



DESEMPENHO TÉRMICO: ANÁLISE DOS MATERIAIS DE UM AMBIENTE

F J M Costa & M M F Oliveira

Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Dept. de Arquitetura

Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo

CEP. 59072-970 Natal/RN - Brasil

fax: (084) 215-3720

e-mail: fcosta@ufrnet.br

RESUMO Na cidade de Natal/RN – com clima quente e úmido, o calor é o principal causador da sensação de desconforto térmico. Nesse sentido a utilização de materiais adequados na construção civil poderá minimizar a diferença de temperatura entre o exterior e interior. Nos últimos anos, têm sido utilizado máquinas para a produção manual de tijolos de solo-cimento em pequena escala, como forma de barateamento da construção. A utilização desse material é adequada à nossa região? No trabalho é avaliado o desempenho térmico de um cômodo de uma habitação construída com tijolos de solo-cimento.

ABSTRACT In cities like Natal (Rio Grande do Norte) characterised by hot and humid climate, the heat is the main reason of the uncomfortable thermal sensation. In this condition building materials may alternate the differences between inside and outside temperature. In the last years, to lows the construction cost, a technique has been used to produce manual soil cement bricks. Is this technique adequate to our regions climate? This paper analyse the thermal performance of a room in a soil cement building.

1 Introdução

Para a região de estudo – Natal/RN – com clima quente e úmido, o calor é o principal causador da sensação de desconforto. Nesse sentido a utilização de materiais adequados poderá minimizar a diferença de temperatura entre o exterior e interior. Segundo ROMERO (1988) para cada região climática existem princípios de desenho que favorecem o conforto e o desempenho dos espaços construídos. Em climas

quentes e úmidos como o nosso, deve-se reduzir a absorção da radiação solar e, dessa forma, evitar o aquecimento noturno dos ambientes. Nos últimos anos na nossa região, tem sido comercializada e muito difundida a utilização de máquinas para a produção de tijolos de solo-cimento em pequena escala, como forma de barateamento da construção. A utilização desse material é adequada à nossa região? No trabalho é avaliado o desempenho térmico de um cômodo de uma habitação construída por processo não convencional, onde adotou-se como material de construção, tijolos de solo-cimento.

O objetivo principal desse trabalho foi verificar o desempenho dos materiais utilizados na construção como forma de obter dados para a avaliação da aplicabilidade do tijolo de solo-cimento, ao nosso clima. Adotou-se como método, a simulação computacional e a comparação com dados obtidos no local. Analisamos especificamente um ambiente da edificação (o escritório), e utilizamos o programa ARQUITROP, que simula o desempenho térmico e verifica a adequação climática de edificações.

2 Análise da eficiência energética dos materiais utilizados na edificação.

As edificações devem se encaixar em seu ambiente. Szokolay (1997) coloca que "todas as edificações são edificações solares: todas tem algum ganho de energia solar, apenas algumas são melhores que as outras na utilização da energia radiante recebida".

No nosso clima quente e úmido, o calor é o principal causador da sensação de desconforto. Nesse sentido a utilização de materiais adequados poderá minimizar a diferença de temperatura entre o exterior e interior e, para tanto, deve-se reduzir a absorção de radiação como forma de evitar o aquecimento noturno dos ambientes.

Partindo desse princípio, foi avaliado o desempenho térmico de um cômodo de uma habitação com o auxílio do sistema computacional ARQUITROP que, segundo BASSO (1995), é um programa formado por sistemas integrados de bancos de dados e rotinas de cálculo, que possibilita a simulação do desempenho térmico e da adequação climática de edificações.

2.1 A edificação estudada

Para a construção da edificação estudada, foram fabricados no próprio local, tijolos de solo-cimento, prensados em uma máquina do tipo Saara. Esse tipo de material representa, segundo Szokolay (1997), baixa energia de produção pois utiliza o solo da região (baixo consumo energético de transporte, além da mão de obra local. O material utilizado foi um tipo de barro existente em Parnamirim que tem uma cor clara. Ao ser misturado ao cimento, o material assume uma cor parecida com bloco de areia e cimento (cinza claro).

A edificação está disposta em dois níveis de piso. No pavimento inferior estão localizados os ambientes sociais e de serviços. Os ambientes sociais foram locados voltados para a face leste aproveitando todo o potencial de ventilação do terreno. O escritório analisado está voltado para a fachada sul em posição pouco favorável quanto à ventilação.

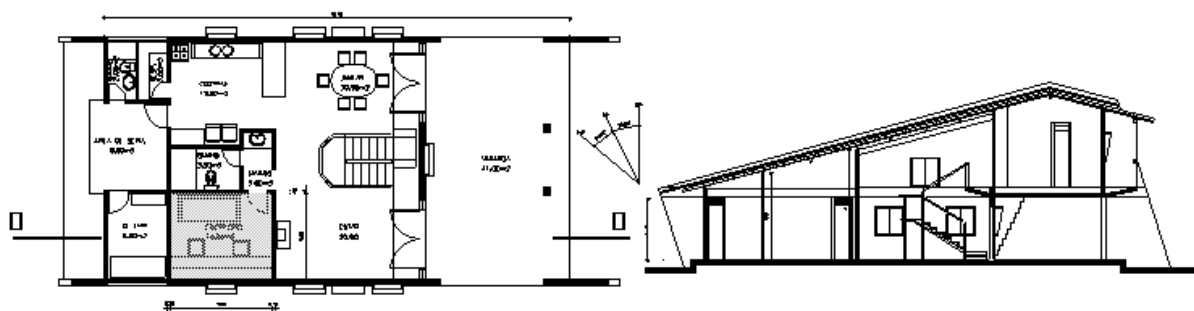


Fig. 1 Planta Baixa – Pavimento Térreo e Corte AA.

2.2 Caracterização do Clima

Foram utilizadas três fontes de dados sobre a variação da temperatura, sempre tendo como referência o mês de janeiro.

2.2.1. Banco de dados do ARQUITROP.

Tab. 1 Dados climáticos de Natal para o mês de janeiro.

ARQUITROP 3.0 - BANCO DE DADOS CLIMATICOS										FICHA: 2/RN	
Cidade: NATAL				UF:RN			Lat:05 46	Lon:35 12	Alt: 18		
	Max. Abs.	Min. Abs.	Ampl Abs.	Med. Max.	Med. Min.	Ampl Med.	Um. Rel.	Chu. Tot.	Neb. Med.	Dir. Ven.	Vel. Ven.
01 jan	32.7	19.9	12.8	30.1	24.2	5.9	76	43	5.5	135	4.4

Os dados acima indicam que a temperatura média no mês de janeiro é de 30°C.

2.2.2. Dados levantados no ambiente estudado através do aparelho Thermo higrógrafo. O aparelho foi instalado no ambiente estudado no dia 19 de janeiro de 1999 às 21:00 horas, passando a registrar a temperatura e a umidade desse ambiente. Observamos que a temperatura no ambiente se manteve na faixa dos 28°C a 32°C e a umidade variou de 72% a 92%, sendo que esse máximo aconteceu durante um período de chuva.

2.2.3. Através da *home page* do INPE obtivemos os dados coletados em Natal no período de 24/01/99 a 27/01/99. Os dados disponibilizados referem-se a direção e velocidade dos ventos, radiação global, temperatura máxima e mínima e umidade relativa, medidos a cada 3 horas.

A partir daí, podemos montar o gráfico seguinte onde cruzamos as informações medidas no local com os dados do INPE

Gráfico comparativo entre os dados coletados do dia
24/01/99 a 27/01/99
no INPE e os dados medidos no ambiente

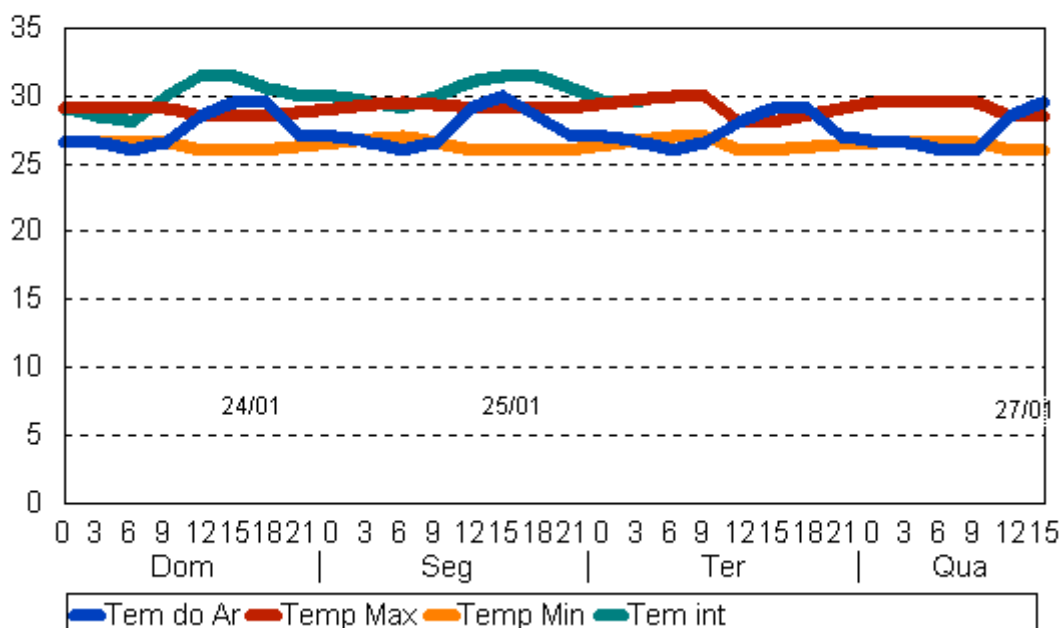


Fig. 2 Gráfico comparativo.

2.3 Desempenho dos componentes da edificação.

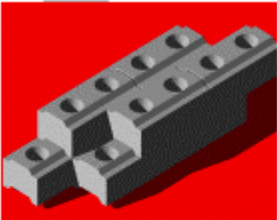
2.3.1. Paredes.

Nas alvenarias foram utilizados tijolos de solo-cimento fabricados no próprio local. As paredes externas foram executadas com 20cm de espessura, e as internas com 10cm, todas com o tijolo aparente em sua cor natural (cinza escuro).

O tijolo de solo-cimento, tem uma alta transmitância térmica, e segundo o programa ARQTROP, tem as seguintes características:

■ ■ PAREDES/PAINÉIS ■ ■ ■ ■ tipo : TIJOLO SOLOCIM APAR C FURO P 20 ■ ■ ■ ■ n. 44/44 ■ ■

retardamento : 3.97 h	amortecimento : 65 %
-----------------------	----------------------



Coeficiente de Transmissão Térmica, em W/m².°C		
fluxo ascend. ▲	fluxo horiz. ↔	fluxo descend. ▼
-,---	1.449	-,---

■ ■ ■ ■ ■ materiais (a partir do exterior) ■ ■ ■ ■ ■ ME ■ ■ ■ ■ CD ■ ■ ■ ■ (m) ■ ■

01	ARGAMASSA COM CAL OU COM CIMENTO	1800	0.840	0.025
02	LAMINA DE AR, UENT=0, REFL=0, PONTE=1 (50 %)			0.050
03	ARGAMASSA COM CAL OU COM CIMENTO	1800	0.840	0.050
04	LAMINA DE AR, UENT=0, REFL=0, PONTE=1 (50 %)			0.050
05	ARGAMASSA COM CAL OU COM CIMENTO	1800	0.840	0.025
06				
07				
08				

P. ARGAMASSA CAL OU CIMENTO (50.00 %) K : 0.840

■ ■ ■ ■ ■ [P]roxima ficha, ficha [A]nterior, ou [M]enu ? ■ ■ ■ ■ ■

Fig. 3 Cálculo do Coeficiente de Transmissão Térmica - ARQUITROP.

O tijolo utilizado na edificação tem características diferentes na sua seção. Em alguns locais a seção assume a característica de um tijolo maciço, e em outros onde acontecem os furos, aparecem lâminas de ar (figura 7). Para a montagem do quadro acima, consideramos que a camada maciça constitui uma ponte térmica na proporção de 50% na camada de lâmina de ar.

As figuras ao lado ilustram as duas diferentes seções consideradas para efeito de cálculo.

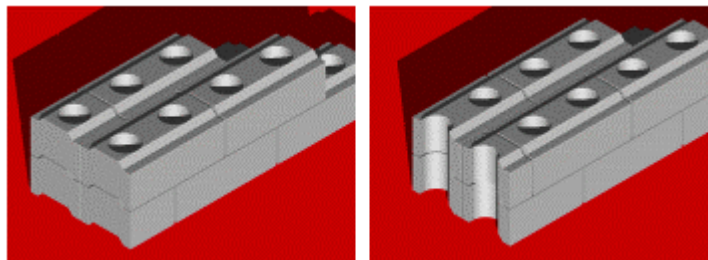


Fig. 4 Seção maciça Seção com lâminas de ar.

Analisando os resultados obtidos para paredes de solocimento (figura 6) e as recomendações para projeto do ARQUITROP, verificamos que os dados encontrados para a alvenaria estudada revelam um coeficiente de transmissão térmica encontrado ($1.449 \text{ W/m}^2\text{C}$) mais baixo que o recomendado ($2,79\text{W/m}^2\text{C}$) e, conseqüentemente, um retardamento maior (3.97h), a parede utilizada acumula calor por mais tempo que o recomendado (retardamento máximo recomendado 3 h).

2.3.2. Telhado.

A cobertura foi executada em telha cerâmica vermelha sobre madeiramento de massaranduba aparelhado e tratado. Um forro de compensado de 4mm, foi colocado entre os caibros e as ripas. A solução adotada visou fazer um forro em madeira que fosse ao mesmo tempo uma solução econômica e de fácil execução.

Os resultados obtidos através do ARQUITROP para o telhado utilizado, demonstram que a solução adotada não é a mais adequada ao nosso clima. O retardamento obtido ficou em torno dos 50 minutos enquanto que pelas recomendações deveria ser de 3 horas.

2.3.2. Piso.

O piso foi executado em pedra "Antíqua", também conhecida por pedra fossilizada. Tem cor clara e é considerada como uma pedra fria por não acumular calor.

2.4 Simulação do desempenho térmico do ambiente estudado

A simulação foi realizada considerando as seguintes características do sistema construtivo:

Teto: Cobertura em telha de barro com forro de madeira inclinado;

Paredes: Alvenaria em tijolo de solo cimento aparente (cinza escuro);

Piso: Pedra natural de cor clara.

Para a simulação foram adotados os seguintes parâmetros: 1) as simulações foram feitas para o dia 15 de janeiro por ser um dia característico de verão, e por ser o período em que foram feitas as medições; 2) a avaliação foi feita apenas no escritório por se tratar do cômodo social onde tem sido percebido pelos moradores, maiores temperaturas; 3) adotou-se uma renovação de ar de 7 volumes sugerida pelo programa ARQUITROP; 4) adotou-se a ocupação de duas pessoas, pois atualmente esse ambiente tem servido como quarto para o casal; 5) foi considerada apenas uma lâmpada de 100w como elemento que gera ganho interno de calor com período principal de utilização das 18;00h às 22;00h.

Como resultado da simulação, o programa ARQUITROP emite o seguinte quadro resumo com os dados do projeto:

Tab. 2 Simulação do desempenho térmico do ambiente.

ARQUITROP	Desempenho térmico e climático dos edifícios						Versão 3.0	
modulo = PROJETO - Simulação								
Características do Projeto								
Cid: NATAL				Par: TIJOLO SOLOCIM MAC APA 20				
Pis: PISO PEDRA INTER MAC				Cob: T. BARRO F. MAD. INCL.				
A] Titulo proj.: ESCRITÓRIO				B] Dimensões ambiente: 3.50 x 3.00				
Fachadas :	F1	F2	F3	F4				
C] Orientação:	207.00				G] Cor cobert	4		
D] Comprimento:	3.50				H] Pé direito	3.75		
E] Cor externa:	3				I] Temp. exter:	media		
F] Área vidros:	0.00				J] Dia típico	15 JAN		
Vidros shed	K] Área (m ²):	—.—		L] Orientação dos vidros :		—.—		
Ventilação:	M] Área útil:	1.00	N] Início às	19	hs e duração de	12	hs	
Pessoas:	O] Numero:	2	P] Início às	21	hs e duração de	10	hs	
Equipamentos:	Q] Carga (W):	100	R] Início às	19	hs e duração de	3	hs	

2.4.1. Análise dos dados.

A partir dos resultados produzidos pelo ARQUITROP (gráficos de estimativa de variação horária das temperaturas e distribuição do fluxo térmico em Watt no ambiente) verificamos que: 1) a temperatura interior está sempre maior que a temperatura externa e em níveis mais elevados que os registrados no local.; 2) o telhado é o elemento que mais contribui para o aumento do fluxo térmico pois durante o dia (das 8:00 horas até as 17:00 horas) emite calor para o ambiente, e no período noturno (das 18:00 horas as 8:00 horas) retira calor do ambiente; 3) a parede da fachada funciona no sentido inverso do telhado, durante o período das 15:00 horas as 23:00 horas, emite calor para o ambiente e no restante do período (das 23:00 horas as 15:00 horas), retira calor do ambiente; 4) a ventilação funciona, principalmente a partir das 18:00 horas até as 7:00 horas, resfriando o ambiente, no restante do período do dia, quando a janela permanece fechada, retira calor do ambiente em quantidade reduzida; 5) a ocupação emite calor em quantidade constante a partir do momento em que os usuários estão no ambiente e mantém acesa a lâmpada.

Vale salientar que toda a análise do ARQUITROP não leva em consideração as condições externas da edificação. Portanto deve se ponderar que a fachada sul é sombreada por árvores a partir do meio dia até as 16 horas, no período estudado. Dessa forma a parede da fachada sul recebe menos radiação e, portanto, deve contribuir menos para o aquecimento do ambiente do que ficou registrado no gráfico acima. Esse parece ser o motivo da disparidade entre os dados da temperatura interior obtidos pela medição do aparelho no local e os dados resultantes da simulação do ARQUITROP.

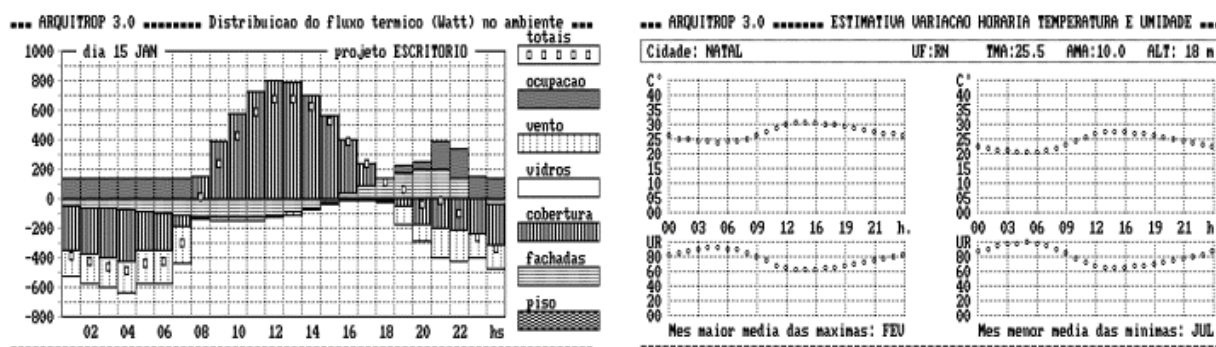


Fig. 5 Distribuição do fluxo térmico e Estimativa da variação horária da temperatura e umidade

3 Conclusão

Tendo em vista que as características do clima quente e úmido, onde as pequenas variações de temperatura, a umidade elevada e a intensa radiação difusa, causam sensação de desconforto, a proteção solar e a ventilação natural assumem papel importantíssimo.

Podemos afirmar que, na edificação analisada houve uma preocupação com o uso de materiais de baixo consumo de energia principal, ou energia de produção (Szokolay 1997).

Nos lugares próximos à linha do equador, a incidência da irradiação solar afeta principalmente os planos horizontais. Nesse sentido os telhados têm importância fundamental no processo de transmissão térmica da energia solar para o interior dos ambientes.

A simulação do desempenho dos componentes construtivos demonstrou exatamente esse fato. O telhado é responsável pelo aumento da temperatura interna do ambiente durante o dia, e por ser composto de elementos que não armazenam energia gerando um retardamento de apenas 50 minutos, à noite retira calor do ambiente.

Pela simulação conclui-se que a alvenaria da fachada contribui muito pouco para o aumento da temperatura interna emitindo calor para o ambiente por sete horas (das 15:00h as 23:00h). Conclui-se ainda que seria mais adequado que a fachada fosse executada com alvenaria de 10cm, assim o retardamento seria reduzido para a metade, passando de 3,97h para 1,98h liberando mais rapidamente o calor acumulado. O piso pouco influi na resultante do fluxo térmico.

Da análise comparativa entre os dados do programa ARQUITROP e as medições efetuadas *in loco*, observamos uma discrepância entre os números. As temperaturas registradas pela simulação do programa estão sempre em níveis superiores às registradas no local, o que nos deixa dúvidas quanto aos aspectos quantitativos da simulação.

4 Referências Bibliográficas

BASSO, A. e DUARTE, D. H. S. (1995): **A simulação computacional como ferramenta de apoio ao estudo da adequação térmica de unidades habitacionais.** In: *Encontro Nacional de Modelos de Simulação de Ambientes*, 04 e 05 de setembro de 1995, São Paulo. Anais do ENMSA. Marcelo Romero, Anésia Frota, Eleonora de Assis (edits.) São Paulo: FAUSP, NUTAU, p.81-87.

ROMERO, M. A. B. (1988): **Princípios Bioclimáticos Para o Desenho Urbano Cap2 Caracterização do Clima.** São Paulo – Projeto.

SZOKOLAY, S. V. (1997): **O Imperativo Ambiental.** Trabalho apresentado para o PLEA 1997 – Kushiro, Japão. Tradução M. A Sattler.

PROGRAMA UTILIZADO:

ARQUITROP. - RORIZ, M. e BASSO, A. Programa "**ARQUITROP**" Desempenho térmico e Climático dos Edifícios – Versão 3.0