



**XIENCAC**  
ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO  
NO AMBIENTE CONSTRUÍDO

**VIIELACAC**  
ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO  
NO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Búzios - RJ - 2011

## **ANÁLISE DAS CONDIÇÕES DE CONFORTO TÉRMICO EM HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL EM PELOTAS/RS**

**Liader S. Oliveira(1); Antônio César S. B. da Silva (2); Eduardo G. da Cunha (2)**

- (1) Eng. Eletricista; Departamento de Tecnologia da Construção – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – Universidade Federal de Pelotas – RS; e-mail: liader@ufpel.edu.br
- (2) Prof. Dr. Arquiteto e Urbanista; Departamento de Tecnologia da Construção - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – Universidade Federal de Pelotas – RS; e-mail: acsbs@ufpel.edu.br
- (2) Prof. Dr. Arquiteto e Urbanista; Departamento de Tecnologia da Construção - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – Universidade Federal de Pelotas – RS; e-mail: egcunha@terra.com.br

### **RESUMO**

O presente trabalho tem por objetivo analisar as condições de conforto térmico em uma habitação de interesse social, construída em caráter emergencial no município de Pelotas, RS, que utiliza paredes externas de tijolo furado na menor dimensão e cobertura com material cimentício sem amianto (telhas de 6mm onduladas). Esta análise é feita considerando cinco diferentes configurações do envelope da edificação. A primeira configuração é o caso base. Na segunda trabalha-se com o aumento do isolamento juntamente com menor absorvância solar da cobertura. Na terceira trabalha-se com o aumento da massa térmica juntamente com menor absorvância solar das paredes externas. Na quarta com a utilização de venezianas nos fechamentos transparentes. E na quinta é feita uma compilação das alternativas anteriores, buscando-se as melhores condições de conforto térmico no interior da habitação. Para esta análise a edificação foi simulada utilizando-se o programa *DESIGN BUILDER* versão 2.0, que é uma ferramenta de simulação termo-energética de edificações e trabalha com os algoritmos do programa *ENERGY-PLUS*. Finalizando analisou-se o desempenho térmico da edificação, para as cinco configurações, durante todo o período do ano, em especial para as condições de verão e de inverno. Os resultados mostraram que o aumento do isolamento da cobertura, com menor absorvância solar, mostrou-se a melhor alternativa individual a ser adotada, sendo inclusive superior a configuração 5, que trabalha com alteração em todos os fechamentos, na maior parte do período.

Palavras-chave: simulação computacional, conforto térmico, simulação termo-energética, desempenho térmico.

### **ABSTRATC**

This study aims to examine the conditions for thermal comfort in a social dwelling, built as an emergency in Pelotas city, Brazil, using the external walls of brick stuck in the smaller side and cover with asbestos-free cementitious material (tiles corrugated 6mm). This analysis is done considering five different configurations of the building envelope. The first setting is the base case. The second one works by increasing the insulation together with lower solar absorptance of the roof. In the third setting works by increasing the thermal mass together with lower solar absorptance of the exterior walls. In the fourth with the use of shutters on transparent closures. And the fifth is made a compilation of the previous, searching for the best thermal comfort inside the home. For this analysis, the building was simulated using the software *DESIGN-BUILDER* version 2.0, which is a building term energy simulation tool and works with the algorithms of *ENERGY-PLUS*. Finally was analyzed the thermal performance of the building, for the five configurations, throughout the period of a year, especially for summer and winter conditions. The results showed that the increased isolation of coverage, with less solar absorption, was the single best alternative to be adopted, also being superior to configuration number 5, which works to change all closure in most of the period.

Keywords: computer simulation, thermal comfort, energetic thermal simulation, thermal performance.

## 1. INTRODUÇÃO

O consumo de energia elétrica no Brasil nas edificações residenciais, comerciais, de serviços e públicas é bastante significativo. A tendência de crescimento estimada é ainda maior, devido à estabilidade da economia, aliada a uma política de melhor distribuição de renda. Isto permite o acesso da população aos confortos proporcionados pelas novas tecnologias, o que antes era possível apenas para uma parcela significativamente menor da população. Soma-se a isto a elevada taxa de urbanização e a expansão do setor de serviços. O setor residencial é responsável por mais de 50% deste consumo (LAMBERTS *et al*, 1997).

Os materiais de construção têm uma forte influência sobre as condições de conforto no ambiente interior e, por conseguinte, sobre o consumo energético da edificação. O profissional responsável pela elaboração do projeto deve utilizar-se das orientações e recursos disponíveis para definir os detalhes da edificação, buscando a adequação da mesma ao clima local. A utilização dos conceitos bioclimáticos na elaboração do projeto, associada à escolha correta e fundamentada dos materiais construtivos, fará com que a edificação consuma menos energia para obter as condições de conforto necessárias para o desenvolvimento das atividades a que se destina.

O auxílio de ferramentas de simulação, como o programa *DESIGN BUILDER*, permite respaldar decisões projetuais, através do desempenho termo-energético das edificações, possibilitando que o profissional possa verificar as condições que serão obtidas em função de suas escolhas, tanto na orientação da edificação quanto da sua tipologia, definição de materiais de fechamentos, cores, aberturas e estratégias de ventilação natural.

Desse modo, o atendimento das exigências de conforto pode ser desvinculado da utilização excessiva de equipamentos mecânicos de refrigeração e iluminação, nem sempre acessíveis financeiramente à maioria da população (SCHINLLER *et al*, 1997).

## 2. OBJETIVO

O presente trabalho tem como objetivo verificar as condições de conforto térmico, com base na realização de simulações computacionais de cinco diferentes configurações no que diz respeito às características do plano horizontal e vertical do envelope construído, além da utilização de persianas nos fechamentos transparentes, em uma habitação de interesse social construída em caráter emergencial no município de Pelotas, RS.

## 3. METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho é dividida em três etapas:

### 3.1 Caracterização da edificação escolhida.

### 3.2 Elaboração do modelo computacional da edificação, utilizando os recursos do programa *DESIGNBUILDER*, versão 2.0(trail).

### 3.3 Simulação da edificação:

- Definição do arquivo climático TRY a ser utilizado no processo de simulação.
- Simulação da edificação de referência.
- Simulação da edificação com maior isolamento térmico e menor absortância solar no fechamento horizontal.
- Simulação da edificação com maior massa térmica e menor absortância solar no fechamento vertical.
- Simulação da edificação com colocação de venezianas nos fechamentos transparentes.
- Simulação da edificação com a compilação das estratégias anteriores agrupadas.

### 3.1. Caracterização da edificação escolhida.

A edificação escolhida é uma habitação de interesse social construída em caráter emergencial no município de Pelotas, RS, utilizando-se de tijolos de 6 furos assentados na menor dimensão nos fechamentos verticais e cobertura com telhas de fibrocimento de 6 mm, onduladas. Possui dois dormitórios, sala de estar e cozinha conjugados e banheiro, totalizando 36,9 m<sup>2</sup>, ilustrados na figura 1. Foram obtidas informações quanto aos componentes que fazem o fechamento da edificação como tipo, espessura e densidade de cada um dos materiais que compõem a cobertura, forro e paredes externas, além dos detalhes do sistema construtivo.

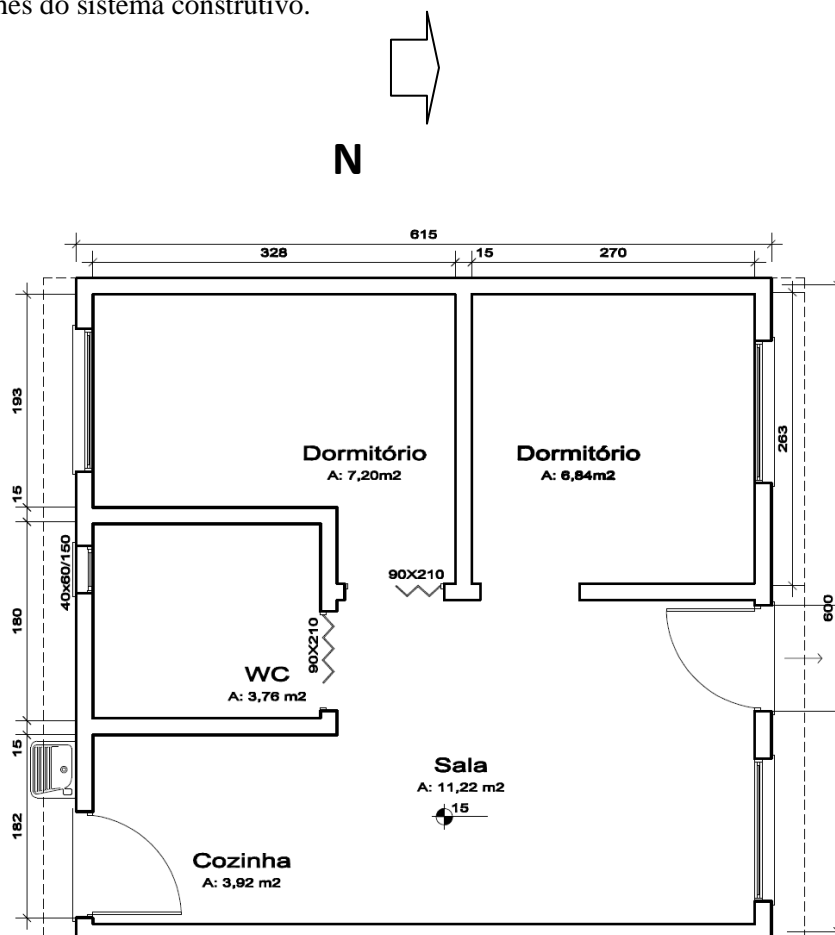


Figura 1. Planta baixa da edificação

Para simular as condições de conforto da edificação foi utilizado o arquivo climático de Porto Alegre (RS), município pertencente à zona bioclimática 3, pois os dados obtidos através da utilização do arquivo climático de Santa Maria que, assim como Pelotas, pertence a zona bioclimática 2, conforme NBR 15220 (ABNT 2005), apresentam algumas inconsistências que não puderam ser resolvidas, e serão apresentadas a seguir.

### 3.2. Elaboração do modelo computacional

Foi utilizado o programa *DESIGN BUILDER*, versão 2.0 (trail), que, além de uma fácil introdução de geometrias, opera com os algoritmos do *ENERGYPLUS*, que atende as normas da ASHRAE 140 (2004).

Para a simulação do caso base foram utilizados os materiais, componentes e aberturas reais da edificação. As simulações posteriores, feitas após a análise da simulação inicial, foram feitas com alterações dos sistemas construtivos, com a inclusão de materiais isolantes em paredes e na cobertura,

além de venezianas nos fechamentos transparentes e serão detalhadas a posteriori. A edificação foi modelada em dois blocos. As figuras 2, 3 e 4 ilustram a habitação simulada no trabalho e as zonas térmicas existentes em cada bloco.

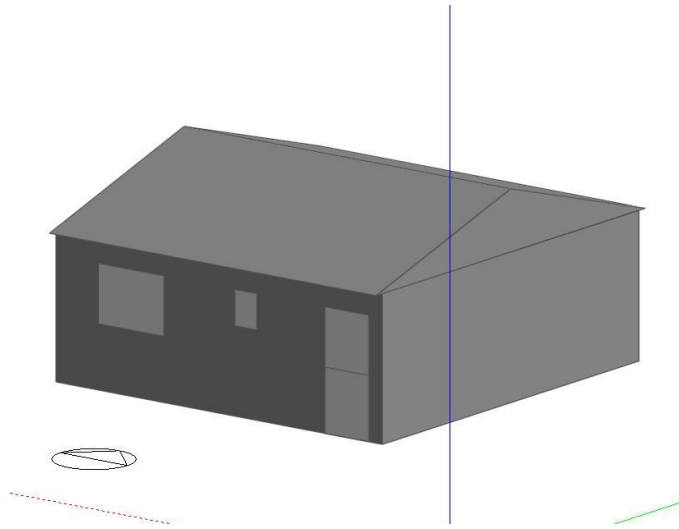


Figura 2. Habitação modelada através do programa *DESIGNBUILDER*

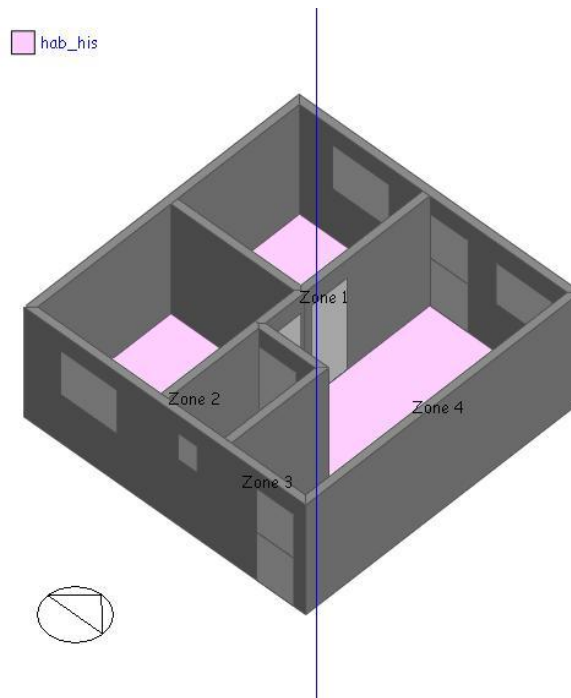


Figura 3. Zonas térmicas internas do bloco 1

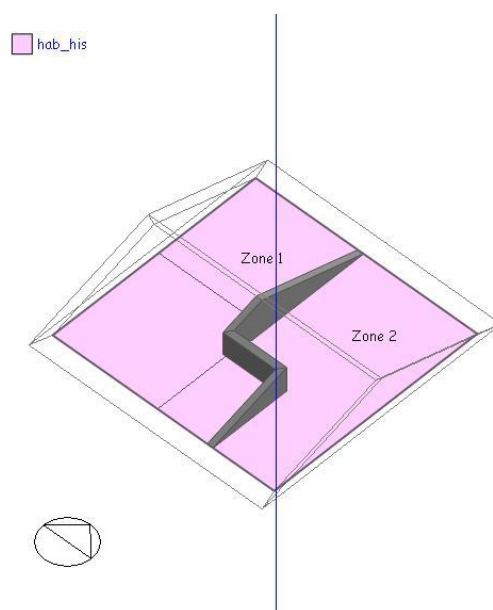


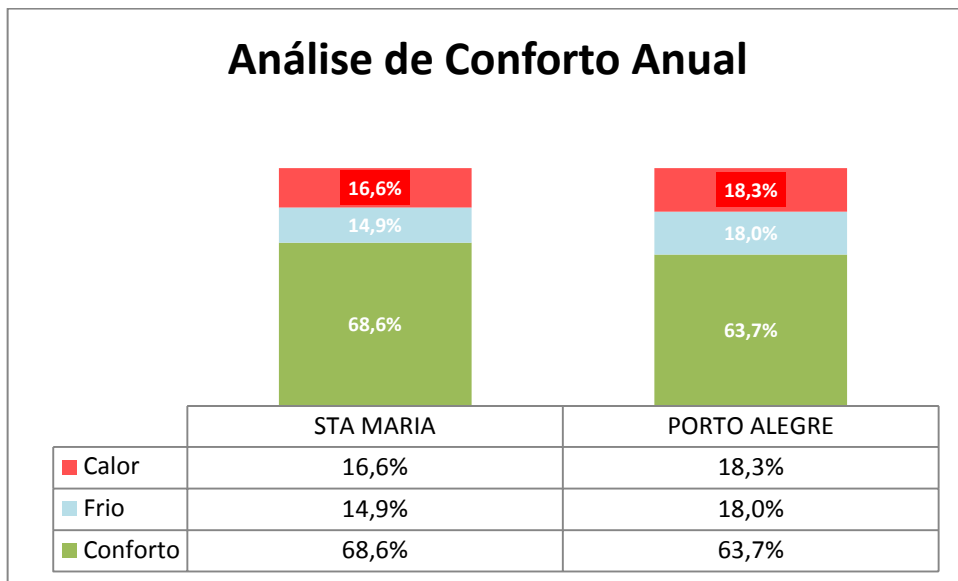
Figura 4. Zonas térmicas internas do bloco 2

### 3.3. Configurações da edificação simulada

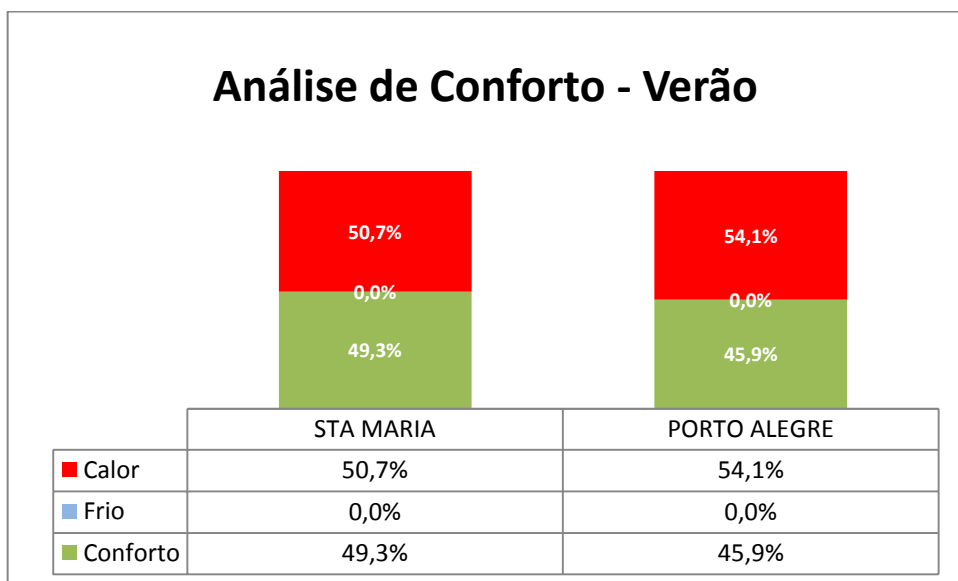
O primeiro passo após a caracterização da edificação escolhida foi a definição do arquivo climático TRY a ser utilizado na simulação. O arquivo climático de Santa Maria seria o mais indicado para a utilização no trabalho, visto pertencer à mesma zona bioclimática do município de Pelotas (ZB 2), conforme NBR 15220-3. Porém ao se fazer uma análise mais criteriosa dos dados de temperatura e umidade gerados como resultado pelo programa *DESIGN BUILDER* verificou-se que as temperaturas, principalmente no verão, são muito amenas, contrariando consideravelmente a análise das normais climatológicas. Em função disso optou-se, em um primeiro momento, por fazer uma comparação entre as normais climatológicas de Santa Maria e Porto Alegre, obtidas através do programa *ANALYSIS BIO*, cujos resultados estão indicados na tabela 2. Após foi feita a simulação da edificação com suas características do caso base, com os arquivos climáticos TRY de Santa Maria e Porto Alegre, e obtidos os índices de conforto, através da utilização do programa *ANALYSIS BIO*, para o ano todo e para os períodos de verão e inverno, representados, respectivamente, pelos gráficos 1,2 e 3.

**Tabela 2.** Comparação entre as normais climatológicas de Santa Maria e Porto Alegre

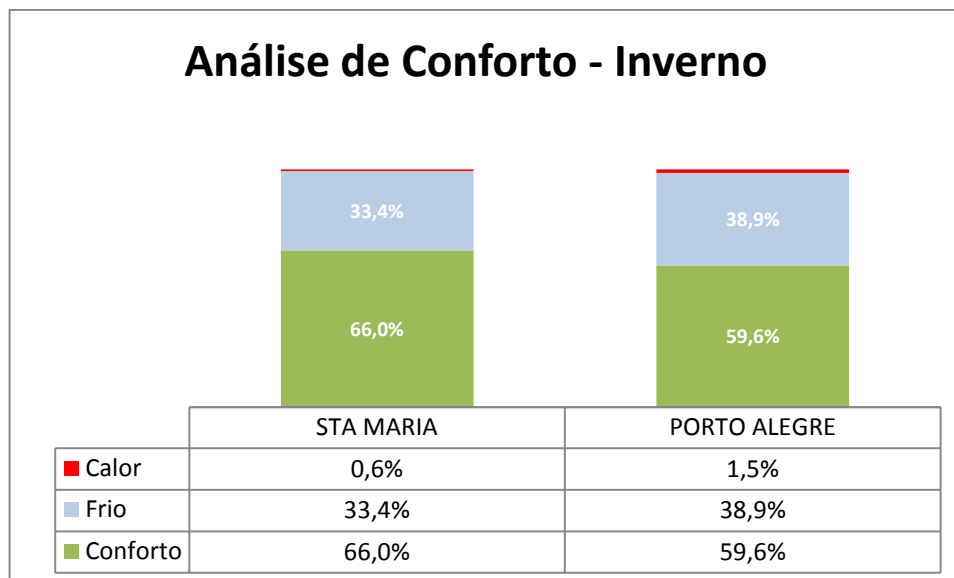
NORMAIS CLIMATOLÓGICAS	SANTA MARIA	PORTO ALEGRE
MÊS	% conforto	
JAN	56,12	73,17
FEV	51,44	60,26
MAR	63,56	80,44
ABR	65,54	77,67
MAI	39,80	45,06
JUN	12,12	16,09
JUL	15,84	18,89
AGO	23,24	26,96
SET	36,79	43,69
OUT	60,17	68,09
NOV	80,03	89,69
DEZ	92,30	94,97



**Gráfico 1** – Análise de conforto para o ano todo com base em simulações computacionais – comparação Santa Maria e Porto Alegre



**Gráfico 2** – Análise de conforto para o verão com base em simulações computacionais – comparação Santa Maria e Porto Alegre



**Gráfico 3** – Análise de conforto para o inverno com base em simulações computacionais – comparação Santa Maria e Porto Alegre

A comparação entre as normais e os dados gerados na simulação, com os arquivos climáticos (TRY) de Santa Maria e Porto Alegre, apresentaram resultados não esperados, pois havia a indicação da obtenção de índices de conforto maiores para o arquivo de Porto Alegre, onde o conforto externo mostrado pelas normais climatológicas é superior em todos os meses. Devido às discrepâncias verificadas na simulação do caso-base, que indicou um maior conforto na habitação com o arquivo climático de Santa Maria, optou-se pela utilização do TRY de Porto Alegre, apesar de ser de uma zona bioclimática diferente de Pelotas.

A edificação foi então simulada levando-se em conta a ocupação por uma família de 4 pessoas, com uma rotina de ocupação pré-definida, assim como ganhos internos compostos pelo sistema de iluminação e aparelhos, na opção *lumped* ( $25\text{W}/\text{m}^2$ ). A mesma foi simulada com a utilização de ventilação natural calculada pelo programa *DESIGNBUILDER*, com abertura total dos vidros (50% da área, janela tipo basculante). O *setpoint* da temperatura interna para abertura dos vidros foi definido em  $25^\circ\text{C}$ , com base no trabalho de Martins et al (2009). Quanto às venezianas foi definida uma configuração padrão do programa *DESIGNBUILDER*, sendo que as mesmas ficam fechadas durante a noite ou quando a irradiância é superior a  $120\text{W}/\text{m}^2$ .

Foram definidas cinco configurações para a edificação. A primeira com os materiais realmente utilizados na edificação. Cabe salientar que, para as demais configurações, a estratégia projetual relacionou-se ao aumento do isolamento térmico e pintura com cor de baixa absorção solar no plano horizontal, aumento da massa térmica e pintura com cor de baixa absorção solar no plano vertical, da colocação de venezianas nos fechamentos transparentes e uma última com uma compilação das alternativas anteriores, conforme tabela 2.

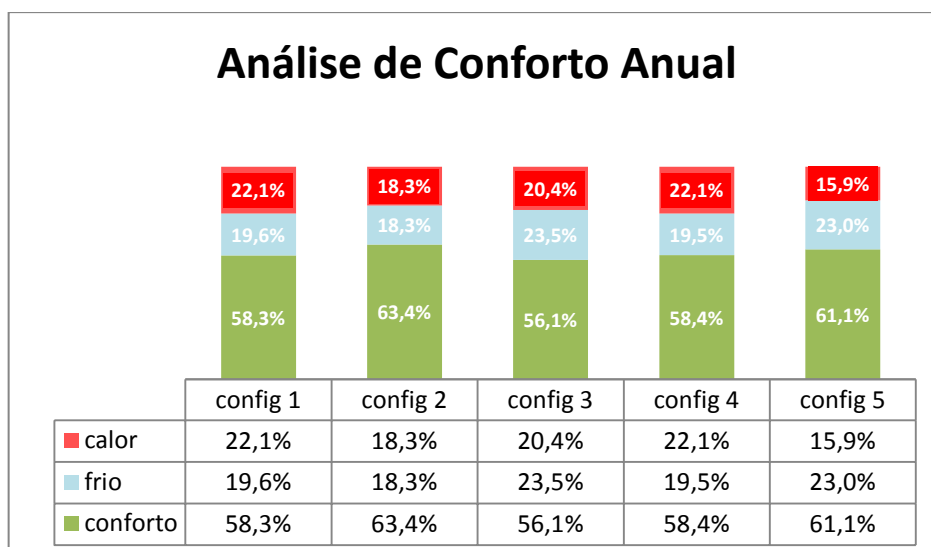
**Tabela 2.** Características dos fechamentos definidos na simulação

Edificação	Paredes externas	Cobertura	Venezianas
Configuração 1	Caso base U = 3,081 W/m <sup>2</sup> K ABS = 0,5	Caso base U = 6,835 W/m <sup>2</sup> K ABS = 0,7	não
Configuração 2	Caso base U = 3,081 W/m <sup>2</sup> K ABS = 0,5	Com isolamento térmico (manta de lã de vidro 4cm) U = 0,830 W/m <sup>2</sup> K ABS = 0,2	não
Configuração 3	Com maior massa térmica (parede de 25cm) U = 2,120 W/m <sup>2</sup> K ABS = 0,2	Caso base U = 6,835 W/m <sup>2</sup> K ABS = 0,7	não
Configuração 4	Caso base U = 3,081 W/m <sup>2</sup> K ABS = 0,5	Caso base U = 6,835 W/m <sup>2</sup> K ABS = 0,7	sim
Configuração 5	Com maior massa térmica (parede de 25cm) U = 2,120 W/m <sup>2</sup> K ABS = 0,2	Com isolamento térmico (manta de lã de vidro 4cm) U = 0,830 W/m <sup>2</sup> K ABS = 0,2	sim

## 4. ANÁLISE DE RESULTADOS

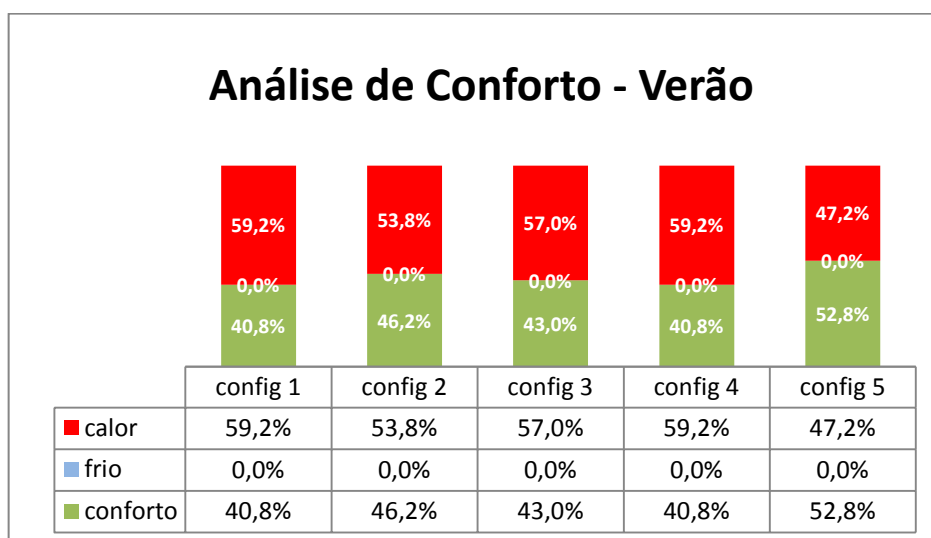
### 4.1 Análise de arquivo TRY

Para esta análise foi utilizado o programa *Analisis Bio* (UFSC, 2009), onde, em um primeiro momento, foi gerado o arquivo TRY para cada configuração, nos meses de verão, inverno e no ano todo. Através da simulação computacional para cada configuração foram definidas as temperaturas e umidades relativas do ar internas na edificação e, através da utilização do programa *Analisis Bio*, foram gerados os arquivos TRY. A utilização deste programa permite observar as horas de conforto e desconforto pelo frio e calor através da avaliação de dados climáticos plotados sobre uma carta bioclimática. O programa utiliza a carta proposta por Givoni (1992), na qual os limites máximos de conforto foram expandidos, considerando a aclimação de pessoas que vivem em países de clima quente e em desenvolvimento. Nos gráficos 4, 5 e 6 ilustram-se as compilações das análises das 5 configurações de envelope considerando 3 situações: ano todo, verão e inverno.

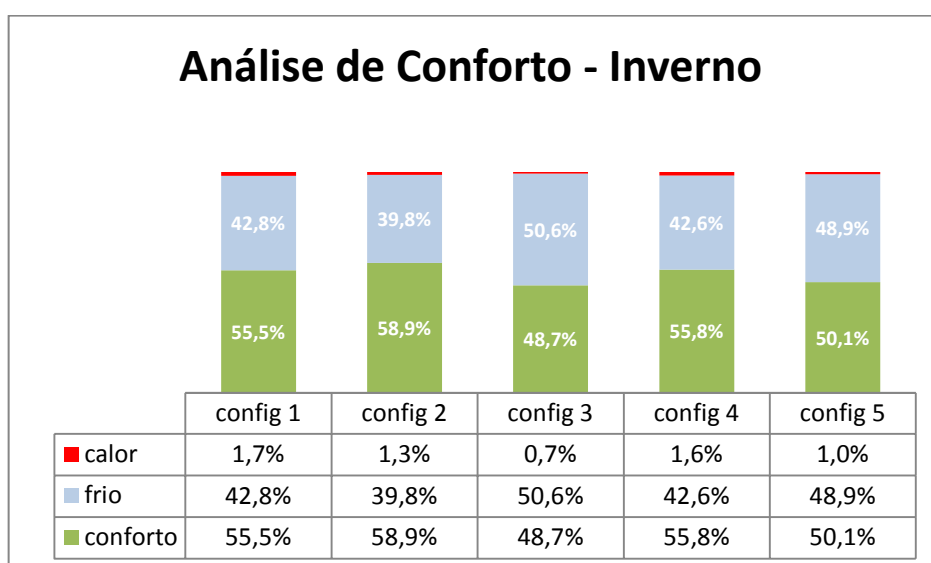


**Gráfico 4** – Análise de conforto para o ano todo – configurações 1, 2, 3, 4 e 5





**Gráfico 5** – Análise de conforto para as condições de verão – configurações 1, 2, 3, 4 e 5



**Gráfico 6** – Análise de conforto para as condições de inverno – configurações 1, 2, 3 e 4

A configuração 2 (cobertura isolada e branca) apresentou os melhores resultados tanto para o inverno quanto para o ano todo. Na análise de conforto anual esta configuração foi a única que aumentou de forma significativa as horas de conforto, com um acréscimo de 5,1% (447 horas). Analisando-se o período de inverno a mesma configuração se mostrou a mais indicada, porém o percentual de horas em que o conforto aumentou foi de 3,4% (50 horas). Já em relação ao período de verão a configuração 5, que é a compilação das diversas alternativas, foi a que obteve maior índice de conforto (52,8%).

## 5. CONCLUSÕES

Com os resultados obtidos pode-se propor a pintura de branco e o isolamento da cobertura (configuração 2) da edificação como uma estratégia eficaz para aumentar o conforto em todas as estações, em relação ao caso-base. Esta configuração, além de evitar ganhos indesejáveis de calor no

verão, quando a maior incidência de radiação solar é pela cobertura, impede a saída de calor que entra pelas paredes e pelas superfícies transparentes no inverno, mantendo por mais tempo a temperatura de conforto no interior da edificação. A configuração 5, porém, que apresentou excelentes resultados no período de verão, no inverno reduziu as horas de conforto em relação ao caso-base. Deve ser melhor estudada em trabalhos futuros, em função de que a configuração padrão do programa escolhida para as venezianas (fechadas à noite ou quando a irradiância ultrapassa 120W/m<sup>2</sup>) prejudica a entrada de radiação solar pelas aberturas, reduzindo a temperatura interna da edificação e, conseqüentemente, as horas de conforto no período.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR15220** - *Desempenho térmico de edificações*, Rio de Janeiro:ABNT, 2005.
- GIVONI, B. *Performance and applicability of passive and low-energy cooling systems*. In: **Energy and Buildings**, Vol. 17, pp.177-179, 1991.
- LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando. *Eficiência Energética na Arquitetura*. São Paulo, PW, 1997.
- MARTINS, David; RAU, Sabrina; RECKZIEGEL, Simone; FERRUGEM, Anderson; SILVA, Antônio César. *Ensaio sobre a utilização da automação de aberturas na simulação do desempenho térmico de edificações*. In: X Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, Natal, RN, 2009.
- SCHILLER, S. DE. ET AL *Relevância de “proyescos demostratovps” de bajo impacto ambiental e eficiencia energética*. Curso de Diseño y Urbanismo, Centro de Investigación Habitat e Energia, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina, 2002.
- AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS - ASHRAE. ANSI/ASHRAE. **ASHRAE Standard 140-2004**: Standard Method of Test for the Evaluation of Building Energy Analysis Computer Programs. Atlanta, 2004.
- DESIGNBUILDER. DesignBuilder Software. Versão 2.0.4.001(*trail*), 2000 - 2009.
- ENERGYPLUS SOFTWARE. Versão 3.1. 2009.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA – Software ANALYSIS BIO Versão 2.1.5. 2009.