

MÉTODOS DE SIMULAÇÃO EM CONFORTO TÉRMICO NO ENSINO DE GRADUAÇÃO DA ESCOLA DE ARQUITETURA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Carolina Soares Brum, Eleonora Sad de Assis

Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais
Rua Paraíba, 697 30130-140 Belo Horizonte MG
Tel.: (31)3269-1823 Fax: (31)3269-1818 E-mail: carolinabrum@bol.com.br

RESUMO

Este trabalho mostra a aplicação, em graduação, de métodos de simulação para a avaliação das condições de conforto térmico de ambientes projetados ou construídos. Estas simulações visam ao aprimoramento da didática de ensino das disciplinas relacionadas ao conforto ambiental, disponibilizando aos alunos um conjunto de ferramentas gráficas, de simulação física e de simulação computacional que podem ser usadas para subsidiar a tomada de decisão em projeto.

ABSTRACT

This paper presents an application of methods for thermal comfort simulation of buildings and their surroundings that can be used by graduation students. Those methods are applied to analyse designed and/or constructed buildings. The main objective is to improve teaching of the environmental comfort disciplines, making accessible graphic tools, physical and computer simulation techniques and showing the importance of thermal comfort considerations on design decisions.

1. INTRODUÇÃO

A análise de conforto ambiental ocorre com enfoques diferentes em várias etapas do projeto, como mostra o Quadro 1. Neste trabalho, estaremos restritos aos procedimentos relativos ao conforto térmico e ventilação natural.

Para cada uma destas etapas, existem procedimentos e técnicas mais adequados, sejam gráficos, cálculos numéricos ou simulações em modelos físicos reduzidos (maquetes) e simulações computacionais.

Estas simulações, realizadas no Laboratório de Conforto Ambiental da EAUFMG - LABCON, utilizam equipamentos desenvolvidos pelos próprios bolsistas das disciplinas do departamento, tais como relógios solares, o heliodon e um pequeno túnel de vento para análises qualitativas das condições de ventilação no entorno da edificação e no seu interior. As simulações são registradas em ensaios fotográficos, desenvolvidos em conjunto com o Laboratório de Fotodocumentação da EAUFMG.

Quadro 1 - Etapas de Projeto e Procedimentos de Avaliação Ambiental

Etapa de Projeto	Procedimentos
Estudos Preliminares	<ul style="list-style-type: none"> • Análise climática para gerar recomendações arquitetônicas • Verificação das condições locais de orientação solar e dos ventos para definição da implantação do terreno, do partido arquitetônico e, mesmo, da setorização dos ambientes. • Verificação das novas técnicas e legislação local pertinente a serem atendidas quanto aos critérios de desempenho ambiental (neste caso, de conforto térmico, iluminação, acústica e economia de energia).
Anteprojeto	<ul style="list-style-type: none"> • Análise da radiação solar incidente nas fachadas e cobertura para as definições preliminares sobre proteções solares, materiais e cores mais adequadas. • Definição do tipo de ventilação apropriado para o (s) ambiente(s), das circulações internas de ar e pré-dimensionamento das aberturas. • Definição da eficiência requerida de iluminação natural, do nível de iluminância médio de “céu de projeto”, do sistema de iluminação natural mais adequado às atividades previstas e dimensionamento final das aberturas, integrando, se necessário, as funções iluminar e ventilar. • Definição preliminar do sistema de iluminação artificial. • Definição preliminar do sistema artificial de condicionamento térmico, se necessário. • Definição do uso de fontes alternativas de energia, e da integração destes sistemas e instalações à arquitetura.
Projeto executivo	<ul style="list-style-type: none"> • Simulação de desempenho térmico, luminoso e energético do anteprojeto; avaliação dos resultados e indicação dos ajustes necessários do projeto. • Detalhamento das proteções solares, dos sistemas de ventilação e iluminação naturais e/ou artificiais. • Especificações de materiais e componentes construtivos de acordo com o desempenho térmico, luminoso e/ou acústico esperado; especificação de acabamentos e cores.

2. SIMULAÇÕES EM ETAPAS DE ESTUDO PRELIMINAR E ANTEPROJETO

A análise climática do local gera um quadro referencial de desempenho esperado da edificação quanto ao conforto térmico. Assim, em situação de projeto, uma série de recomendações orienta a tomada de decisão; em situação de avaliação pós ocupação, verifica-se se a edificação cumpre com os requisitos básicos necessários para o conforto naquela condição climática.

Para a análise climática, utilizam-se métodos gráficos. Por exemplo, no caso de Belo Horizonte, cruzam-se os resultados do Diagrama Bioclimático de Givoni e das Tabelas de Mahoney. Tais métodos são simples de serem aplicados e apresentam um resultado inicial bastante satisfatório. A seguir, a figura 1 mostra o Diagrama Bioclimático Givoni para a cidade de Belo Horizonte. Os pontos representam as médias mensais do “ano normal”, ou seja, as médias de 30 anos de dados, extraídos de BRASIL (1992).

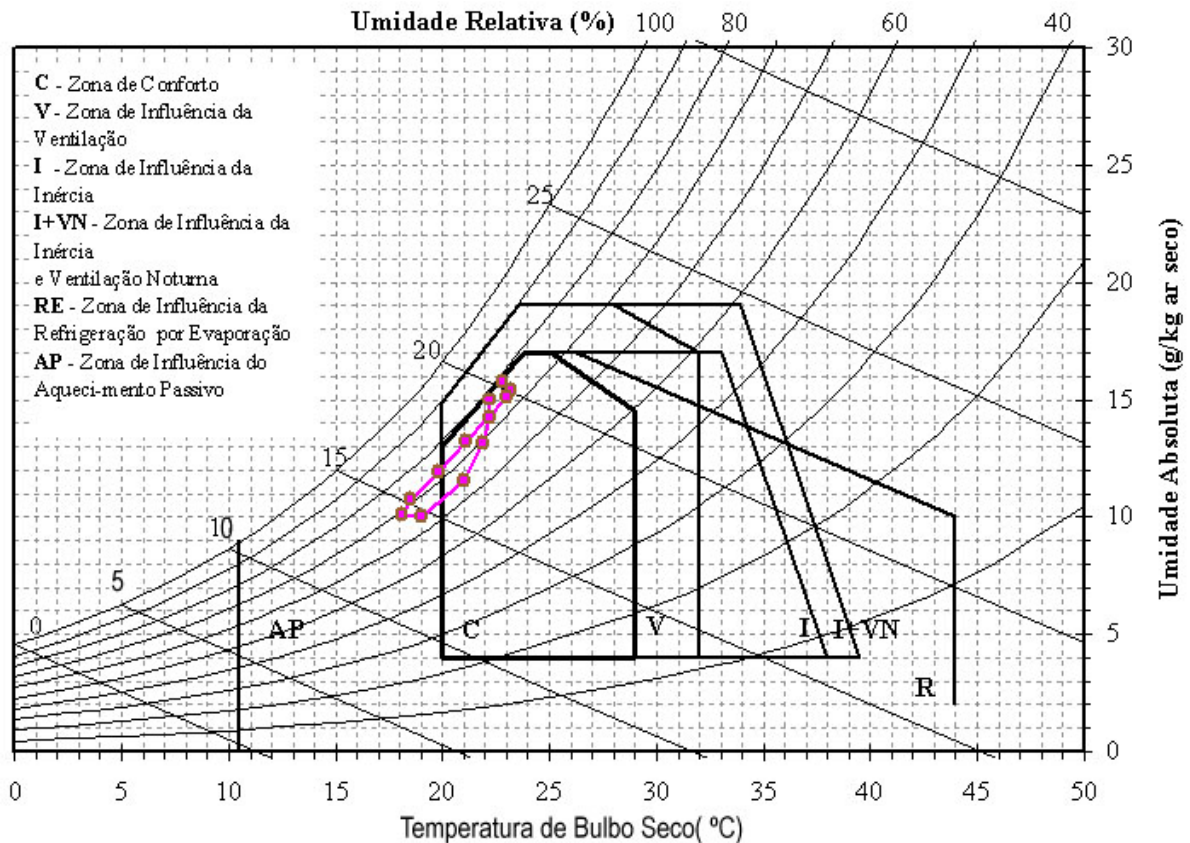


Figura 1 - Carta Psicrométrica para Belo Horizonte, desenvolvida segundo equações em COSTA (1982); Diagrama Bioclimático adaptado de GIVONI (1992) e HINZ (1986). Fontes de dados: BRASIL (1992)

Após a análise climática, têm início os ensaios de insolação e ventilação, que podem ocorrer em várias escalas (urbana, edifício, ambiente, detalhe – uma proteção solar sobre aberturas, por exemplo) utilizando vários métodos: os gráficos e os modelos físicos nesta etapa são mais comuns. A partir dos ensaios de insolação é possível verificar os horários e as fachadas críticas em relação à radiação solar incidente. A figura 2 mostra um ensaio feito no LABCON. O modelo representa uma área do centro da cidade de Belo Horizonte e a análise se refere à escala do urbano.

Em seguida é realizado o ensaio de ventilação. Tal ensaio é feito nas escalas do urbano e do edifício. O ensaio é feito com modelos físicos reduzidos, utilizando o túnel de vento. A escala usual das maquetes urbanas varia de 1/500 a 1/100. As maquetes são posicionadas no túnel de vento de modo que a saída de ar tenha a direção do vento dominante da cidade onde está a edificação. Na escala do urbano usamos fitas de papel de seda para simular os caminhos do vento. Já com relação ao edifício, as maquetes são construídas em geral na escala 1/50, cortadas, quando em planta, à altura da cobertura, que é substituída por uma placa de acrílico transparente. Para visualizar os efeitos internos de ventilação, são usadas bolinhas de isopor espalhadas no interior do modelo, de tal modo que, quando o fluxo de ar do túnel incide sobre as aberturas, pode-se observar, pelo movimento das bolinhas, se há boas condições de ventilação no ambiente ou se há regiões estagnadas. A figura 3 mostra as simulações de ventilação em ambas as escalas. A partir destes ensaios, é possível verificar a ocorrência de efeitos aerodinâmicos causados pelo arranjo urbano, segundo as definições de GANDEMER (1979), ou das condições internas de circulação do ar (no exemplo da figura 3, em planta).


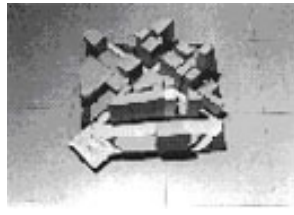







	9:00 hs	12:00 hs	16:00 hs
Solstício de Verão			
Equinócios			
Solstício de Inverno			

Figura 2 - Ensaio de insolação na escala do urbano. Extraído de BRUM e outros (2000).

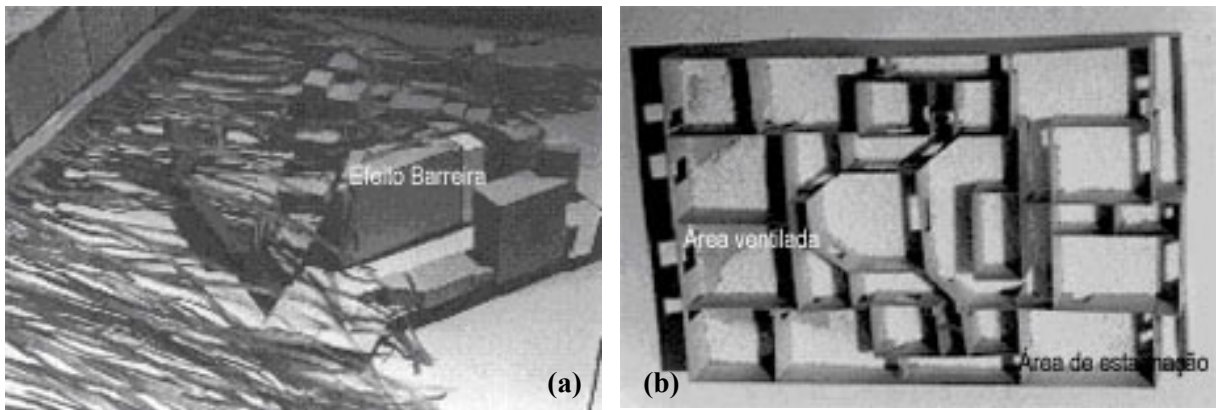


Figura 3 - Ensaio qualitativos de ventilação em escala urbana (a) e no interior do edifício (b), orientando o modelo segundo os ventos dominantes. Extraído de BRUM e outros (2000).

3. SIMULAÇÕES EM ETAPAS DE PROJETO EXECUTIVO OU AVALIAÇÃO PÓS-OCUPAÇÃO

Uma vez que o projeto já avançou numa série de definições, as simulações já podem ser de um nível mais detalhado e complexo, através de modelos numéricos, que se prestam bem à avaliação pós-ocupação, pois também neste caso se dispõe de informação mais detalhada sobre o edifício ou ambiente em análise. Para análises mais simples, um modelo heurístico para o balanço térmico do ambiente pode ser utilizado, tal como o apresentado em FROTA & SCHIFFER (1988). Este modelo pode ser desenvolvido em planilha eletrônica de cálculo, tendo como vantagens a simplicidade de uso, a grande flexibilidade de aplicações, adaptando-se a qualquer caso e a rapidez na variação de soluções, embora os resultados sejam restritos à horários críticos (cálculo da temperatura interna máxima) e sua precisão seja menor que nos modelos mais complexos. Entretanto, como verificado por BRUM e

outros (2000), a ordem de grandeza dos resultados parece compatível com os resultados dos horários críticos de modelos mais complexos; por exemplo, quando comparado aos resultados de simulação com o *software* ARQUITROP. Deste modo, este tipo de modelo parece ter precisão suficiente para a tomada de decisão em projeto, ou a interpretação de resultados para análise pós- ocupação.

Modelos mais complexos para análise térmica de ambientes também são disponibilizados para os alunos de graduação. Atualmente, utiliza-se mais freqüentemente o *software* ARQUITROP, já citado, desenvolvido por RORIZ & BASSO (s/d). Através deste modelo, pode-se simular a variação da temperatura resultante interna ao longo de 24 horas em qualquer dia e mês do ano, bem como verificar o desempenho térmico de cada componente do ambiente em estudo, como mostra a figura 4. As vantagens deste tipo de simulação são a maior precisão e a capacidade de identificar os períodos do dia em que a edificação está fora das condições de conforto, bem como qual(is) componente(s) é(são) responsável(is) por isso – e atuar sobre ela(s), corrigindo rapidamente seu(s) desempenho(s). Uma dificuldade para ampliar o uso deste tipo de ferramenta desde a graduação é o período de treinamento dos alunos para o uso do *software* e a interpretação de seus resultados. Devido à restrição de carga horária das disciplinas curriculares de conforto ambiental da EAUFMG, este tipo de abordagem somente é feito em disciplinas optativas.

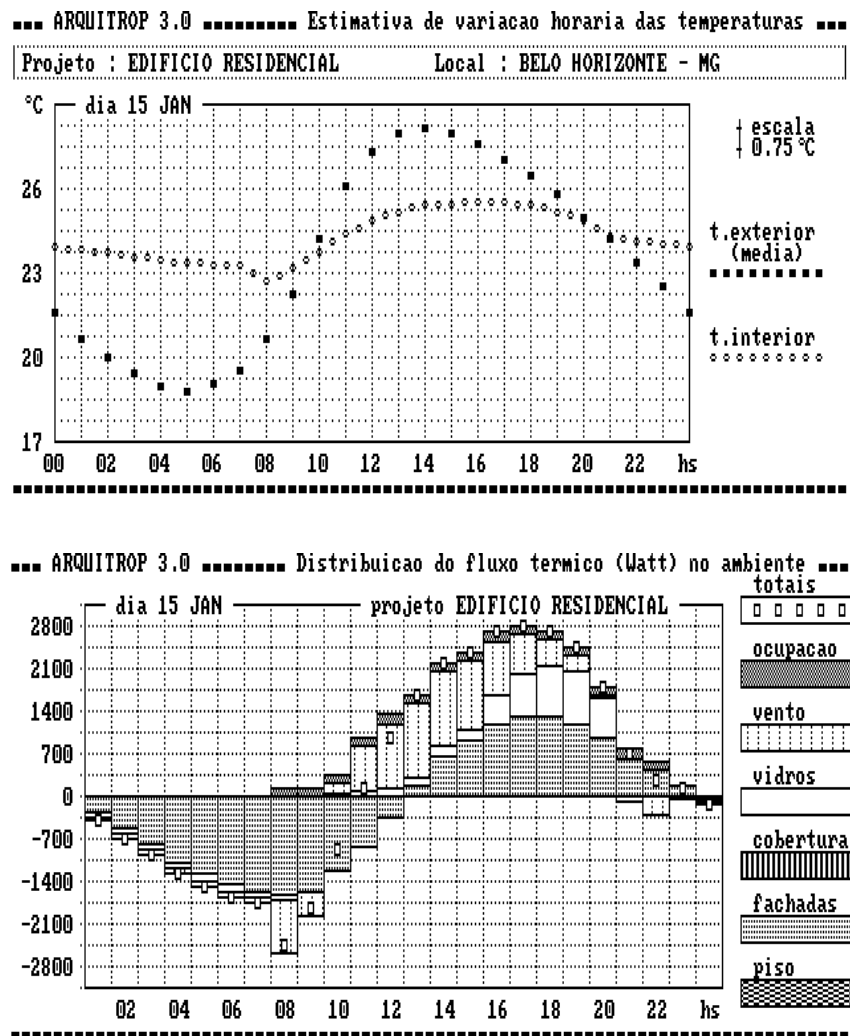


Figura 4 – Resultados de simulação de desempenho térmico de um ambiente, obtidos através do programa ARQUITROP.

4. CONCLUSÃO

Estamos entrando num período de recessão de energia no país, e como foi comprovado por

pesquisadores da companhia energética americana Northeast Utilities, o maior percentual para economia de energia na construção está na fase de projeto. Fica evidente, portanto, a necessidade de estudar as questões ambientais que afetam o conforto e a economia de energia ainda na fase de projeto.

Os procedimentos de simulações apresentados são de simples aplicação e visam verificar se o ambiente em análise atende ou não aos requisitos de conforto térmico. Depois de feitas todas as simulações chega-se a um diagnóstico, mais objetivo, identificando-se as falhas de projeto e propondo para tal as soluções mais eficazes.

Nas disciplinas de conforto ambiental, os estudantes são treinados nestas técnicas, através de um trabalho prático com tema num projeto ou construção, onde é possível articular os resultados das simulações, tornando o método mais acessível e viabilizando a aplicação desses procedimentos, pelos alunos, em outras disciplinas, principalmente às de projeto arquitetônico.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRASIL, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária, Departamento Nacional de Meteorologia - DNMET (1992) *Normais Climatológicas (1961-1990)*. Brasília, DNMET.
- BRUM, C. S.; COSTA, D. L.; PEREIRA, I. M. & MOURA, F. (2000) Avaliação térmica de edifício localizado na região central de Belo Horizonte. Belo Horizonte, 29p. Monografia (Disciplina de Conforto Térmico e Climatização de Ambientes) – Escola de Arquitetura, Universidade Federal de Minas Gerais.
- COSTA, E. C. (1982) *Arquitetura Ecológica: condicionamento térmico natural*. São Paulo, Edgard Blücher.
- NORTHEAST UTILITIES (s/d) *Energy & Economics: Strategies For Office Building Design - a guidebook for architects, engineers, developers, facilities planners and owners*. S/l.
- FROTA, A. B. & SCHIFFER, S. R. (1988) *Manual de Conforto Térmico*. São Paulo, Nobel, 1ª edição.
- GANDEMER, J. (1979) Les effets aérodynamiques du vent dans les ensembles bâtis, *Technique & Architecture*, v. 325, 70-75.
- GIVONI, B. (1992) Comfort, climate and building design guidelines, *Energy and Buildings*, v. 18, 11-23.
- HINZ, E.; GONZALEZ, E.; OTEIZA, P. & QUIROZ, C. (1976) *Proyecto Clima y Arquitectura*. Cidade do México, Gustavo Gili, vol. 1.
- RORIZ, M. & BASSO, A. (s/d) ARQUITROP– Sistema integrado de rotinas e bancos de dados para apoio às atividades de projeto em arquitetura e engenharia visando conforto térmico e economia de energia. Manual do Usuário, versão 3.0.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Sr. Arquimedes Corrêa, do Laboratório de Fotodocumentação da EAUFMG, pelo apoio aos ensaios fotográficos e processamento das fotos para os trabalhos práticos das disciplinas.