

ANÁLISE DE SENSITIVIDADE DE UM MODELO COMPUTACIONAL DE RESIDÊNCIA DE INTERESSE SOCIAL EM NATAL

Bianca Negreiros ⁽¹⁾; Aldomar Pedrini ⁽²⁾

(1) UFRN, bn.arquitetura@gmail.com

(2) UFRN, apedrini@ufrnet.br

Resumo

A simulação realizada através de programas computacionais reproduz os fenômenos físicos de uma edificação virtual modelada. Após a definição de um modelo representativo da habitação, a análise de sensibilidade tem ênfase na avaliação deste modelo para verificação da influência dos parâmetros modificados no seu comportamento. Neste estudo são utilizados diferentes tipos de sistemas de cobertura para a análise. A importância no estudo de cobertas está relacionada com a alta incidência de radiação solar e cargas térmicas no plano horizontal em áreas de baixa latitude como a cidade de Natal, quase o dobro da incidência de radiação ocorrida nas superfícies verticais. Para a análise criou-se um modelo computacional para uma habitação de interesse social, simulado com um arquivo climático TRY. Foram comparados os valores de temperatura de bulbo seco na faixa de conforto térmico.

Palavras-chaves: *simulação computacional, desempenho térmico.*

Abstract

The simulation carried through computational programs reproduces the physical phenomena of a virtual construction. After the definition of a habitation representative model, the sensitivity analysis has emphasis in the evaluation of this model for verification of the parameters influence modified in its behavior. In this study different types of covering systems are used. The importance in the covers study are related with the high incidence of solar radiation and thermal loads in the horizontal plan in areas of low latitude as the city of Natal, almost double of the radiation incidence occurred in vertical surfaces. For the analysis a computational model for a social interest habitation was created, simulated with a TRY climatic archive. The compared results are dry bulb temperatures in thermal comfort zone.

Keywords: *computer simulation, thermal performance.*

1. INTRODUÇÃO

Para Wilde e Voorden (2004) simulação em geral é a reprodução do comportamento físico de um sistema que é baseado em sua modelagem, desenvolvimento de equações matemáticas que descrevem seu comportamento, solução dessas equações matemáticas e visualização dos resultados. Os primeiros programas de simulação computacional surgiram nos anos 70, em meio à crise de energia, motivados pela necessidade de se testar alternativas para construções com menor impacto energético. A evolução da informática nas décadas seguintes possibilitou o aprimoramento de programas voltados para o auxílio à concepção de projetos, oferecendo meios de se mensurar o ganho energético, através de análises de elementos como a geometria do edifício, sistemas de iluminação e ventilação adotados, além da rotina de utilização da edificação (MENDES, LAMBERTS, CUNHA NETO, 2001).

Existe grande número de programas de simulação de desempenho termoenergético disponíveis como DOE-2, BLAST, ESP-r e Energyplus, todos baseados na representação de

um modelo de edificação (PEDRINI, WESTPHAL, LAMBERTS, 2002). Os programas mais utilizados são o DOE e sua interface VisualDOE, e o Energyplus e sua interface Designbuilder desenvolvidos pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos. Normalmente os programas trabalham com três grupos de variáveis principais, que reúnem uma série de parâmetros de influência sobre o desempenho térmico da edificação: variáveis climáticas locais; variáveis de projeto (layout interno, geometria, propriedades termo-físicas da construção etc); e variáveis de uso e ocupação (rotinas, cargas térmicas internas, uso de equipamentos etc.) (OLIVEIRA, 2006).

Assim a simulação de uma edificação se inicia na modelagem do objeto de estudo. Depois são acrescentados os valores quantitativos ou qualitativos de cada variável climática e de características termofísicas dos materiais envolvidos de forma a caracterizá-las e definição da rotina de ocupação do protótipo com horários de aberturas de portas e janelas, uso de iluminação e equipamentos e permanência de usuários. Cada valor declarado também trás consigo um erro associada à fonte de consulta, à sua medição, ou às considerações, como as declarações das espessuras das camadas do piso (PEDRINI, 1997).

Batista et al (2005) em seus resultados indica que a seleção dos parâmetros de simulação, principalmente quanto à consideração da capacidade térmica dos componentes da edificação, deve ser criteriosamente realizada de acordo com os objetivos do estudo a ser desenvolvido, uma vez que influenciam nos resultados obtidos. Com relação a esses parâmetros Aktusu e Vittorino (1999) citam que o ponto básico é decidir quais devem ser tratados como uma condição estável e quais devem ter seus valores variantes.

O estudo da influência da cobertura se faz importante uma vez que o plano horizontal recebe radiação solar em níveis bem maiores que o plano vertical em latitudes baixas como na cidade de Natal. A diminuição das cargas térmicas de cobertura resulta em redução do desconforto devido ao calor nas habitações em climas quente e conseqüente redução de custos relacionados a sistemas de climatização.

Lima (2006) obteve como resultado para Natal a recomendação de que a cobertura deve utilizar baixa transmitância térmica quando os fechamentos verticais estiverem bem protegidos. Quando estes apresentarem ganhos térmicos consideráveis passa a ser recomendado o uso de coberturas leves com baixa absorvidade e alta transmitância para facilitar a dissipação do calor. Segundo a norma brasileira NBR 15220-3: Zoneamento Bioclimático Brasileiro e Diretrizes Construtivas para Habitações Unifamiliares de Interesse Social (ABNT, 2005) a cobertura para o clima de Natal deve ser do tipo leve refletora, o que significa ter uma transmitância térmica menor ou igual a $2,3 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ para áticos não ventilados, atraso térmico menor ou igual a $3,3\text{h}$ e Fator de Calor solar menor ou igual a $6,5\%$. Como o atraso térmico é considerado baixo, é possível dizer que o desempenho está condicionado à transmitância e à absorvância térmica.

2. OBJETIVO

O objetivo desse artigo é apresentar a análise de sensibilidade de um modelo computacional para avaliação de desempenho térmico de uma habitação de interesse social localizada na cidade de Natal-RN, a partir da comparação do desempenho térmico de sistemas de coberturas com diferentes valores de transmitância e absorvância.

3. MÉTODO

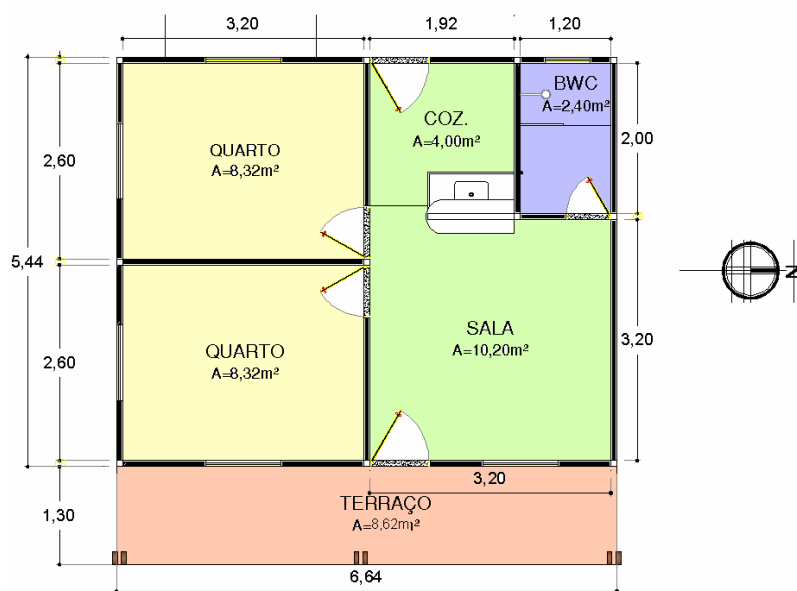
O método inicia com a definição de um modelo computacional de habitação de interesse social representativo utilizando o programa DesignBuilder, logo após são feitas análises de sensibilidade para avaliação da influência da coberta no comportamento térmico da habitação.

3.1 O protótipo

O protótipo utilizado faz parte do projeto de pesquisa Rede de Pesquisa em Eficiência Energética de Sistemas Construtivos (REPESC), integrante do HABITARE. O projeto visa consolidar uma rede de pesquisa regional voltada ao estudo do desempenho térmico de sistemas construtivos para o Nordeste, considerando as particularidades climáticas, econômicas e sociais. As pesquisas se concentram no estudo de sistemas construtivos que otimizem o conforto térmico no ambiente construído aliado a redução de gastos de energia usados com condicionamento artificial.

O sistema construtivo utilizado no protótipo consiste em painéis modulados em concreto celular espumoso com dimensões padrão da construtora de 2,45m de altura por múltiplos de 80 cm na largura. O produto é uma mistura homogênea de argamassa com espuma, gerando um material fluido despejado sobre fôrmas onde vãos de aberturas e dutos para a passagem de instalações elétricas e hidro-sanitárias são locados, com o objetivo de evitar a quebra do painel depois de pronto. A cobertura é de telha cerâmica com inclinação de 25% e beirais de 60cm. As dimensões são 5,44 x 6,64m resultando numa área total de 45,15m². Os ambientes que o constituem são: dois quartos, um banheiro, uma sala e cozinha integradas e uma área de terraço. A Figura 1 ilustra a planta baixa do protótipo.

Figura 1 - Planta-baixa do protótipo de habitação social



3.2 Definição do modelo computacional

No processo de modelagem foram levadas em consideração as variáveis climáticas, de projeto e de uso e ocupação, parâmetros que influenciam na avaliação de desempenho térmico. Nas simulações é utilizado o arquivo climático TRY (Test Reference Year) de 1954 de Natal

obtido a partir de uma base de dados entre os anos de 1951 e 1970. As variáveis de projeto estão relacionadas à identificação dos ambientes e foram definidas de acordo com o projeto arquitetônico da habitação de interesse social utilizada na pesquisa e seu sistema construtivo.

Quanto à envoltória as paredes são de concreto celular, a cobertura de telhas cerâmicas sem forro e os vidros utilizados nas aberturas são vidros simples. As características da envoltória do caso base estão presentes na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

Quadro 1– Características térmicas dos materiais utilizados no caso base

Sistema construtivo	Características	Transmitância U (W/m ² .K)	Absortância α
Cobertura de telha cerâmica sem forro	Espessura: 1cm	4,55	0,60
Paredes de concreto celular	Espessura: 0,08cm	3,03	0,20
Vidros simples	Fator solar: 0,907 Transmissão solar direta: 0,9 Transmissão de luz: 0,892	6,306	
Piso em cerâmica	Espessura: 1cm	4,636	
Portas internas de madeira		2,823	
Portas externas de metal		3,124	

As variáveis de uso e ocupação estão relacionadas à quantidade e comportamento de usuários da edificação, a operação da edificação (rotinas, operação de aberturas e outros) e uso de equipamentos elétricos e iluminação. A adoção de parâmetros de ocupação influencia o desempenho por determinar as principais fontes de calor e estar associado ao tempo e intensidade de utilização da habitação e conseqüente geração de cargas térmicas em seu interior.

As rotinas de ocupação não foram baseadas em amostragens de campo, sendo estimadas baseadas no intuito de análise e em trabalhos que já discutiram a adoção de rotinas de ocupação (OLIVEIRA, 2006, MATOS, 2007). Desta forma, foi considerada uma família média composta por 4 pessoas, 1 casal e dois filhos. Os quartos são ocupados por no máximo duas pessoas, o banheiro é ocupado por no máximo 1 pessoa enquanto que sala e cozinha podem ser utilizadas por toda a família. O metabolismo adotado foi de 110 W/pessoa e fator metabólico de trabalho leve igual a 0,9. As vestimentas foram admitidas com valores de 1,0 clo para inverno e 0,5 clo para verão.

Foi admitida para os quartos uma ocupação de 2 pessoas (0,24pessoas/m²) nos horários entre 22h e 7h todos os dias da semana e de 22h as 9h nos finais de semana. Para sala e cozinha foi estabelecida ocupação de 2 pessoas (0,14pessoas/m²) no horário de 8h às 22h todos os dias da semana e de 10h as 22h nos finais de semana. Banheiro ocupação de 0,41 pessoas/m² no horário de 7h as 8h e de 18h as 19h todos os dias (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

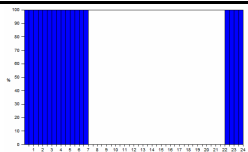
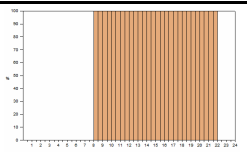
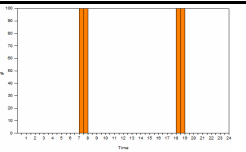
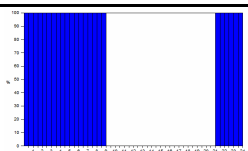
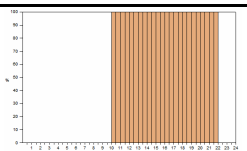
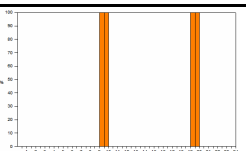
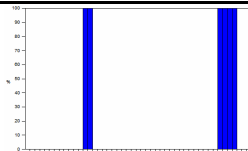
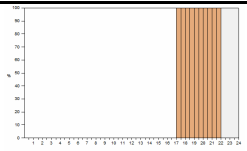
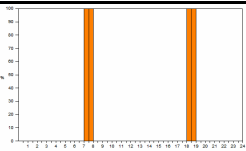
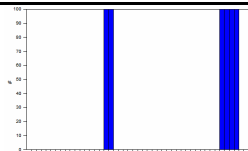
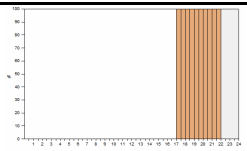
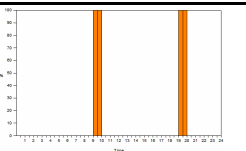
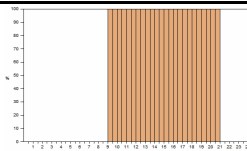
As rotinas de iluminação adotaram o uso de lâmpadas fluorescentes compactas com valores de 15W instalados nos quartos, 30W instalados na sala/cozinha e 15W instalados no banheiro. A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** apresenta a densidade de potência em iluminação instalada em cada ambiente. A densidade de potência média é de 2,25 W/m².

Quadro 2 – Densidade de potência em iluminação instalada em cada ambiente da habitação

Ambientes	Quarto 01	Quarto 02	Sala/ cozinha	Banheiro	Total
Potência (W)	30	30	60	15	135
Área (m ²)	8,32	8,32	14,20	2,40	33,24
Densidade de potência (W/m ²)	3,60	3,60	4,22	6,25	4,06

As rotinas de iluminação foram baseadas nos horários de ocupação de cada cômodo. Quanto aos equipamentos foi considerada para a sala o uso de um aparelho de TV de 20' com potência média de 90W, com um ganho de 6,33W/ m²; para os demais ambientes não foi considerado o uso de nenhum equipamento. As rotinas de uso e ocupação adotadas estão descritas na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

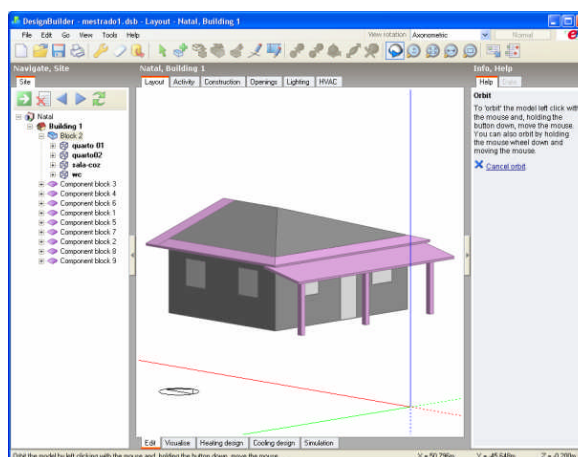
Quadro 3 – Rotinas de ocupação e iluminação dos ambientes

	Quartos	Sala/Cozinha	Banheiro
Ocupação			
Durante a semana	 22h – 07h	 08h – 22h	 07h – 08h / 18h – 19h
Finais de semana	 22h – 09h	 10h – 22h	 09h – 10h / 19h – 20h
Iluminação			
Durante a semana	 h – 07h / 20h – 22h	 17h – 22h	 07h – 08h / 18h – 19h
Finais de semana	 h – 09h / 20h – 22h	 17h – 22h	 09h – 10h / 19h – 20h
Equipamentos			
			

		09h – 22h	
--	--	-----------	--

A rotina de ventilação adotada nas simulações foi mínima uma vez que esta é uma estratégia bioclimática que tem grande influência sobre as temperaturas internas. Assim quando realizadas simulações com objetivo de apurar a influência do sistema de cobertura a rotina adotada foi de janelas com 20% de sua área abertas 24h por dia. As portas internas e externas permaneceram abertas durante 20% de horas do dia.

Figura 2 – Perspectiva do modelo de simulação



3.3. Análises de sensibilidade

Nas análises serão utilizados sistemas construtivos para cobertura escolhidos de acordo com frequência de uso em Natal e por se tratarem de sistemas mais usuais para habitações populares. Como resultados temos a ocorrência de temperatura de bulbo seco na faixa de conforto térmico adaptável e as cargas térmicas de aquecimento e resfriamento dos diferentes sistemas construtivos.

Os valores para caracterização dos sistemas utilizados foram calculados de acordo com a norma brasileira NBR 15220-2: Métodos de Cálculo da Transmitância Térmica, da Capacidade Térmica, do Atraso Térmico e do Fator de Calor Solar de Elementos e Componentes de Edificações. (ABNT, 2005). As variáveis transmitância térmica e absorptância são abordadas com maior ênfase devido a sua alta influência sobre o desempenho térmico de cobertas. As alternativas usadas nas análises e suas características estão dispostas nas tabelas abaixo:

Quadro 4 - Telha de fibrocimento ($\alpha = 0,5$)

Camada	Material	Espessura (m)	Condutividade térmica (W/m.K)	Densidade (Kg/m ³)	Calor específico (kJ/(kg.K))	Resistência térmica (m ² .K)/W)
1	Telha de fibrocimento	0,008	0,95	2200	0,84	0,00842
Resistência térmica superficial interna e externa						0,21
Resistência térmica total						0,21842
Transmitância térmica total						4,6

Quadro 5 - Telha de fibrocimento com forro de concreto ($\alpha = 0,5$)

Camada	Material	Espessura (m)	Condutividade térmica (W/m.K)	Densidade (Kg/m ³)	Calor específico (kJ/(kg.K))	Resistência térmica (m ² .K)/W)
1	Telha de fibrocimento	0,008	0,95	2200	0,84	0,00842
2	Câmara de ar (e>5cm) - ($\xi = 0,90$)					0,21
3	Forro de concreto	0,03	1,75	2400	1,00	0,0171
Resistência térmica superficial interna e externa						0,21
Resistência térmica total						0,44552
Transmitância térmica total						2,24

Quadro 6 -,Telha de fibrocimento com forro de gesso ($\alpha = 0,5$)

Camada	Material	Espessura (m)	Condutividade térmica (W/m.K)	Densidade (Kg/m ³)	Calor específico (kJ/(kg.K))	Resistência térmica (m ² .K)/W)
1	Telha de fibrocimento	0,008	0,95	2200	0,84	0,00842
2	Câmara de ar (e>5cm) - ($\xi = 0,90$)					0,21
3	Forro de gesso	0,02	0,35	1000	0,84	0,0571
Resistência térmica superficial interna e externa						0,21
Resistência térmica total						0,48552
Transmitância térmica total						2,05

Quadro 7 - Telha cerâmica ($\alpha = 0,6$)

Camada	Material	Espessura (m)	Condutividade térmica (W/m.K)	Densidade (Kg/m ³)	Calor específico (kJ/(kg.K))	Resistência térmica (m ² .K)/W)
1	Telha de barro	0,01	0,70	1300	0,92	0,01428
Resistência térmica superficial interna e externa						0,21
Resistência térmica total						0,22428
Transmitância térmica total						4,46

Quadro 8 - Telha cerâmica clara ($\alpha = 0,3$)

Camada	Material	Espessura (m)	Condutividade térmica (W/m.K)	Densidade (Kg/m ³)	Calor específico (kJ/(kg.K))	Resistência térmica (m ² .K)/W)
1	Telha de barro	0,01	0,70	1300	0,92	0,01428
Resistência térmica superficial interna e externa						0,21
Resistência térmica total						0,22428
Transmitância térmica total						4,46

Quadro 9 - Telha cerâmica com forro de concreto ($\alpha = 0,6$)

Camada	Material	Espessura (m)	Condutividade térmica (W/m.K)	Densidade (Kg/m ³)	Calor específico (kJ/(kg.K))	Resistência térmica (m ² .K)/W)
1	Telha de barro	0,01	0,70	1300	0,92	0,01428
2	Câmara de ar (e>5cm) - ($\xi = 0,90$)					0,21
3	Forro de concreto	0,03	1,75	2400	1,00	0,0171
Resistência térmica superficial interna e externa						0,21
Resistência térmica total						0,45138
Transmitância térmica total						2,21

Quadro 10 - Telha cerâmica com forro de gesso ($\alpha = 0,6$)

Camada	Material	Espessura (m)	Condutividade térmica (W/m.K)	Densidade (Kg/m ³)	Calor específico (kJ/(kg.K))	Resistência térmica (m ² .K)/W)
1	Telha de barro	0,01	0,70	1300	0,92	0,01428
2	Câmara de ar (e>5cm) - ($\xi = 0,90$)					0,21
3	Forro de gesso	0,02	0,35	1000	0,84	0,0571
Resistência térmica superficial interna e externa						0,21
Resistência térmica total						0,49138
Transmitância térmica total						2,03

O critério de desempenho emprega o modelo de adaptabilidade proposto por De Dear e Brager (2002) recomendado para espaços condicionados naturalmente, onde as condições térmicas são controladas principalmente pela abertura e fechamento de janelas:

- podem ter aquecimento artificial, mas não se aplica quando em funcionamento;
- não podem ter sistemas mecânicos de resfriamento;
- podem ter sistemas de ventilação mecânica, porém sem condicionamento de ar;
- os ocupantes devem estar em atividade sedentária (1-1.4 met) e estarem livres para adaptar a vestimenta e as condições térmicas entre o interior e o exterior.

O modelo propõe uma faixa de conforto térmico onde são relacionadas a temperatura média do ar externo com um intervalo de temperatura operativa interna, representado pela Equação 1:

$$T_c = 0.31T_e + 17.8 \quad (\text{Equação 1})$$

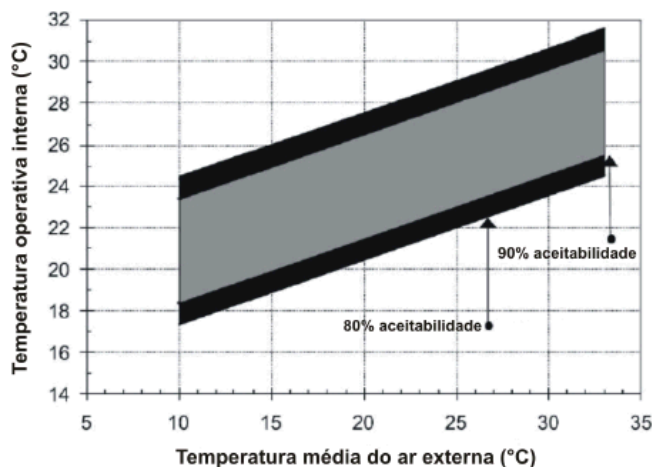
Onde:

T_c = temperatura de conforto

T_e = temperatura externa

Os limites de conforto para edificações nesse modelo são definidos por $T_c \pm 2,5^\circ\text{C}$ para 90% de pessoas satisfeitas e $T_c \pm 3,5^\circ\text{C}$, para 80% (Figura 3).

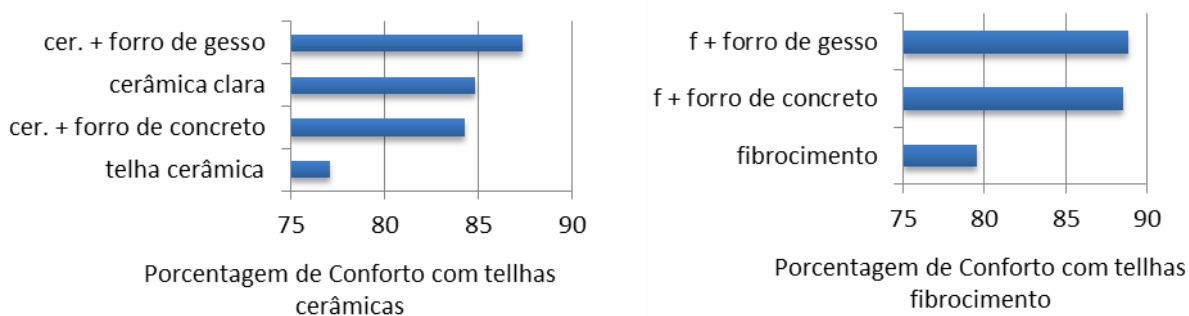
Figura 3- Norma de conforto adaptativo (ACS) proposto pela ASHRAE Standard 55-2004 para edificações naturalmente ventiladas (DEAR e BRAGER, 2002)



4. ANÁLISE DE RESULTADOS

Os sistemas de cobertura que utilizam forros (menor transmitância térmica) apresentam maior número de horas de conforto que os sistemas simples. Enquanto utilizando os sistemas apenas com telha cerâmica e telha de fibrocimento temos 77% e 79% de horas de conforto respectivamente, suas alternativas com forro de concreto e gesso atingem até 88% de horas de conforto. Também é maior o conforto atingido pela telha cerâmica de cor clara, que apresenta menor absorvância e transmitância igual ao sistema telha cerâmica normal (Figura 4).

Figura 4 – percentagens de conforto atingidas com telhas cerâmicas e telhas de fibrocimento



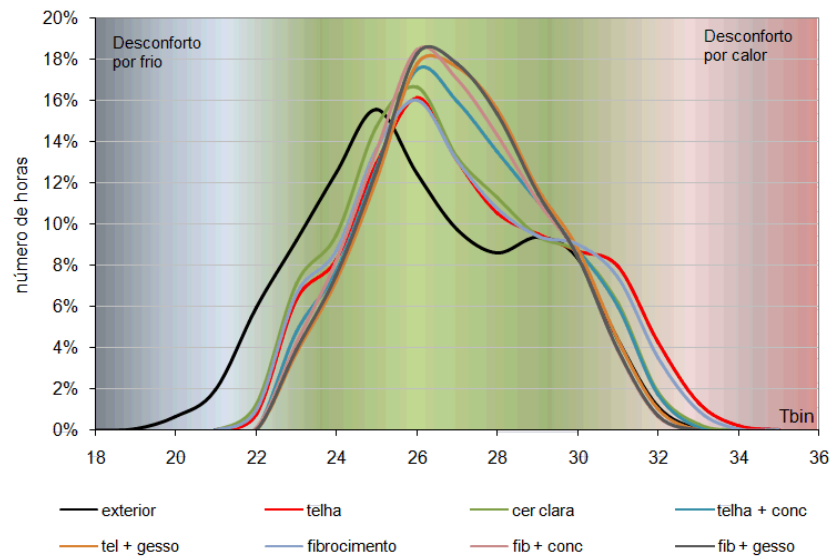
Através do gráfico da

Figura 5 de frequência de temperaturas podemos ter outra visão sobre o desempenho das alternativas através da análise de qual alternativa atingiu maiores frequências em cada temperatura durante o ano. Apesar de estar sendo trabalhada uma zona de conforto adaptativa que possui limites variáveis a imagem mostra a faixa aproximada em que a zona se encontra.

Tem-se que as alternativas que utilizam forros, ou seja, menores transmitâncias apresentam maior frequência de horas dentro da zona de conforto, enquanto que os sistemas simples de telhas possuem um maior espectro de temperaturas atingidas. A opção de telha cerâmica clara

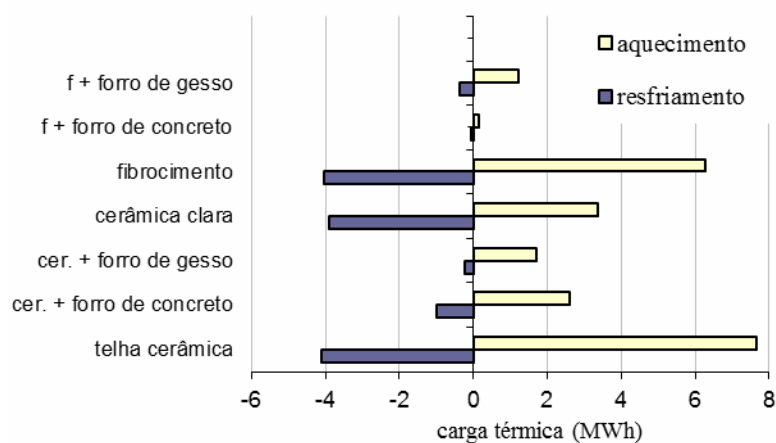
é a alternativa que atinge temperaturas mais baixas.

Figura 5 – Frequência de temperaturas atingidas pelas alternativas simuladas



Com relação aos fluxos de calor comprova-se que os sistemas com maiores transmitâncias permitem uma maior troca de cargas térmicas atingindo maiores valores para estes. Uma significativa redução das cargas é vista nos demais sistemas construtivos que apresentam mais barreiras ao fluxo de calor.

Figura 6 – Cargas térmicas de aquecimento e resfriamento dos diferentes sistemas construtivos



5. CONCLUSÕES

A quantificação do impacto sofrido através da análise de sensibilidade mostrou grandes mudanças no desempenho térmico das alternativas, variações obtidas através da mudança no valor de transmitância ou absorvância dos sistemas. Essa variação nos mostra a importância na determinação dos parâmetros dos modelos de simulação, uma vez que estes contribuem de forma efetiva nos resultados dos modelos.

Os sistemas com absorvâncias iguais e diferentes transmitâncias mostrou que sistemas com transmitâncias mais baixas atingem maior porcentagem de horas de conforto e que a frequência de temperaturas atingidas possui uma alteração menor, e com limite de temperaturas superiores menor.

As análises dos sistemas com transmitâncias iguais e diferentes absorvâncias mostrou a forte influência que esta exerce, onde um sistema com menor absorvância atinge maiores taxas de conforto com uma frequência de temperaturas atingidas mais baixas.

Comparando-se todas as alternativas simuladas os sistemas construtivos de menores transmitâncias apresentam seus comportamentos mais estáveis, possuem maior porcentagem de horas de conforto com maior frequência de temperatura dentro dos limites da zona de conforto. No entanto, a opção de baixa absorvância constitui um sistema mais simples de ser aplicado no dia-a-dia e apresenta alta porcentagem de horas de conforto, atingindo temperaturas inferiores menores que as demais alternativas.

REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220-2: Desempenho térmico de edificações – Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro, 2005a.

AKUTSU, M.; VITTORINO, F. The Use of Simulation Software to Evaluate the Thermal Performance of Buildings in Brazil. Building Simulation'99 - Sixth International IBPSA Conference. In: 1999, kyoto. Anais. kyoto: International Building Performance Simulation Association, 1999. p. 1101-1108.

BATISTA, J. O., et al. Avaliação de desempenho térmico de componentes construtivos utilizando o Energyplus. ENCAC - Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído/ ENLAC - Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído. In: 2005, Maceió. Anais. Maceió: 2005.

LIMA, G. L. F. Influência das variáveis arquitetônicas no desempenho energético de hotéis no clima quente e úmido. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Natal, UFRN, 2006.

MATOS, M. Simulação computacional do desempenho térmico de residências em Florianópolis utilizando a ventilação natural. 2007. p. (Dissertação de mestrado) - Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

MENDES, N., LAMBERTS, R., CUNHA NETO, J.A.B.. Building Simulation in Brazil. Seventh international IBPSA Conference. In: 2001, Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro: SEVENTH INTERNATIONAL IBPSA CONFERENCE - BUILDING SIMULATION 01, 2001. p. 3-14.

OLIVEIRA, A. G. D. Proposta de método para avaliação do desempenho térmico de residências unifamiliares em clima quente-úmido. 2006. 172 p. (Dissertação de Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2006.

PEDRINI, A. Development of Model Calibration Methodology for Thermal and Energy Building Computer Simulation. 1997. 186 p. (Master Thesis) - Department of Civil Engineering, Federal University of Santa Catarina, Florianópolis, 1997.

PEDRINI, A., WESTPHAL, F.S., LAMBERTS, R. A methodology for building energy modelling and calibration in warm climates. Building and Environment. v.37, p. 903-912, 2002