

*

Marchetti, Dalmo dos Santos - Engenheiro Civil
Da Silva, Patricia Figueira ~ Arquiteta
Vieira, Tereza Cristina ~ Arquiteta

A intenção do presente estudo é: (i) apresentar os benefícios da casa popular auto-construída; e (ii) aprofundar a variável climática como indutora de modificações arquitetônicas, em busca de racionalidades diversas (conforto ambiental com redução de desperdícios).

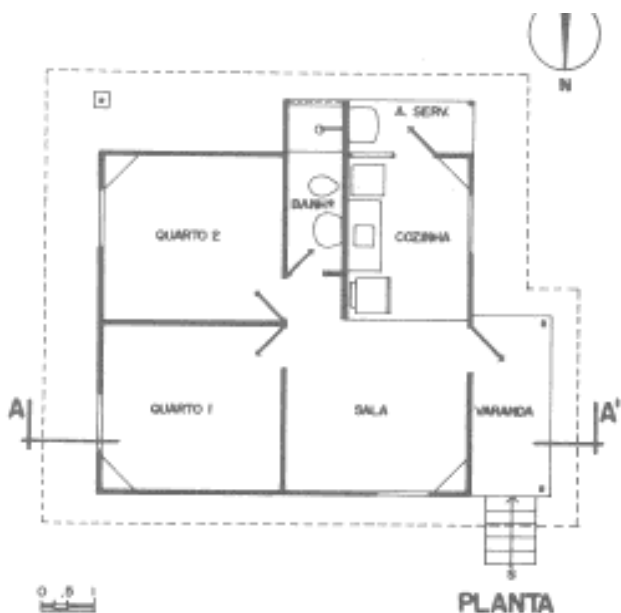
Foram realizadas simulações de desempenho térmico em residência auto-construída para família de baixa renda, com base no software Casamo-Clim, analisando as alterações de projeto adaptadas ao clima local (quente e úmido). Foram recomendadas ainda outras soluções para climas diversos bem identificados.

The purpose of this study is: (i) demonstrate the benefits of the self-built popular house; (ii) deepen the study of the climate variables as determinants of the architectural changes aiming to rationality, comfort and saving. Models of thermal performances were carried out as simulations on the self-built house for low income population, using the software Casamo-Clim and analysing the alterations of the project according to the local climate (warm and umid). Suggestions were made according to other well defined situations.

APRESENTAÇÃO

Trata-se de um projeto de auto-construção, de residência unifamiliar, elaborado pelo Centro de Desenvolvimento das Aplicações das Madeiras do Brasil - D.A.M., tendo como base filosófica a certeza de que pode um homem de baixa renda construir ele próprio o seu espaço de morar. A casa E~ de taipa e tem como elementos principais barro e madeira. Foi construído o "piloto" no bairro Rio do Ouro, município São Gonçalo, Rio de Janeiro.

Possui: sala, dois quartos banheiro, cozinha e área de serviço, medindo ~5.00 m .



DESCRIÇÃO SUMARIA DO PROCESSO CONSTRUTIVO

As fundações são de laje radier medindo 0.70 x 0,70 m, com esperas para os pilares de 0.30 x 0.30 m de tijolo maciço (com vazio no centro preenchido de concreto). Nasce neste preenchimento pernas de 3" funcionando como pilaretes de amarração unindo às vigas e à estrutura das paredes (0.10 m). Essa estrutura (à formada por uma malha reticulada de ripas de madeira de 2.5 x 2.5 cm.

A laje de piso fica afastada do solo aproximadamente 0.90 m, evitando que a umidade alcance as paredes e a própria laje. Por este vazio a ventilação corre livremente. A opção pelos materiais (barro e madeira) foi devido ao fato de serem plenamente disponíveis, isolantes e relativamente leves (a massa superficial da parede de barro é de cerca de 170 Kg/m) .

As janelas são de madeira, com venezianas (50% da área), vidro e postigo. Foi previsto na parte superior uma bandeira com vidro fixo.

Na construção das paredes um fator foi considerado com cuidado na sua execução que é o barreamento. Este só pode ser iniciado depois de concluído o telhado, escapando assim dos dias chuvosos que desmanchariam a argamassa fresca. Esta seqüência trouxe como início a primeira barreada, que racha naturalmente com a evaporação d'água. Já a segunda não racha mais e a terceira ja funciona como acabamento atingindo um total de 0.10 m de espessura.

A cobertura utilizada foi com telha de barro (francesa) de baixo custo, em duas águas, se forro. A orientação original dos plano receptores do telhado foi leste-oeste. A paredes internas tem 2.50 m de altura

Não há grandes dificuldades para a construção, que no caso em estudo foi realizada por dois homens, em 45 dias, com cerca de 9 horas de trabalho por dia.

O custo total alcança cerca de US\$ 2.000,00.

Estudaremos a seguir o desempenho térmico da edificação e as propostas de otimização ao clima local.

ANÁLISE BIOCLIMÁTICA DO PROJETO

Análise do Sítio

A edificação em questão está situada num terreno de pouco declive, com vegetação natural rasteira, numa área de campo, onde as casas são bem distantes uma das outras.

As coordenadas do local são as seguintes:

- . latitude : 22°46' S
- . longitude: 43°41' W
- . altitude : 33.00 m

Levantamento dos Dados Climáticos

Os dados climáticos foram obtidos no INFMET (Instituto Nacional de Meteorologia).

Esses dados abrangeram um período de 10 anos, e se constituem do seguinte:

- . Tabelas de Observações Meteorológicas (1978-1988), que incluem dados mensais da temperatura do ar, umidade relativa, precipitação e insolação; e
- . Tabelas de Vento (1978-1988), com frequência e velocidade média por direção.

A partir desses dados foram extraídas as médias aritméticas das médias mensais das observações meteorológicas dos anos estudados, e elaborado um resumo dessas Observações delineando um padrão dos fenômenos observados nos períodos levantados.

Tal resumo é apresentado a seguir:

MESES	TEMP. MAX.	TEMP. MIN.	U.R.	VENTO VELOC.	DOMINANTE DIREÇÃO
janeiro	31.19	22.37	77.4	3.2	S
fevereiro	32.94	23.02	75.7	3.1	S
março	31.14	21.83	77.8	3.3	S
abril	29.37	20.4	78.9	3.0	S
maio	28.39	18.98	78.2	3.4	S
junho	26.73	16.69	75.6	2.5	S
julho	26.83	16.26	72.4	2.8	S
agosto	27.73	17.13	72.7	3.5	S
setembro	27.19	17.85	75.4	3.5	S
outubro	28.27	19.21	75.6	3.7	S
novembro	29.64	20.22	75.8	3.4	S
dezembro	30.75	21.89	76.6	3.2	S

- Interpretação dos Dados

O clima pode ser classificado como tropical úmido apresentando temperatura média anual em torno dos 25°C (24.6%), amplitude térmica variando no decorrer do ano entre 8.8 e 10,6°C e umidade relativa entre 65 e 88%, em decorrência principalmente da proximidade do litoral ao sul. A nebulosidade varia da taxa de 4.2 a 7.5, gerando importantes variações das radiações direta e difusa. Estas encontram um solo pouco reflexivo, devido a sua cor, semi-escura, umidade e vegetação rasteira (coeficiente de Albedo = 0.3).

Os ventos dominantes têm a direção sul, com velocidade média anual de 3.5 m/s (12.6 Km/h), atingindo um índice de 3 na escala de Beaufort (move bandeiras e roupas).

O índice pluviométrico médio mensal não atinge 200 mm, ocorrendo nos meses de verão os maiores índices, que se aproximam deste valor.

Tratamento dos Dados

As Tabelas-Resumo serviram de base para o preenchimento das Tabelas de Mahonev e plotagem dos padrões mensais de temperatura do ar e umidade relativa no Diagrama Bioclimático, de modo a facilitar a interpretação e análise do clima local.

As principais recomendações desses instrumentos foram:

- a) quanto a proteção à insolação direta:
 - . proteção permanente, inclusive revestimento favorável à reflexão no telhado;
 - . orientação leste-oeste na construção;
- b) quanto a utilização da inércia:
 - . construção leve (cuidando apenas da amplitude térmica de 10.6°C importante lia estação fria);
- c) quanto a ventilação:
 - . construção favorável à ventilação em função da elevada umidade (ventilação seletiva contra ventos frios somente no inverno, principalmente à noite);
 - . utilização de sótão;
- d) quanto a desumidificação:
 - . prever meios de desumidificação do ambiente nos meses de dezembro a março, através da otimização da ventilação;

Por fim, visto que na maioria dos meses as variações sazonais são pequenas, as solicitações de conforto térmico apresentam-se praticamente constantes ao longo do ano.

PROPOSTA DE MELHORIA DO CONFORTO TÉRMICO A PARTIR DO APROFUNDAMENTO DA VARIÁVEL AMBIENTAL

Na residência em questão, são os seguintes as cargas térmicas máximas por hora e por unidade de área (radiação direta) nos diversos planos receptores, num dia típico de verão:

Planos	fluxo Kw/m2	Área m2	Potência Kw
Fach.N	0.17	20.7	3.51
Fach.S	0.07	20.7	1.44
Fach.L	0.70	12.4	8.68
Fach.O	0.70	13.8	9.66
Telh.L	0.99	40.6	40.2
Felh.O	0.99	45.3	44.8

Corno podemos observar, a cobertura é o plano que recebe mais irradiação solar direta (por volta das 12 horas) e a sua otimização é fundamental no desempenho térmico de toda a edificação.

Como já referido no item anterior, o clima em estudo é o quente úmido, onde a ventilação tem papel fundamental. Não havendo estação fria marcante, deve ser captada permanentemente durante todo o ano. A melhor orientação da cobertura é a que fica exposta diretamente aos ventos dominantes.

A reorientação da edificação, determinada pela otimização da cobertura, trará benefícios à ventilação dos quartos, cujas janelas também estarão voltadas ao vento dominante sul, e a região de área molhada (cozinha e área de serviço) a qual estará voltada à uma fachada ensolarada, oeste (anteriormente fachada sul).

Quanto à carga térmica nos planos verticais, essa permanecerá praticamente constante, apesar da reorientação da edificação, haja vista sua forma quadrilátera (6.30 x 7.00 m).

Adicionalmente à reorientação da edificação, criou-se um sótão com a introdução de forro corrido (já justificado pela conclusão da análise do clima em questão), promovendo a existência de câmara de ar. Tal solução permite resultados excelentes desde que plenamente ventilado. A introdução de forro permitirá melhorias significativas também no conforto acústico dos ambientes internos.

Via parede sul, a introdução de uma abertura mais baixa voltada para a direção do vento dominante e uma mais alta na face oposta (norte), garante a ventilação plena e permanente, mesmo nos dias de ventos fracos pela convecção natural.

A importância do esquema para o conforto térmico da edificação é grande e reduz no caso em estudo em até 40C a temperatura interna resultante dos ambientes (ver os resultados das simulações em tabela a seguir).

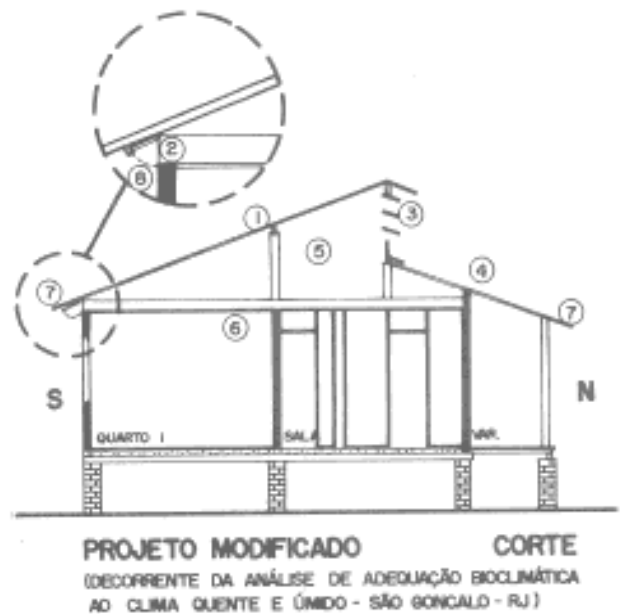
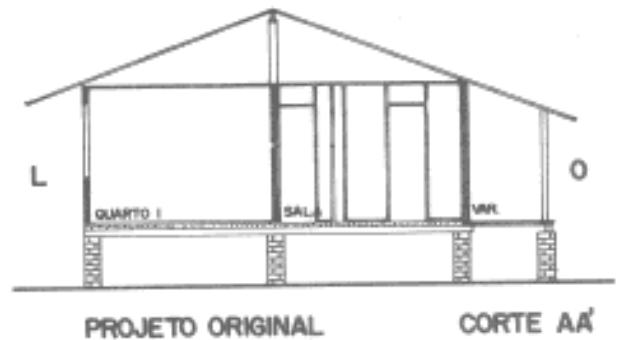
O forro escolhido foi de madeira que possui baixa condutividade (característica de isolante térmico), baixo calor volumétrico (produto densidade x calor específico) e alta emissividade para energia térmica proveniente da radiação emitida pela telha aquecida (onda longa). Acrescenta-se que a palha pode apresentar resultados ainda mais satisfatórios que a madeira, desde que resolvidos os aspectos relativos à construção/manutenção, já que apresenta menores condutividade e calor volumétrico (material leve e de pouca capacidade de armazenamento).

A ventilação da câmara de ar deverá se fazer com área tal que proporcione uma renovação de 20 volumes por hora, sendo inversamente proporcional à velocidade do vento dominante e aos coeficientes que caracterizam o meio externo (descampado = 0.66), o número de aberturas projetadas (duas = 0.5) e a direção que o vento dominante faz com a normal à abertura ($0^\circ = 1$).

$$A \text{ m}^2 = \frac{Q \text{ m}^3/\text{h}}{v \text{ m/s} \cdot c_1 \cdot c_2 \cdot \sqrt{c_3} \cdot 3600 \text{ s/h}}$$

A proposta de cobertura visa aumentar a área menos ensolarada voltada para sul e reduzir a área voltada para norte, criando uma entrada de ar acima da parede sul e uma saída na nova cumeeira (norte).

O custo das alterações da edificação é desprezível, considerando que com a melhoria da orientação da edificação pode-se reduzir os comprimentos dos beirais para cerca de 0.50 m.



1. Acréscimo de área de cobertura voltada para o sul (menor irradiação e direção dos ventos dominantes).
2. Área de captação de ventilação da câmara de ar.

3. Área de saída de ventilação (norte protegida com brises de madeira branca.
4. Redução da área da cobertura voltada para o norte (maior -Irradiação), utilizando telha de barro ou palha.
5. Câmara de ar ventilada, inclusive por, convecção natural na ausência de vento.
6. Forro de madeira ou palha.
7. Redução de beiral.
8. Previsão de meio que permita ao proprietário uma ventilação seletiva para o período de estação fria, se houver.

poderão manter a especificação original, sendo a estrutura alterada para suportar a laje de concreto (necessária).

Dado que as temperaturas diurnas são elevadas independentemente da estação do ano, a ventilação deverá ser evitada durante o dia e permanente durante a noite, notadamente na estação quente, reduzindo os efeitos da inércia.

Climas Compostos com Inverno Significante

Passa a ser desnecessária no inverno a proteção das fachadas. Uma vegetação específica poderá realizar esse papel de proteção seletiva com podagem na estação fria. O teor de umidade do ar será determinante na especificação das paredes, que irão ou não armazenar calor se for seco ou úmido. A câmara de ar não deverá ser ventilada no inverno e o telhado pode ter planos com mesmas áreas, mantendo-se a ventilação no verão.

Simulações realizadas com o auxílio do software Casamo-Clim, apresentaram os seguintes resultados:

SITUAÇÃO ORIGINAL	TEMPERATURA RESULTANTE DO AMBIENTE EM °C		
	ORIENTAÇÃO DA COBERTURA PARA O VENTO DOMINANTE	VENTILAÇÃO NO TELHADO E FORRO	
QUARTO 1	34,1	32.9	31.0

EXTRAPOLAÇÕES E RECOMENDAÇÕES PARA OUTROS TIPOS DE CLIMA BEM IDENTIFICADOS

O Clima Quente e seco

A alternativa de estrutura leve e isolante deve ser abandonada.

A amplitude térmica diária relevante (Tmax Tmin) , superior a 100c, determina que os materiais a serem utilizados nas paredes opacas deverão apresentar alto poder de armazenamento de calor para que as, temperaturas diurnas elevadas sejam amenizadas pelas noturnas baixas.

A capacidade de armazenar uma potência térmica é dada pela efusividade (b = raiz do produto condutibilidade x massa específica x calor específico). As paredes deverão defasar a energia térmica absorvida em prazo compatível com a redução da temperatura exterior (entre de 8 e 14 horas).

1 Sugere-se paredes e lajes de concreto (maior efusividade que o barro e a madeira), ou materiais de características térmicas semelhantes, mantendo-se a mesma espessura (ver tabela a seguir).

OS BENEFICIOS ENVOLVIDOS E CONCLUSAO

A proposta da auto-construção é importante do ponto de vista social, tendo em vista a enorme satisfação e o orgulho do futuro morador, com o fruto do seu próprio esforço.

Os benefícios obtidos podem ser apresentados como aumento de produtividade, bem-estar e satisfação. A auto-construção pode proporcionar ainda menor custo de construção, valendo-se do conceito modular.

A introdução da variável climática colabora para que se fortaleça a proposta de regionalização dos projetos, traçando as diretrizes básicas daquele clima.

As necessárias adaptações da construção ao clima local geram benefícios provenientes da humanização da residência, substituindo a idéia de dissiminação discriminada (como por exemplo o programa de construção de escolas públicas), valorizando a regionalização.

MATERIAL	λ W/m°C	ρ Kg/m3	C_p J/Kg°C	$\rho \cdot C_p$ J/m3°C	$(\lambda \rho C_p)^{1/2}$ W/m2°Cs ^{1/2}
concreto comum	1.28	2000	1005	2.01x10 ⁶	1604
madeira	0.15	500	1424	0.71x10 ⁶	327
palha	0.12	350	1424	0.50x10 ⁶	245
argamassa de gesso	0.53	1000	837	0.84x10 ⁶	666
placa gesso	0.35	750	837	0.63x10 ⁶	469
pedras	2.35	1900	837	1.59x10 ⁶	1933
telha de barro	0.93	2000	921	1.84x10 ⁶	1308
terra seca argilosa	0.52	1700	837	1.42x10 ⁶	860
terra úmida	0.60	1800	1465	2.63x10 ⁶	1258
painel aglomerado	0.20	800	1424	1.14x10 ⁶	477

O entorno também deverá ser tratado reduzindo as contribuições provenientes de solo seco, passíveis de reflexões mais significativas que o solo úmido.

A presença de vegetação próxima às paredes da edificação, ajuda a umidificar os ambientes e proteger as fachadas. Tais paredes sombreadas

Uma casa de baixa renda não é necessariamente desconfortável, ao contrário, o nível de satisfação pela adaptabilidade ao meio, pela construção pelas próprias mãos (a custo compatível) e pela possibilidade de inserção do valor pessoal, é exemplo a ser seguido e questão a ser repensada por todos.

BIBLIOGRAFIA

1. ECOLE DES MINES DE PARIS. Manuel du Casamo-Clim. Paris, 1988.
2. FERNANDEZ, Pierre. Abordagem -da Arquitetura Bioclimática em Países Tropicais. Laboratoire d'Architecture Bioclimatique. École d'Architecture de Toulouse. France, 1988.
3. FROTA, Anésia Barros.SCHIFFER, Sueli Ramos. Manual de Conforto Térmico. Editora Nobel, 1988.

4. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Dados Normais para o Brasil, Rio de Janeiro,
5. IZARD, J.L. e GUYOT, A. - Arquitetura Bioclimática ARCHI-BIO. Editora Gustavo Gili SA, Barcelona, 1980.
6. KRAUSE, Claudia M. L. B. - Coberturas. Conforto Higrométrico. Edificações. Ponderações e Propostas para Clima Tropical Úmido em Situação de Verão. Dissertação de Mestrado, FAU-UFRJ, 1990'.
7. LAVIGNE, Pierre. Concepção dos Edifícios em Regiões Quentes. Universidade de Grenoble, 1988.
8. MASCARÓ, Lúcia R. Energia na Edificação. Editora Projeto, 1991.
9. RIVERO, Roberto - Arquitetura e Clima. DC Luzzatto Editores Ltda. Porto Alegre, 1985.

* Os autores são mestrados em *Conforto Ambiental da Universidade Federal do Rio de Janeiro*.

Participaram do Concurso Internacional Casamo-Clim, de análise bioclimática de projetos, promovido pela "L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie", 3º lugar - julho/92.

* Endereços:

Patricia Figueira da Silva Rua
Visconde de Pirajá 503/302
Ipanema - Rio de Janeiro - RJ
CEP: 22 410
Telefone: (021) 239 2672
FAX: (021) 270 2193

Dalmo dos Santos Marchetti Rua
Desembargador Isidro 160/801
Tijuca - Rio de Janeiro - RJ
CEP: 20 521
Telefone: (021) 208 2206

Tereza Cristina Vieira Rua
Otávio Carneiro 116/501
Icaraí - Niterói - RJ
CEP: 24 530
Telefone: (021) 710 5451