

## ANTEPROJETO DE UMA HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL SEGUNDO AS RECOMENDAÇÕES DE CONFORTO TÉRMICO

**Leonardo Cunha (1); Marcelo Tinôco (2) e Aldomar Pedrini (3)**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Caixa Postal 1524 - Campus Universitário Lagoa  
Nova, CEP 59072-970 Natal - RN - Brasil,

(1) 84 3215-3722. e-mail: [leonardo\\_cunha83@yahoo.com.br](mailto:leonardo_cunha83@yahoo.com.br)

(2) 84 3215-3721 – R. 232. e-mail: [mtinoco@ufrnet.br](mailto:mtinoco@ufrnet.br)

(3) 84 3215-3722. e-mail: [apedrini@ufrnet.br](mailto:apedrini@ufrnet.br)

### RESUMO

O artigo descreve as etapas do desenvolvimento de um anteprojeto de uma habitação popular auxiliada por simulações do desempenho térmico. Trata-se de uma proposta para uma casa-protótipo localizada no *campus* da Universidade Federal do Rio Grande do Norte e faz parte do projeto de pesquisa Rede de Pesquisa em Eficiência Energética de Sistemas Construtivos/Habitare. Este trabalho discute uma proposta de habitação padrão da construtora participante da pesquisa, que mostra potencial de melhoria do seu desempenho térmico. Como o apoio do fabricante e com base em recursos de simulação, um novo processo projetual tem início com o levantamento de todas as informações pertinentes. A pré-análise dos dados permitiu selecionar combinações projetuais que repercutiram nas demais fases do projeto. Os esboços seguiram as recomendações básicas do design passivo, como orientação e otimização da envoltória. As ferramentas de auxílio à tomada de decisões projetuais aprofundaram as análises quantitativas, culminando na solução definitiva. A possibilidade de avaliar as alternativas durante o processo, através da simulação no programa VisualDOE 4, possibilitou quantificar o impacto das decisões e refletir sobre os fenômenos físicos envolvidos. A comparação das simulações entre o projeto inicial e a proposta mostrou redução na temperatura do ar interno suficiente para atender conforto térmico dos seus usuários na maioria das horas do ano.

### ABSTRACT

The article describes the development of a low cost house pre-project, based on computer thermal simulation. It consists in a prototype localized at the campus of Universidade Federal do Rio Grande do Norte, and it is related with the research "REPESC/Habitare". The thermal performance of a standard house is discussed, which demonstrates potential of improving. Therefore, a design process is developed to create an alternative architectural project, with similar constraints. The design process began with the pertinent information survey. The data preliminary analysis allowed selecting architectural possibilities that had influence in the following design process phases. The sketches used passive design basic recommendations, such as orientation and envelope optimization. The design decisions made use of quantitative analyses, reaching the final solution. The assessment during the process, through VisualDOE 4 software, allowed quantifying the impact and re-think alternatives. The comparison between the initial project and the proposal showed air temperature reduction, reaching the comfort zone.

## 1. INTRODUÇÃO

A construção de uma casa protótipo no Campus da UFRN está inserida dentro das atividades do projeto de pesquisa Rede de Pesquisa em Eficiência Energética de Sistemas Construtivos/ Habitare (FINEP/CNPQ), o qual visa avaliar o desempenho térmico de uma habitação in loco. Está previsto o monitoramento das temperaturas do ar interno, das superfícies e dos fluxos de calor dos principais fechamentos. Após concluída, esses resultados serão empregados para diagnosticar a contribuição dos elementos sobre as cargas térmicas e sobre o conforto térmico. Também está previsto seu uso na calibração de modelos de simulação, além de abordagens voltadas para a determinação da influência da ocupação sobre o desempenho térmico.

Originalmente, o projeto previa a construção de uma casa padrão da construtora participante da pesquisa. Com a inserção de outros pesquisadores, foi possível repensar a proposta e a construtora preferiu que fosse desenvolvido um projeto otimizado, desde que fossem mantidas algumas características básicas do programa.

Baseado em programa projetual restritivo para manter a competitividade econômica da proposta, as atenções se voltaram preferencialmente para as decisões arquitetônicas que potencializassem a ventilação natural, o sombreamento e a minimização da incidência das cargas térmicas da envoltória. Por isso, enfatizou-se o estudo das formas e da implantação, as quais são pensadas nas fases iniciais do projeto.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Há várias recomendações projetuais para habitações em clima quente e úmido que convergem para o emprego da ventilação natural e sombreamento. As recomendações de Holanda (1976) são conhecidas pelo caráter qualitativo e, resumidamente, voltam-se para a criação de uma grande área de sombra para proteção dos usuários e da envoltória contra as intempéries naturais e no uso da ventilação natural. A sombra pode ser obtida tanto por elementos da edificação, tais como beirais generosos, varandas e caramanchões, quanto pela composição paisagística do entorno com árvores frondosas e capazes de filtrar a luz e o vento. A ventilação cruzada é obtida através de layout interno livre e permeável à passagem do vento por todos os cômodos da edificação.

Segundo esta classificação da NBR 15220-3 (ABNT, 2005) a cidade do Natal pertence à Zona nº 8, que abrange 57,7% do território nacional. As recomendações pertinentes a esta zona são: grandes aberturas para ventilação, com área do vão maior do que 40% da área de piso dos ambientes de longa permanência; sombreamento das aberturas; e materiais de fechamento classificados como leves refletores, [paredes:  $U \leq 3,60 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ ; coberta:  $U \leq 2,30 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ ].

A estratégia de condicionamento passivo para a zona 8 resume-se à ventilação cruzada permanente para retirada calor, renovação e desumidificação do ar interno. Entretanto, a norma alerta para a insuficiência desta estratégia nas horas mais quentes.

A norma 90.2 (ASHRAE, 2004) foi desenvolvida nos Estados Unidos, especificamente para edificações residenciais e seu objetivo é definir os mínimos requisitos de eficiência energética. Como seu estudo contempla cidades da região do Nordeste brasileiro, suas recomendações são passíveis de consideração. As recomendações para a resistência térmica (R) para a cobertura são: com ático:  $R = 5,3 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$  [ $U = 0,1 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ ]; sem ático:  $3,3 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$  [ $U = 0,3 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ ]. Os valores para as paredes são desprezíveis. A transmitância térmica para o vidro é inferior ou igual a  $3,8 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$  e o fator solar é igual ou inferior a 0,37. A refletância mínima recomendadas para a cobertura é 0,65.

A análise bioclimática pelo método de Givoni<sup>1</sup> classifica o clima de Natal/ RN [5,5S; 35,2W] como

---

<sup>1</sup> Análise feita a partir do Ano Teste de Referência – TRY: (GOULART, 1998) e (LAMBERTS, 2003).

predominantemente desconfortável por calor. Apenas 14% das horas do ano estão dentro da zona de conforto e o percentual de desconforto por frio é inexpressivo. As estratégias bioclimáticas indicadas para amenizar os efeitos de desconforto do clima de Natal dividem-se em seis categorias. A ventilação atua em aproximadamente 70% das horas de desconforto. Se forem somadas as categorias que aliam a ventilação com outra estratégia, este percentual sobe para aproximadamente 84%. O ar-condicionado, muitas vezes apontado com ‘a solução’ para o clima local é recomendado apenas para pouco mais do que 1% das horas de desconforto.

O método de Zona de Controle Potencial (SZOKOLAY, 1999) apresenta resultado semelhante ao de Givoni, tanto na análise quanto nas recomendações: a ventilação é a estratégia mais adequada para o clima de Natal. Ela pode ser usada para atender conforto térmico em 60% das horas do ano, e acima de 90 % considerando-se apenas os meses mais quentes.

## 2.1 Ventilação

A ventilação apresenta vantagens para o conforto térmico no clima quente e úmido, pois aproxima a temperatura interna da externa e é capaz de remover o calor gerado pela envoltória, pelos equipamentos e pelas pessoas. O aumento na velocidade do ar também é capaz de elevar o valor limite da temperatura de conforto (NICOL, 2004) Além dos benefícios térmicos, a ventilação também contribui para a salubridade do ambiente, com a retirada de odores, particulados e microrganismos.

A rosa dos ventos de Natal/ RN indica a predominância do vento no quadrante Leste-Sul (Figura 1). O agrupamento da frequência das velocidades mostra ocorrência predominante em três valores médios: 2,7 m/s; 5,1 m/s e 7,7 m/s(Figura 2).

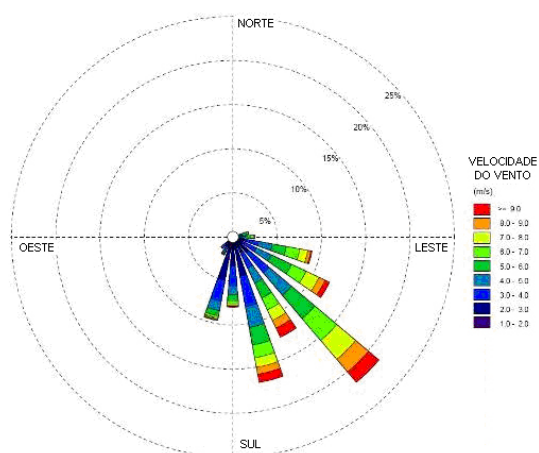


Figura 1 – Rosa dos ventos de Natal/ RN <sup>2</sup>

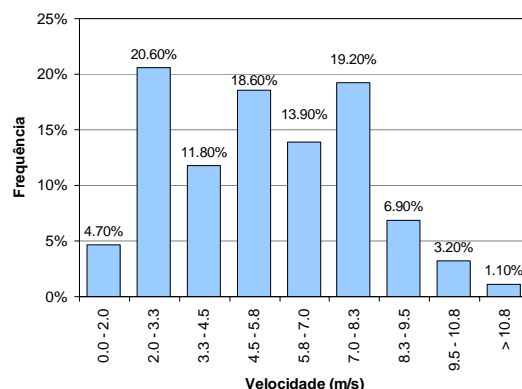


Figura 2 – Frequência das velocidades do vento

## 3. METODOLOGIA

O método projetual começa com a identificação das recomendações bioclimáticas descritas em literatura. Em seguida, o projeto original da empresa construtora, denominado caso base, é analisado através de programas de simulação como o Ecotect V.5.20 (MARSH, 2003) para o estudo do sombreamento e o VisualDOE 4 (ELEY ASSOCIATES, 2000) para o desempenho térmico. O objetivo é identificar as principais fontes de cargas térmicas e seus impactos sobre as temperaturas do ar interno. Devido às restrições dos programas, a ventilação é calculada separadamente, adotando o cálculo para ambientes com apenas uma janela (LAMBERTS, 2000).

Os resultados são organizados para alimentar o processo de busca por uma solução projetual, ainda na fase de esboço. Enquanto o programa Ecotect auxilia na elaboração de sombreamentos, as propostas

<sup>2</sup> Compilação dos dados referente aos anos de 2003 à 2005 do Aeroporto Augusto Severo pelo software WR PLOT view (LAKES ENVIRONMENTAL, 1998 – 2004)

de projeto são testadas no VisualDOE. São avaliadas também a influência de algumas variáveis na proposta, tais como: orientação, geminação, sombreamento, cor e o isolamento das fachadas laterais. O cálculo de ventilação natural empregado é o proposto por Bittencourt (2005), que contempla ambientes com janelas dispostas em fachadas opostas.

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Caso base

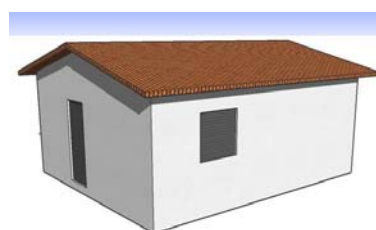
O projeto de casa padrão da construtora (Figura 3 a Figura 5) não apresenta há uma orientação específica para a implantação da edificação no terreno. Os beirais são pequenos para prover sombra nas aberturas e fachadas. Os cômodos possuem apenas uma janela, o que dificulta a ventilação cruzada com a porta fechada.



**Figura 3. Planta baixa**

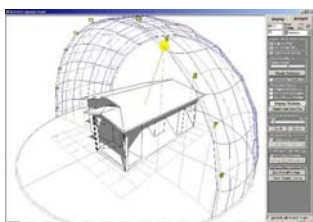


**Figura 4. Vista frontal**

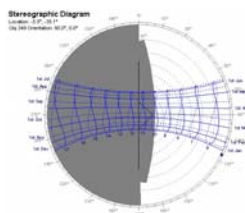


**Figura 5. Vista posterior.**

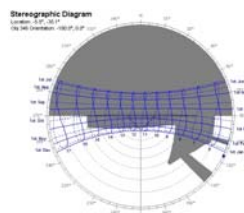
Levando-se em consideração a falta de orientação do terreno e adotando o critério de que a fachada principal deve ficar voltada para a testada do lote, fez-se a simulação do sombreamento das aberturas (Figura 6) levando-se em consideração o terreno disponibilizado pela Universidade. Assim a fachada principal ficou voltada para Sul. Os beirais apresentaram pouca influência no sombreamento das aberturas, atuando apenas nas horas de maior altura solar. Desta forma, é possível afirmar que as aberturas, e por extensão as fachadas, estão bastante expostas à incidência da radiação solar direta, o que representa um expressivo ganho térmico para edificação através dos fechamentos verticais.



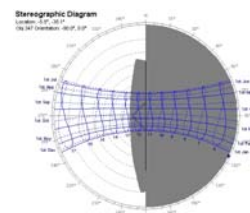
**Figura 6 – Simulação do sombreamento do caso base**



**Figura 7 – Carta solar de janela da sala**

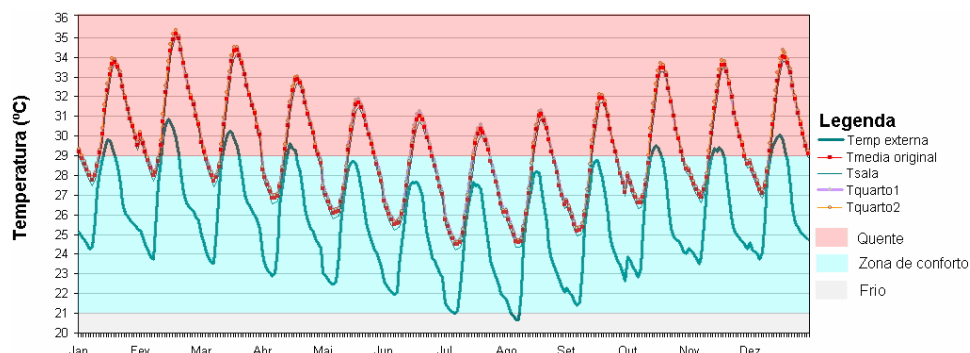


**Figura 8 – Carta solar de janela do quarto 01**



**Figura 9 – Carta solar de janela do quarto 02**

Os resultados da simulação do caso base no VisualDOE evidenciam a ocorrência predominante de horas em desconforto (Figura 10). As temperaturas internas são sempre maiores que as externas, com diferenças em torno de 5 °C. Mesmo nos meses onde os picos de temperatura externa ainda estão dentro da zona de conforto, a temperatura interna fica bem acima dos 29 °C em todos os cômodos. Logo, os usuários teriam que fazer uso de recursos como ventiladores, exaustores de ar, ou se necessário, aparelhos de ar-condicionado para amenizar os efeitos do calor, acarretando em aumento no consumo de energia elétrica.



**Figura 10 – Gráfico da temperatura dos cômodos do caso base em relação à temperatura externa para o dia médio mensal<sup>3</sup>.**

Foi analisado a influência das taxas de renovação do ar sobre a temperatura interna. Observou-se que a temperatura interna tende a se aproximar da externa com o aumento da taxa de renovação de ar. Isto representa uma diminuição em quase 1 °C nos picos de calor no período do verão, em comparação com o caso com nenhuma renovação de ar.

Utilizando valores médios da redução da temperatura interna dos cômodos em função do aumento do número de trocas de ar, observa-se que com 10 trocas por hora a temperatura interna fica abaixo dos 29 °C, valor limite da zona de conforto adotado neste trabalho.

**Tabela 1 – Resultados da redução temperatura interna em função da taxa de renovação.**

	Temperatura média interna (°C)					
	0 troca/ h	5 trc/ h	10 trc/ h	20 trc/ h	50 trc/ h	100 trc/ h
Caso base	30,1	29,0	28,5	27,8	26,9	26,5
Diferença	0,0	1,0	1,6	2,3	3,2	3,6

Como o software calcula a redução de temperatura a partir da taxa de renovação de ar declarado pelo usuário, não é possível calcular qual é realmente a taxa de renovação de ar introduzindo os dados da ventilação natural. Os resultados estão listados na Tabela 2, para o qual adotou-se as características do vento descritas no item 2.1

**Tabela 2 – Taxa de renovação**

Quarto 01	Sala/ coz	Quarto 02
Tr1 = 4,2 trocas/ hora	Tr1 = 1,4 trocas / hora	Tr1 = 2,4 trocas / hora
Tr2 = 8,0 trocas / hora	Tr2 = 2,6 trocas / hora	Tr2 = 4,6 trocas / hora
Tr3 = 12,1 trocas / hora	Tr3 = 4,0 trocas / hora	Tr3 = 7,0 trocas / hora

Considerando o caso que apenas as janelas estejam abertas, os valores encontrados são baixos devido à ventilação unilateral. Ou seja, o ar tem que entrar e sair pela mesma abertura. Deste modo, a ventilação natural não é capaz de retirar calor suficiente para trazer a temperatura interna para dentro da zona de conforto.

<sup>3</sup> O dia médio mensal é uma forma de simplificar os 8760 dados horários de temperatura de um ano, reduzindo-os para apenas um dia por mês. O dia médio mensal é aquele em que a temperatura de cada hora corresponde à média das temperaturas daquela hora para aquele mês.

## 4.2 Proposta

O programa de necessidades da casa de interesse social do Projeto Habitare foi compatibilizado com as características da casa padrão da construtora, tendo em vista que por ser uma das intervenientes e maior interessada nos resultados da pesquisa, a construtora tem interesse em manter seus padrões programáticos (terraço, sala, cozinha, dois quartos, banheiro e circulação).

O desenvolvimento da proposta buscou ampliar a área de envoltória, tornando-a menos compacta para maximizar o uso dos recursos passivos de condicionamento. Adotou-se as dimensões e forma dos cômodos do caso base para que as características construtivas fossem mantidas. A disposição dos cômodos em planta baixa conciliou principalmente os aspectos funcionais e as recomendações do design passivo.

Reflexões sobre a ventilação e o sombreamento mostram que a orientação é a variável com maior influência no desempenho final. Há pressão positiva do vento sobre a fachada a partir de ângulos de  $60^\circ$  em relação à normal, aumentando gradativamente à medida que o ângulo tende a  $0^\circ$ . Havendo, portanto, certa liberdade para definição da orientação. Do ponto de vista de sombreamento, as soluções são mais sensíveis, sendo mais viável adotar a posição longitudinal sobre o eixo Leste Oeste.



Figura 11 – Planta baixa da proposta



Figura 12 – Vista da proposta

A reprodução do modelo em três dimensões permitiu avaliar o impacto do beiral sobre o sombreamento das aberturas (Figura 13). A princípio pensou-se num beiral de 1,0 m. Entretanto a simulação no software Ecotect mostrou que bastavam 60 cm para obter um resultado satisfatório (Figura 14 e Figura 15). A influência do beiral foi otimizado deste do início, quando se decidiu pela orientação das aberturas nas fachadas Norte ou Sul. Os períodos de exposição ao Sol são curtos e ocorrem sempre nas horas de menor altura solar. As máscaras de sombra referem-se ao modelo isolado, sendo que a possibilidade de geminação e interação com o paisagismo reduziria ainda mais a exposição direta à incidência do Sol.

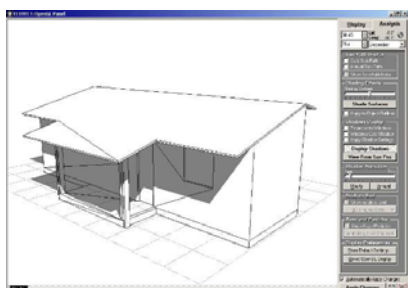


Figura 13 – Modelo em três dimensões

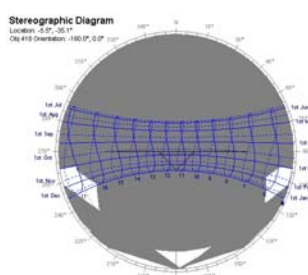


Figura 14 – Máscara de sombra da janela da sala

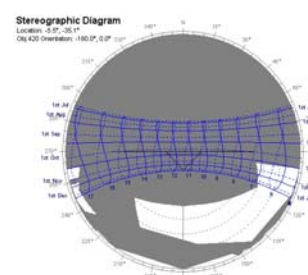
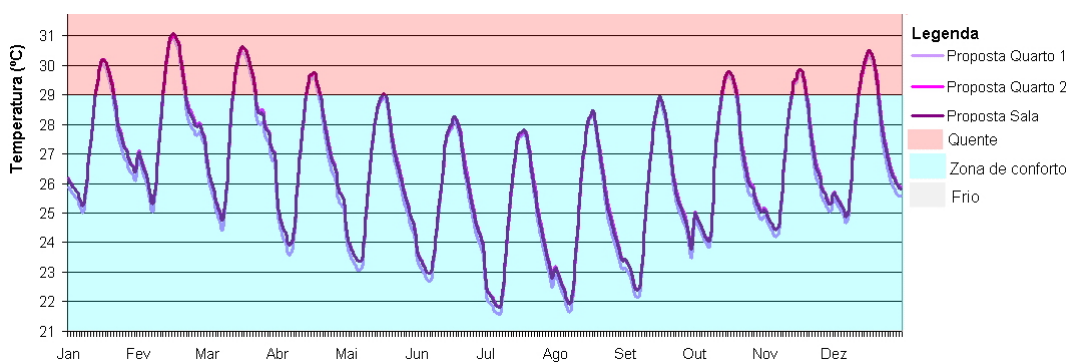


Figura 15 – Máscara de sombra da janela Sul do quarto

A análise do desempenho térmico segue a mesma metodologia adotada para o estudo do caso base e incorpora os valores de ventilação natural calculados previamente. Modelou-se a casa no VisualDOE e simulou-se o comportamento da variação da temperatura interna da cada cômodo durante um ano. Os resultados mostram que a temperatura está dentro da zona de conforto na maior parte do ano. A

temperatura interna fica acima da zona de conforto apenas no período de verão, ainda que não ultrapasse 31°C. Estes picos de temperaturas podem ser compensados através da ventilação.



**Figura 16 – Gráfico da temperatura dos cômodos da proposta.**

Considerando as melhorias resultantes do aumento na taxa de renovação do ar para o caso base, simulou-se estas variáveis para a proposta, com o objetivo de estimar a viabilidade de alterações nos painéis. A simulação no Visual DOE mostrou o efeito do número de trocas de ar sobre a temperatura interna (Tabela 3). Nota-se que o aumento da taxa de renovação de ar implica em redução da temperatura interna.

**Tabela 3 – Resultados da redução temperatura interna em função da taxa de renovação.**

	Temperatura interna média em °C					
	0 troca/ h	5 trc/ h	10 trc/ h	20 trc/ h	50 trc/ h	100 trc/ h
Proposta	28,2	27,7	27,4	27,0	26,5	26,2
Diferença		0,5	0,8	1,2	1,7	1,9

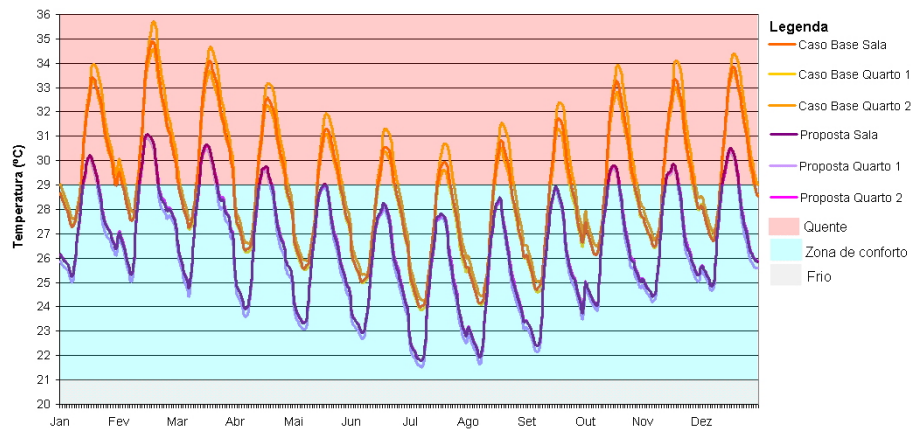
Como o DOE não faz o cálculo da taxa de renovação a partir dos valores da ventilação natural, adotou-se a para o método de cálculo da taxa de renovação de ar (BITTENCOURT, 2005), que leva em consideração a taxa de ventilação e o volume do ambiente para estimar o valor do número de trocas de ar e os valores obtidos estão listados na Tabela 4. O resultado do cálculo mostra valores satisfatórios. Mesmo com baixa velocidade do ar a taxa de renovação já é superior a 20 trocas por hora. No caso dos quartos, a taxa de renovação chega perto das 100 trocas por hora para elevadas velocidades do ar.

**Tabela 4 – Taxa de renovação.**

Quartos	Sala/ coz
Tr1 = 33,0 trocas/ hora	Tr1 = 21,9 trocas / hora
Tr2 = 62,4 trocas / hora	Tr2 = 41,4 trocas / hora
Tr3 = 94,2 trocas / hora	Tr3 = 62,5 trocas / hora

### 4.3 Comparações

Comparando o desempenho da proposta com o do caso base, observa-se a redução na temperatura interna em todos os períodos do ano (Figura 17). Enquanto que no caso base em todos os meses haviam períodos em que a temperatura dos cômodos estavam fora da zona de conforto, na proposta isto só ocorre nos meses mais quentes. A amplitude térmica no caso base também é bem maior, os picos de temperatura ultrapassam os 35 °C, enquanto que na proposta ficam em torno de 31 °C.



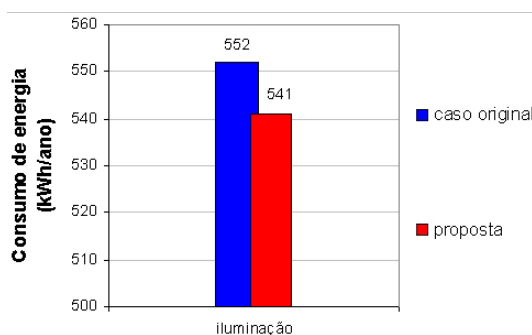
**Figura 17 – Comparação entre as temperaturas internas da proposta com o caso base.**

Os resultados para consumo de energia foram divididos em dois usos finais; iluminação e condicionamento.

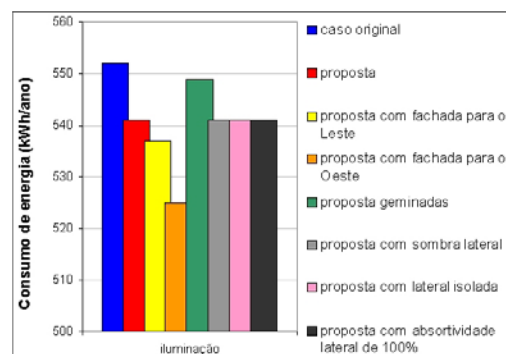
#### 4.4 Análise complementar

Embora a proposta considere o uso de estratégias passivas para manter as condições de conforto e o condicionamento artificial não seja uma prioridade dos prováveis usuários desse tipo de edificação, a análise de desempenho energético se justifica pela relação entre o ganho ou perda de carga térmica da edificação e o custo para o usuário através do consumo dos aquecedores e resfriadores de ar. Este método é adotado em países que apresentam normas de eficiência energética e é a forma mais freqüente de avaliação do desempenho térmico de edificações. Para isso, foram simulados os casos anteriores com o ar condicionado mantendo a temperatura interna inferior a 29 °. A modelagem da iluminação natural baseou-se em moradores-padrão que acordam às 6 horas da manhã e dormem às 10 horas da noite. Assim, foi solicitado que o software “acendesse as luzes” toda vez que a iluminância no interior dos ambientes, dentro do período estipulado, estivesse abaixo dos 100 lux, considerado como valor mínimo para a realização da maioria das atividade domésticas.

Comparando-se os resultados de consumo de energia entre o caso base e a proposta isolada, percebe-se uma redução de iluminação (Figura 18). Comparando-se o desempenho entre as alternativas possíveis para a proposta, percebe-se que a que apresentou melhor desempenho do ponto de vista luminoso foi o caso no qual a fachada principal está voltada para Oeste. A possível explicação é o fato desta receber a iluminação natural durante todo o período da tarde. A opção de geminação apresentou o pior desempenho, talvez pelas casas estarem projetando sombra uma nas outras, diminuindo a captação da luz natural nos períodos do dia em que a altura solar é baixa - amanhecer e entardecer. É importante notar que as variações são inferiores a 5% , mesmo se comparando os casos extremos (Figura 19).



**Figura 18: Comparação do consumo de energia para iluminação entre o caso base e a proposta**



**Figura 19: Comparação do consumo de energia para iluminação entre o caso base e a proposta**

A queda no consumo do ar condicionado é de até 67%. Isto comprova a idéia de que edificações compactas não oferecem boa resposta térmica ao clima de Natal/ RN. Comparando o desempenho da



proposta em diferentes orientações, nota-se aumento no consumo, porém bem abaixo do caso base (Figura 20).

Considerou-se alternativas para diminuir o ganho térmico nas fachadas Leste e Oeste: geminação, sombreamento, baixa condutividade térmica e baixa absorvância. A simulação mostrou que proteger as fachadas laterais representa uma queda no consumo do ar condicionado. Tanto a geminação quanto o sombreamento apresentaram resultados semelhantes (Figura 21). O isolamento térmico das paredes laterais não se mostrou uma boa alternativa, pois a casa não consegue perder calor para o meio externo a noite quando a temperatura externa diminui. Todas as simulações consideraram absorvância de 20% em todas as fachadas. Pintar as paredes laterais da casa de preto seria suficiente para aumentar o consumo em 80% (Figura 22).

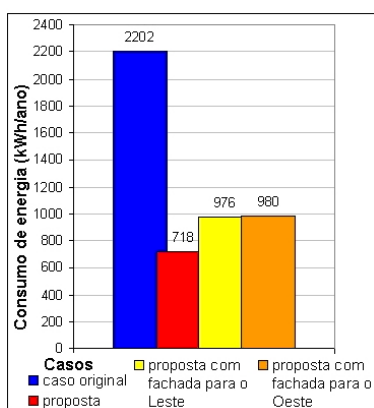


Figura 20: Caso base x orientações.

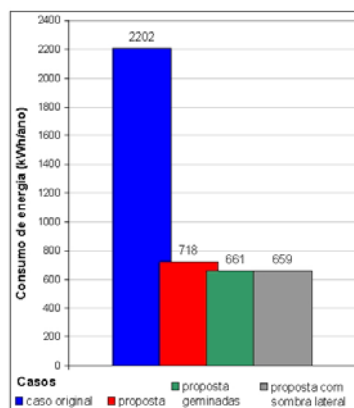


Figura 21: Caso base x sombra.

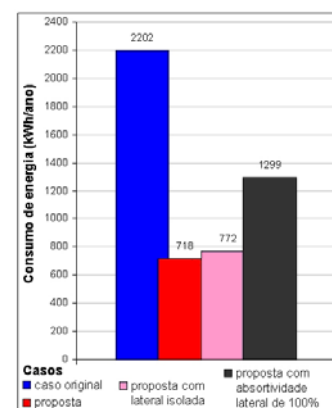


Figura 22: Caso base x isolamento e absorvância

## 5. CONCLUSÕES

A proposta originou-se a partir das pré-análises e dos resultados do caso base. O uso de recomendações bioclimáticas, como orientação e otimização da envoltória influenciaram a solução, que foi confirmada e melhorada com as análises quantitativas.

O uso da simulação computacional durante o processo projetual permitiu quantificar o impacto das decisões e das alternativas. A possibilidade de testar o impacto de cada decisão durante o processo projetual estimulou a reflexão sobre os fenômenos físicos envolvidos. Logo, muitas das decisões foram amparadas pela análise científica.

As recomendações qualitativas estão associadas à presença do sombreamento e da ventilação, enquanto que as quantitativas estão associadas à geometria, transmitância térmica, absorvância e fator solar.

A ventilação é tão importante quanto o sombreamento no desempenho térmico da edificação. Entretanto, a literatura mostra limitações metodológicas para avaliar seu impacto nas decisões arquitetônicas. Os métodos são simplificados e dependem de monitoramento da velocidade e da orientação do vento no sítio, que por sua vez são freqüentemente inexistentes. O estudo mais refinado da ventilação só é possível com utilização dos softwares de CFD, que são caros, exigem muito tempo de aprendizado e conhecimento de mecânica dos fluidos.

As recomendações de baixa transmitância para a cobertura e indiferente para as paredes proposta pela ASHRAE mostraram-se mais condizentes com os resultados da simulação computacional. O isolamento das paredes não apresentaram melhorias para o conforto térmico da casa, pois não permite as trocas de calor ao anoitecer, quando a temperatura externa cai rapidamente.

Houve poucas restrições impostas pela construtora. O processo projetual ocorreu de forma livre, precisando apenas de ajustes para adequar as dimensões dos cômodos em função das medidas sistema construtivo de painéis pré-moldados. A opção por modificar os painéis o mínimo possível teve o objetivo de mostrar que o design passivo é aplicável a qualquer sistema construtivo.

A proposta é muito sensível à orientação. Como se trata de um protótipo de habitação popular, que pode vir a se tornar o projeto padrão da construtora e desta forma multiplicar-se aos milhares, qualquer tentativa de implantação deve considerar esse aspecto. Portanto, o projeto urbanístico deve considerar a orientação do traçado, assim como outras propostas projetuais com diferentes orientações podem ser estudadas.

## **6. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA**

ABNT (2005). NBR15220-3/2005 - *Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social*. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas,.

ASHRAE (2004) *Energy efficient design low-rise residential buildings*. Atlanta, Ga.: American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers,. 107.10412336.

BITTENCOURT, Leonardo (2005). *Introdução à ventilação natural*. Maceió: EDUFAL,. 85-7177-233-9.

ELEY ASSOCIATES (2000). “VisualDOE 3”. San Francisco, CA USA.

LAKES ENVIRONMENTAL (1998 – 2004). “WR PLOT View”.

GOULART, Solange; et al (1998). *Dados Climáticos para Projeto e Avaliação Energética de Edificações para 14 Cidades Brasileiras*. Florianópolis: Núcleo de Pesquisa em Construção/UFSC,.

HOLANDA, Armando de (1976). *Roteiro para construir no Nordeste*. Estudos Urbanológicos. Recife: UFPE.

LAMBERTS, Roberto, et al (2000). *Desempenho térmico de edificações*. Florianópolis: Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

\_\_\_\_\_ (2003). “Analysis Bio”. Florianópolis, SC.

MARSH, Andrew (2003). “Ecotect”. Perth: Square One Research PTY LTD.

NICOL, Fergus (2004). “Adaptive thermal comfort standards in the hot-humid tropics”. *Energy and Buildings*. 36, 7, 628-637, JUL.

SZOKOLAY, Steven; DOCHERTY, Michael (1999). “Climate Analysis”. *Passive and Low Energy Architecture International Design Tools and Techniques*. Brisbane: PLEA in association with Department of Architecture, The University of Queensland.

## **7. AGRADECIMENTOS**

A Eletrobrás, pela infra-estrutura do Laboratório de Conforto Ambiental - LabCon/UFRN.

Ao CNPq, pela bolsa de iniciação científica concedida ao autor para a elaboração deste pesquisa.