar consultas expeditas e servir como recurso didático alternativo.

The success of the application of building climatology depends on the way the search and teaching are conducted. Suggestions for study program on the impact of climate on buildings are given and some climatic data analysis and its use and representation for planners are described. In addition, a new view on the climatic characterization of Porto Alegre/RS (Brazil) is presented, where the main climatic parameters are represented for easier consulting and as an alternative didactic tool.

1. INTRODUÇÃO

Uma vez aceita a necessidade da incorporação dos aspectos climatológicos em todas as fases do planejamento e projeto de edificações, torna-se imperativa a satisfação das condições essenciais que irão permitir essa contribuição vital ao incremento da qualidade de vida no ambiente construído. Segundo BITAN e ASSIF (1) estas condições podem ser resumidas em:

- conhecimento prévio da matéria por parte dos projetistas e demais profissionais da edificação envolvidos;
- cooperação entre estes e os climatologistas;
- disponibilidade de informações e critérios adaptados à demanda específica de planejadores e arquitetos.

2. CONSIDERAÇÕES SOBRE A FORMAÇÃO PROFISSIONAL

Métodos de ensino no campo da climatologia aplicada à edificação já se constituem em preocupação há vários anos, podendo-se citar o colóquio do CIB ocorrido em Estocolmo em 1972 sobre o tema. De uma revisão dos artigos afins enviados, foram levantados os seguintes aspectos relevantes: (2)

a) apesar de diferirem em detalhes, os vários autores concordam com o princípio geral de que o ensino deve ser interdisciplinar e unitário, encarando o controle ambiental como parte integrante do amplo problema de projeto.

b) o ponto de partida seria o conhecimento do comportamento fisiológico do homem e dos fatores (temperatura, radiação, umidade, pureza e movimentação do ar, iluminação e som, atuando separadamente e em conjunto) que pertencem ao controle físico do ambiente interior e que definem o conforto e promovem a

atividade do usuário como ser biológico dentro da edificação.

c) a pesquisa num departamento de construção arquitetônica deveria ser dirigida, inicialmente, para a completa assimilação e entendimento do conhecimento disponível, para só então dedicar-se a inovações no setor.

d) uma grande dificuldade no ensino da matéria é apontada como sendo a de comunicar a relevância humana das decisões de projeto, o que é particularmente verdadeiro quando as decisões são baseadas em cálculos de engenharia, difíceis por si só, e de questionável significância para a aceitação humana.

e) objetivando corrigir as divergências de visão existentes entre geógrafos ou meteorologistas, que se esforçam em esclarecer fenômenos, e arquitetos, que se ocupam da utilização e correção destes fenômenos no que tange à edificação, sugere-se a reunião destes profissionais com o grupo de estudantes para o estudo de problemas como a insuficiente adaptação ao microclima, excessivos ganhos solares e isolamento, efeitos da mudança de ventos, etc., com o intuito de levantar problemas de projeto, métodos de controle e preencher lacunas de conhecimento.

f) deve-se propagar entre os estudantes a noção de que os problemas climáticos não são apenas significantes para o ato de edificar; eles são o próprio motivo da edificação, dentro da concepção de que a arquitetura abriga atividades humanas do intemperismo. Assim, o envólucro edificado é composto por "filtros" selecionados pelo projetista, que considera: 1) a natureza da predominância e frequência das condições climáticas extremas. 2) as condições internas desejáveis, 3) as características de comportamento de tudo que reage às condições climáticas, como materiais de fachada e construções mistas.

g) uma advertência final é colocada: se a linguagem não é simples e a matemática mínima, as chances de sucesso são pequenas...

Apesar do aparente consenso em relação à necessidade do ensino do impacto climático sobre as edificações, na prática encontra-se uma certa resistência ao estabelecimento de currículos adaptados à matéria. Na visão de WARSHAV(3), este preconceito fundamenta-se nos seguintes pontos:

1. relutância em admitir que nós, como arquitetos, temos agido irracionalmente e ignorado estas considerações óbvias de projeto durante anos. Exemplos são dados pela falta de regionalismo no estilo internacional, pelo ilimitado uso do vidro (desconsiderando-se a orientação), e pela ênfase num exibicionismo técnico e formal.

2. um sentimento de que mais esta ênfase representaria uma ameaça a outras "prioridades" no atelier e na estrutura do curso, competindo por espaço num programa já sobrecarregado.

3. uma percepção do projeto bioclimático como sendo racional ao extremo e, portanto, estando em oposição a qualquer formalismo, humanismo, ou mesmo intuição e talento do projetista.

4. falta de conhecimento e interesse por parte de professores.

5. compreensível ceticismo acerca da confiabilidade de métodos e dados disponíveis.

Ao contrário dos quatro primeiros, a superação do quinto ponto não depende só de uma mudança de mentalidade ou de maiores esclarecimentos sobre a matéria. Metodologias de análise, dados confiáveis e principalmente dispositivos de aplicação simples são fruto de persistente trabalho de pesquisa, responsável também por reciclar o processo de aprendizado e aplicação climatológica.

3. ANÁLISE E REPRESENTAÇÃO DE DADOS CLIMATICOS

Caracterizar climaticamente um local ou sítio destinado à edificação não é tarefa fácil. No entanto, geralmente se dispõe de registros e observações que fornecem características globais da região que contém o sítio, como as estações quentes e frias ou períodos chuvosos, secos, ventosos ou de calma. São informações gerais úteis, mas que só podem ditar regras também generalistas para projetos

Ambiciona-se, na verdade, uma estimativa cada vez mais apuradas condições reais a que estará exposto o produto edificado. Quanto maior for o conhecimento acumulado para dado local, maior será a flexibilidade que o planejador terá na otimização de estratégias, podendo calcar suas decisões em análises seguras da relação custo/benefício (uma vez estando o benefício devidamente quantificado).

Já é notória a noção de que a economia excessiva, principalmente em tempo, nas fases de planejamento e projeto são a causa de sérias conseqüências como dificuldades e improvisações na fase de execução e posterior insatisfação generalizada dos usuários na fase de uso e manutenção. Porém, a realidade competitiva dos profissionais que prestam serviços ao mercado não se deixa subestimar, exigindo que novas propostas sejam adequadas também a seus anseios, sob pena de se inviabilizarem na prática, como tantas outras produções acadêmicas.

O desafio maior parece ser, justamente, o de transformar quantidades enormes de informações climáticas, disponíveis em estações meteorológicas, em

dados de rápido consumo, ou seja, em ferramentas de trabalho práticas e ágeis. Em termos ideais, essa transmutação acontece com árduo trabalho de pesquisa, através de exaustivas análises, com auxílio de climatologistas, extraíndo-se possíveis correlações úteis, produzindo-se critérios de projeto e, principalmente, através de uma muito bem desenvolvida representação gráfica que dê respostas quase que instantâneas aos questionamentos de seus consumidores: os profissionais da edificação.

A normalização da área pode, com a posse destes instrumentos, vir a garantir uma satisfação mínima do usuário final, enquanto que os profissionais interessados podem vir a dominar a técnica, extraíndo dessas informações fornecidas um pouco mais do que o óbvio graficamente ali representado, aumentando assim sua competitividade frente ao mercado com a flexibilidade conseguida no planejamento.

Cabe aqui registrar alguns esforços internacionais dirigidos à análise, representação e uso de dados climáticos, pois auxiliam a compreensão das idéias acima expostas, além de ilustrarem sobremaneira a variada gama de respostas passíveis de serem obtidas através de uma adequada manipulação das informações climatológicas.

Quanto às metodologias desenvolvidas, sem dúvida podem servir de base a muitos estudos, mas fica a advertência de FORN e LOTERSZTAIN (4) que frisam a necessidade de cuidado redobrado ao se adaptarem metodologias provenientes de locais com peculiaridades climáticas não semelhantes às existentes no local de estudo, pois podem ditar a adoção de critérios específicos válidos somente para determinadas características, o que nem sempre é explicitado na literatura disponível.

Apesar de já serem muitos os estudos exemplificando a procura de métodos na confecção de cartas de informações climatológicas, nenhuma metodologia única pode ainda ser adotada. No entender de BITAN e ASSIF (1), isto se deve à multiplicidade de tipos de dados, fórmulas de cálculo, unidades de medidas e meios de representação utilizados, clamando por uma melhor formulação.

Preocupados com um acesamento mais racional de dados climáticos para uso em projetos de edificação, VAN DEVENTER e VAN STRAATEN(5) já na década de 60 chama a atenção para a influência do efeito integrado entre temperatura, umidade, velocidade do vento e radiação solar sobre o desempenho funcional de edificações. Adicionalmente, alertam para a importância de se estabelecerem as probabilidades de ocorrência de períodos (seqüência de dias corridos) onde as condições do tempo atingem tais valores extremos, que se constituem em informações igualmente significativas.

O método foi criado na África do Sul e baseia-se na probabilidade de ocorrência simultânea dos elementos climáticos pertinentes. De fato,

contrasta com a prática até então adotada no hemisfério norte, onde os vários parâmetros climáticos eram selecionados para análise independentemente uns dos outros.

A análise proposta interpreta e apresenta os dados objetivando a previsão das condições térmicas do ambiente interno para quaisquer requisitos de envólucro e ocupação. Para tanto, foram determinados dias típicos de verão e de inverno, além dos riscos de ocorrência de "ondas" de calor e frio extremos. Deste modo, os projetistas sul-africanos têm a sua disposição uma interpretação racional dos dados climáticos tanto para o cálculo de cargas necessárias de calefação ou refrigeração, quanto para avaliar o

desempenho térmico de edificações não condicionadas. (6)

Trabalho similar foi desenvolvido na Argentina quando, a partir de 1967, iniciou-se um esforço de pesquisa visando estabelecer requisitos higrotérmicos mínimos para o programa habitacional daquele país. Tarefa de longa duração, a complexidade do problema propôs objetivos bastante extensos, como: (4)

- identificar as zonas climáticas da República Argentina, para propósitos de edificação;
- definir níveis convenientes de conforto térmico para as diferentes circunstâncias geográficas e sócio-econômicas;
- traduzir estes níveis em "requisitos técnicos" a serem obedecidos pelos elementos construtivos, pelo conjunto edificado e pelo desenho urbano;
- selecionar controles experimentais para a tarefa;
- compor teorias de conforto térmico e desempenho térmico de edificações, úteis para os problemas argentinos nesta área e baseados em processos computacionais;
- transformar os critérios encontrados em instrumentos legais pertinentes como códigos, normas, etc.

A preocupação inicial, como no caso sul africano, foi centrada em descobrir-se um meio de computar o efeito conjunto dos vários parâmetros climáticos sobre a edificação e o conforto humano. Optou-se pela determinação estatística de dias típicos quente e frio, para os quais foram especificados (em valores horários) os parâmetros climáticos relevantes, a saber: temperatura do ar, umidade, velocidade e direção do vento e radiação solar. A probabilidade de ocorrência sucessiva de dias típicos também foi trabalhada.

Outro dispositivo de cálculo, originalmente desenvolvido para aplicações na agricultura, é o conhecido como degree days, que há muito vem sendo usado para estabelecer e estimar a necessidade de calefação em edificações. Contudo, conceito similar pode perfeitamente ser empregado para fins de refrigeração.

Por definição, degree days são unidades de medida da temperatura acumulada, sendo a medida da extensão e duração da ocorrência de temperatura externa abaixo de um índice conhecido como temperatura base. A temperatura base depende do projeto e uso da edificação, podendo ser expressa do seguinte modo: (7)

$$T_{\text{base}} = T(\text{interna desejada}) - \frac{\text{ganhos médios incidentais}}{\text{condutância total do edifício}}$$

Com aplicações na previsão de consumo de energia em projetos e no monitoramento do uso de energia em edificações existentes, checando seu desempenho, os degree days costumam ser calculados para uma temperatura base de 15,5°C na Inglaterra (7) contra os 18,3°C tradicionalmente usados nos Estados Unidos (8). Teoricamente, esta base deveria igualar-se ao "ponto de equilíbrio" da edificação, sendo a temperatura acima ou abaixo da qual sistemas de aquecimento ou resfriamento não são necessários. Com o advento da crise energética, a temperatura base comumente usada acaba sendo alterada junto com o comportamento dos usuários, que regulam seus termostatos a níveis mais econômicos e melhoram o

isolamento térmico de suas moradias e locais de trabalho. (8)

Com isso, vários métodos de cálculo foram propostos, geralmente prevendo flexibilidade para a temperatura base. Dentre os mais recentes encontra-se o apresentado por SCHOENAU e KEHRIG (9) que se destaca pela simplicidade. Assumindo que existe uma distribuição normal anual da temperatura média diária sobre a temperatura média mensal, o método é preciso e adequado para implementação em modelos computacionais simples em localidades onde os dados mensais de desvio padrão das temperaturas médias diárias estejam disponíveis.

A experiência israelense na área pode ser exemplificada pelo preparo de um atlas climático para uso específico em planejamento e basicamente, o atlas divide o Estado de Israel em 18 pequenas regiões climatologicamente homogêneas, cada uma representada por sua própria estação meteorológica. Os dados climáticos são apresentados em linguagem familiar ao projetista, com todas as informações básicas necessárias à primeira vista (graficamente) e outras mais detalhadas e precisas (textos descritivos).

Além das interpretações diretas dos dados coletados (médias e extremos de temperatura, umidade, velocidade e direção do vento, precipitação, radiação e nebulosidade), outros processamentos mais elaborados são fornecidos, como:

- Média horária de "stress" térmico (heat stress): dada pelo índice de desconforto (média aritmética entre as temperaturas de bulbo seco e bulbo úmido) e dividido em 4 categorias:
 - inexistente: < 22,0
 - leve: 22,0 - 23,9
 - médio: 23,9 - 27,9
 - pesado: > 28,0

- Média mensal de degree days para calefação: dada pelo cômputo dos dias cuja temperatura média fica abaixo de 18,3°C (T base). Cada 1°C a menos vale 1 unidade, ou seja, um dia com temperatura média de 15,3°C, acumula 3 unidades no mês. Uma soma maior que 75 unidades num mês aponta a necessidade de calefação do ambiente. Assim, o número de meses com uma média mensal maior que 75 determinará se o investimento num sistema central de aquecimento é justificável ou não, para aquela região.

objetivando suprir a lacuna existente em informações úteis para planejadores e arquitetos sobre o clima local de municípios e distritos da Suécia a Instituição BERGAB-Investigações Climáticas, passou a fornecer mapas climáticos incluindo, além de dados relacionados com radiação, temperatura e vento, também os seguintes elementos graficados sobre mapas da região: (10)

- a. declives ensolarados
- b. áreas sombreadas
- c. produção de ar frio
- d. correntes de ar frio
- e. zonas de ar frio (influência moderada, forte e muito forte)
- f. climas litorâneos (influência moderada e forte)
- g. regiões montanhosas frias
- h. cintos térmicos
- i. ilhas de calor urbanas (moderadas e intensas)
- j. zonas de nevoeiro locais
- k. áreas de ventos fortes e extremos
- l. ventos leves (ventilação deficitária)
- m. anomalias locais na direção do vento
- n. direção do ar interior (continental)

No Brasil, dentre as poucas iniciativas documentadas na área, destaca-se aqui o trabalho desenvolvido no IPT, em São Paulo (11), por propor metodologia aplicável a todo território nacional. O referido estudo recomenda procedimentos para identificação do tipo climático característico de cada região, definindo os intervalos "de conforto" em função da umidade relativa média e da temperatura média anual típica encontrada. A classificação dos grupos climáticos se dá de acordo com a solicitação quente (Q), confortável (c) ou frio (F) levantada a partir dos valores médios mensais e anuais (por período não inferior a 5 anos) das seguintes variáveis climáticas:

- temperatura mínima
- temperatura máxima
- amplitude térmica
- ~ temperatura média
- precipitação
- umidade relativa
- direção dominante dos ventos
- velocidade média dos ventos dominantes

Uma vez determinadas as solicitações mensais e feito o cômputo do número de meses que aparecem durante o ano, são feitas recomendações gerais para adequação climática da implantação de conjuntos habitacionais.

4. CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA DE PORTO ALEGRE/RS

A cidade de Porto Alegre já acumula alguns precedentes nos quais é objeto de estudos visando aliar a arte de edificar ao clima local.

Obras como a de MACHADO(13) e MARQUARDT (12) não podem deixar de ser citadas; a primeira, fornecimento da divisão regional e síntese climática do Rio Grande do Sul, e a segunda, por analisar as condições climáticas do habitat urbano, estabelecendo os requisitos gerais a serem cumpridos pelas construções.

Posteriormente, quem mais aprofundou a análise da caracterização climática de Porto Alegre seguramente foi AROZTEGUI(14). Principalmente porque, além de dissecar cada variável do clima porto alegre, ainda propôs uma avaliação sintética conjunta, explicitando a relação conforto / clima.

Mais recentemente, SATTLER (15) avança na questão através do tratamento estatístico de dados horários, estabelecendo os dias climáticos típicos de verão e de inverno para o projeto térmico de edificações em Porto Alegre. Tais dias típicos são fornecidos para diferentes níveis de probabilidade de ocorrência, adequando-se ao nível de exigência requerido pelo projeto, e tornando disponíveis valores médios horários de 10 parâmetros climáticos.

A fonte dos dados utilizados por Sattler constituiu-se de milhares de planilhas de leitura contínuas provenientes da aparelhagem do 80 Distrito Meteorológico do Ministério da Agricultura (situado junto ao Jardim Botânico), referentes a um período de 5 anos (1977-1981).

Tal fonte vem se transformando, através de exaustivo trabalho de informatização junto à Fundação de Ciência e Tecnologia (CIENTEC), no primeiro banco de dados climáticos de Porto Alegre voltado para o interesse específico do ambiente construído, tornando acessíveis à análise estatística os dados horários de temperatura, umidade, precipitação, direção e velocidade do vento.

As limitações deste empreendimento se prendem, em primeiro lugar, à existência de

de erro humano a ser considerada, devido à obrigatoriedade da leitura individual de cada registro e posterior digitação. Este obstáculo só pode ser superado pela completa automatização da estação meteorológica fonte.

Outro ponto negativo é o reduzido período da coleta dos dados, se comparado ao mínimo de 10 anos recomendado. A extensão desta falha pode, porém, ser futuramente averiguada com a análise dos dados de cada variável climática e sua posterior comparação aos valores médios mensais e anuais obtidos em séries históricas bem mais longas disponíveis no posto de origem. Uma vez verificada a inexistência de diferenças significativas na distribuição dos valores das variáveis envolvidas, pode-se então considerar o período adotado como de referência para a análise das características do clima local (segundo procedimento citado em AKUTSU e PEDROSO(16)). Caso contrário, deve-se ampliar a série de dados buscando alcançar o período ideal aconselhável.

Independente disso, a importância de sempre se aumentar e, de certa forma, "atualizar" um banco de dados climáticos é perfeitamente justificada pela ressalva feita por AROZTEGUI(14) esclarecendo que a mudança progressiva de um local e seu microclima (notadamente num centro urbano, pelo fenômeno conhecido como ilha de calor), altera notoriamente a temperatura e a umidade, sendo preferível computar-se sempre os dados dos últimos anos (mínimo 10) na obtenção de médias mais ajustadas à realidade presente.

Além do aumento da seqüência histórica, obviamente poderia-se enriquecer o banco com o acréscimo de outras variáveis climáticas significativas, desde que seus dados fossem de coleta simultânea dentro do mesmo período. Seria o caso da radiação solar, originalmente requerida, mas não figurando entre os disponíveis por falha na captação de seus registros durante o período escolhido.

Vários pesquisadores que se dedicaram a assuntos que exigiam dados climáticos de Porto Alegre, ou deixaram expressas a necessidade de um melhor tratamento dos mesmos, ou registraram a ausência absoluta de certas especificidades que impediram resultados mais conclusivos em suas áreas de atuação. Este fato comprova que investimentos científicos nesta área da climatologia aplicada jamais serão inúteis, sendo apenas desejável um levantamento prévio das prioridades, de modo a otimizar os recursos materiais e humanos que porventura se tornem disponíveis.

De fato, o potencial de utilização de tal banco de dados torna-se praticamente ilimitado na medida em que uma correta manipulação de seus dados permite, entre outras, as seguintes aplicações diretas:

- determinação de parâmetros fixos e recomendações claras para a otimização da adequação climática de ambientes construídos, sendo de valor inestimável no preparo de manuais técnicos para projetistas e de fácil emprego em cursos acadêmicos, qualificando a formação profissional na área.

- concepção de normalização ligada à área, baseada em critérios confiáveis, garantindo conforto ambiental mínimo desejável aos usuários e/ou consumo controlado de energia.

- estabelecimento de procedimentos corretos para ensaios de verificação e/ou simulação, utilizados na avaliação de desempenho de materiais, processos e sistemas construtivos, protótipos de unidades edificadas ou mesmo no monitoramento de edificações em uso.

Como salienta AROZTEGUI(14), a consideração de valores-conceito, cuja validade não ultrapassa as previsões de médias estatísticas, apresenta a vantagem de eliminar a subjetividade das apreciações climáticas. Só com embasamento científico é possível o estabelecimento de exigências qualitativas para sistemas construtivos ou materiais, tarefa há muito classificada como urgente.

Objetivando fundamentalmente transformar os dados climáticos disponíveis para Porto Alegre em informações de mais fácil leitura e consumo, sendo rapidamente acessáveis e ainda utilizáveis como recurso didático na formação acadêmica da área, o sumário climatológico aqui apresentado também pretende servir de subsídio a uma série de investigações subseqüentes. Desta série espera-se que, além de vir a completá-lo, seja suficientemente longa de modo a suprir ao menos em parte as lacunas existentes neste ramo do conhecimento que, atualmente, deixam sem resposta várias solicitações dos projetistas e seus clientes.

Como dados foram utilizadas observações horárias coletadas ao longo de uma série de 20 anos (1951-1970) na Estação identificada por:

- NomePorto Alegre
- Aeroporto Salgado Filho
- Estado ...Rio Grande do Sul
- Número Sinótico ... 83971
- Latitude .30°00'S
- Longitude 51°11'W
- Altitude .4,00 m
- órgãoMinistério da Aeronáutica

A opção por esta fonte de dados se deveu ao fato de, afortunadamente, ter-se acesso aos Sumários Climatológicos em questão, elaborados pela Divisão de Ciências Atmosféricas do Instituto de Atividades Espaciais do Ministério da Aeronáutica, nos quais os dados já haviam sofrido tratamento estatístico prévio. Apesar da advertência expressa de que tais dados ainda se encontravam em fase de correção, devendo valores discrepantes ser avaliados e contornados, foi considerado que para a aplicação em estudo o rigorismo até o momento dispensado já era amplamente satisfatório.

Dos parâmetros disponíveis foram selecionados os pertinentes à área do ambiente construído, a saber:

-Temperatura do bulbo seco (médias e desvio padrão)

- Umidade relativa (médias e desvio padrão)

-Vento de superfície (velocidade média escalar e vetorial, persistência e freqüência de direção e velocidade)

-Total de nuvens (médias, desvio padrão e sumário de nebulosidade)

Infelizmente, para os fins aeronáuticos os dados de radiação solar são irrelevantes, não sendo coletados. Os valores de quantidade de precipitação,

apesar de disponíveis, não foram aproveitados por terem sido classificados como não confiáveis, devido a falhas apresentadas pelos aparelhos de medição durante o período.

O primeiro passo para facilitar a análise climática útil ao profissional da edificação é representar os dados de maneira possibilitando uma apreensão geral do que historicamente é esperado daquele parâmetro ao longo do dia e do ano em determinado local.

Mesmo em abordagens específicas, onde só está em pauta o estudo do comportamento de um ou dois

parâmetros climáticos, é de suma importância conhecer se a tendência geral das principais variáveis, capacitando-se a uma avaliação climática global do local de interesse.

Para tanto, buscando-se sempre agilizar este trabalho de pesquisa e acesso aos dados, julga-se conveniente o fornecimento dos registros mais significativos de uma forma sintética, aglutinando-se informações. com este objetivo, foram elaboradas duas maneiras de apresentação concisa.

A primeira, representada pela Figura 1, sobrepõe os valores médios horários mensais dos parâmetros temperatura, umidade e velocidade do vento num mesmo gráfico que utiliza as 3 unidades correspondentes (°C, %, m/s) simultaneamente, além de apresentar a direção predominante do vento no período. Este tipo de recurso permite uma visualização abrangente e conjunta das mudanças estimadas das condições climáticas durante períodos do dia e ao longo das estações do ano. Por ser circular, dando ênfase ao caráter cíclico do período anual, este gráfico apresenta deformação que se acentua com valores baixos (próximos do centro), podendo induzir a erros de comparação e tendo, portanto, valor restrito a análises preliminares, como reconhecimento inicial das condições locais.

A segunda maneira se constitui em resumo dessas condições médias dispostas de forma "médios" mensais são subdivididos em 4 turnos de 6 horas cada (madrugada, manhã, tarde e noite) onde são expressas as estimativas de variação climática de seus valores limítrofes, ou a presença de picos máximos e mínimos, registrando a hora prevista de ocorrência e valor esperado, além da direção predominante do vento no turno. (Ver Tabela 1)

Analisando estes dois dispositivos é possível fazer-se uma avaliação sumária das condições climáticas médias da capital gaúcha. Vários são os indícios daí advindos, dentre os quais podem ser aqui destacados:

a) As curvas médias da temperatura e umidade são, como esperado, simetricamente opostas, fazendo coincidir o pico mínimo da primeira com o máximo da segunda(em torno das 6h) e vice-versa (por volta de 15h). Salienta-se aqui que, embora o valor mínimo diário da umidade seja menor no verão (aprox. 55% contra aprox. 65% no inverno), a diminuição do valor máximo é menos notável, variando de 92 a 96% ao longo do ano. Fica assim quantificada a já conhecida condição de altas taxas de umidade que rege Porto Alegre.

b) A curva média da velocidade do vento também apresenta certa regularidade, com picos máximos de ocorrência entre 18 e 19h e mínimos acontecendo entre os turnos da madrugada e manhã. A tendência de valores crescentes durante a manhã só é regular nos meses de maio a julho, nos demais essa regularidade aparece no turno da tarde. Durante o ano, enquanto os valores mínimos nunca ultrapassam 1m/s (maior valor em setembro e menores entre abril e julho), os máximos podem variar desde pouco mais de 1m/s (de maio a julho) até mais de 4m/s (de novembro a janeiro).

c) A direção média do vento predominante é Sudeste durante toda a Primavera e. no Verão, intercala-se com ventos do Leste entre os turnos da noite e madrugada. Os meses de abril e agosto registram ventos do Sul por volta do meio do dia,

enquanto ventos do Oeste e Sudoeste só são predominantes entre as manhãs e tardes de maio a julho. As direções Norte, Nordeste e Noroeste, na média, nunca predominam.

Cabe frisar que os dados relativos ao vento são válidos para as redondezas da estação coletora

(região plana, próxima ao Rio Guaíba). A extrapolação para o restante do município deve levar em conta a influência de barreiras físicas adjacentes (vegetação, construções, acidentes topográficos) que possam alterar a velocidade e direção destes ventos médios gerais.

Devido à brevidade requerida no presente trabalho, limitamo-nos aqui a uma exposição sucinta e

conjunta dos dados relativos à temperatura, umidade e vento em seus valores horários-mensais médios. A apresentação completa destes e outros dados, somada a uma avaliação do conforto térmico em Porto Alegre, é parte integrante de Dissertação de Mestrado desenvolvida no NORIE-CPGEC / UFRGS.

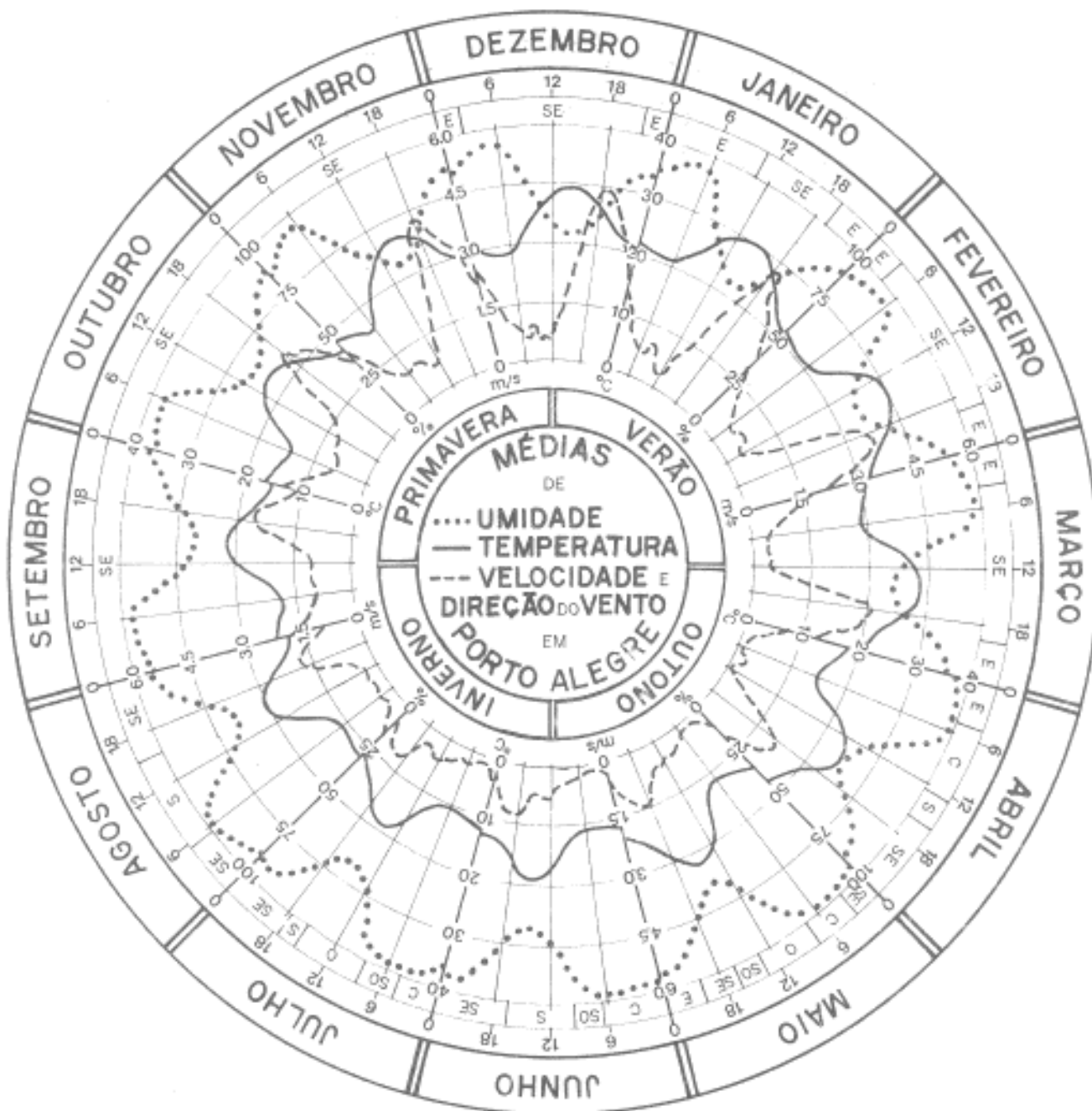


FIGURA 1: GRÁFICO CIRCULAR DOS VALORES MÉDIOS DE TEMPERATURA, UMIDADE, VELOCIDADE E DIREÇÃO DO VENTO EM PORTO ALEGRE/RS (1951-1970)

Obs: C = ventos calmos (<0,3m/s), sem direção predominante.

TABELA 1: RESUMO DAS CONDIÇÕES MÉDIAS DE TEMPERATURA, UMIDADE, DIREÇÃO E VELOCIDADE DO VENTO EM PORTO ALEGRE / RS (1951-1970).

turno	mes	madrug. (0-6h)	manha (6-12h)	tarde (12-18h)	noite (18-0h)
jan	t u v	22-20 86-92 2.3-0.8 e	20-28 92-61 0.8/0.5 e	p15=30 p15=56 0.5-3.9se	28-22 63-86 p19=4.0 e
fev	t u v	22-20 87-93 1.9-0.6 e	20-28 93-62 0.6/0.5se	p15=30 p15=57 0.5-3.5se	27-22 64-87 p19=3.7 e
mar	t u v	21-19 88-94 1.8-0.5 e	19-27 94-63 0.5/0.4se	p15=28 p15=58 0.4-3.0se	26-21 66-88 3.0-1.8 e
abr	t u v	17-15 90-95 1.0-0.2 e	15-23 95-67 0.2/0.2 c	p15=25 p15=61 0.2-1.9 s	22-17 70-90 p19=2.0se
mai	t u v	14-12 93-97 0.6-0.2 c	12-20 97-70 0.2-0.5 o	p15=22 p15=63 0.5/1.3 s	19-14 75-93 p19=1.4se
jun	t u v	13-11 94-96 p4=0.1 c	11-17 96-74 0.3-0.7 s	p15=19 p15=67 0.7/1.1 s	17-13 78-94 1.1-0.3se
jul	t u v	12-11 92-96 p2=0.2 c	11-17 96-73 0.3-0.6 o	p15=19 p15=65 0.6/1.1so	17-12 76-92 p19=1.2se
ago	t u v	13-11 91-95 1.0-0.4se	11-18 95-70 0.4/0.3 s	p15=20 p15=64 0.3-1.7 s	18-13 73-91 1.7-1.0se
set	t u v	15-13 90-94 1.7-1.0se	13-20 94-70 1.0/0.9se	p15=21 p15=66 0.9-2.5se	19-15 74-90 2.5-1.7se
out	t u v	17-15 89-94 2.0-0.9se	15-22 94-67 0.9/1.1se	p15=24 p15=63 1.1-3.5se	21-17 71-89 3.5-2.0se
nov	t u v	19-17 89-94 2.0-0.9se	17-25 94-67 0.9/0.9se	p15=27 p15=63 0.9-4.1se	24-19 71-89 4.1-2.2se
dez	t u v	p5=19 p5=92 2.3-0.8se	19-27 91-58 0.8/0.8se	p15=29 p15=54 0.8-4.1se	26-20 61-85 p19=4.2se

t = temperatura (°C) / u = umidade relativa (%)
v = velocidade (m/s) e direção predominante do vento (pontos cardeais e colaterais).
e = vento calmo (<0.25 m/s), sem direção predominante.
p = pico máximo / mínimo e hora de ocorrência.

- Valores entre "-" indicam mudança climática de tendência crescente ou decrescente.
- Valores entre "/" indicam mudança climática de tendência variável.

Ex: manhãs de dezembro costumam apresentar temperatura média subindo de 19 a 27°C, umidade relativa decrescendo de 91 a 58% e velocidade do vento variável em torno de 0.8m/s vindo da direção Sudeste.

BIBLIOGRAFIA REFERENCIADA

1. BITAN, A., ASSIF, S. Climatic data analysis and its use and representation for planners. **Energy and Buildings**, (7): 11-22, 1984.
2. DIETZ, A. A review of teaching methods for architects, planners and builders. **Document. Swedish Council for Building Research**, Stockholm, D20, p.263-273, 1973.
3. WARSHAW, L. Suggestions for study programs in universities on the impact of climate on building and planning. **Energy and Buildings**, (7): 23-28, 1984.
4. FORN, A., LOTERSZTAIN, I. **Quality rules for thermal performance of low cost dwellings**. Building climatology for Argentine. Paper presented at the Colloquium on Teaching the Teachers on Building climatology, 1973, Stockholm.
5. VAN DEVENTER, E., VAN STRAATEN, J. **A rational basis for assessing climatic data for use in building design**. Pretoria. National Building Research Institute, 1965.
6. VAN DEVENTER, E. **Climatic and other design data for evaluating heating and cooling requirements of buildings**. Pretoria: National Building Research Institute, 1971. (CSIR Research Report, 300)
7. HITCHIN, E. Degree-days in Britain. **Building Services Engineering**. Research & Technology, 2, (2): 73-82, 1981.
8. NALL, D., ARENS, E. **A climate data compression scheme for building energy analysis**. NBSIR 75-1525, National Bureau of Standards, Washington, 1978.
9. SCHOENAU, G., KEHRIG, R. A method for calculating degree-days to any base temperature. **Energy and Buildings**, (14): 299-302, 1990.
10. LINDQVIST, S. Local climate and physical planning. **Swedish Council for Building Research**, D20, p.44-46, 1983.
11. ALUCCI, M. et al. **Implantação de conjuntos habitacionais: recomendações para adequação climática e acústica**. São Paulo: IPT, publ.1729, 1986.
12. MARQUARDT, R. **Determinantes Climatológicas para a arquitetura em Porto Alegre e Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, UFRGS, 1969.
13. MACHADO, F. **Contribuição ao estudo do clima do Rio Grande do Sul**. Rio de Janeiro, IBGE, 1950.
14. AROZTEGUI, J. **Parâmetros do Conforto Térmico de Porto Alegre**. Porto Alegre: NORIE, UFRGS, 1977.
15. SATTler-M. The generation of climatic building design data, with particular reference to Porto Alegre (30°02'S, 51°13'W)- Brazil. Sheffield, University of Sheffield, 1986.
16. AKUTSU, M., PEDROSO, N. Dia típico de projeto: instrumento para desenvolvimento de projeto arquitetônico. In: **Tecnologia de Edificações**. São Paulo: IPT/PINI, 1988. p.491-494.