



XIENCAC
ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO
NO AMBIENTE CONSTRUÍDO

VIIELACAC
ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO
NO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Búzios - RJ - 2011

[Digite texto]

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO DE HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL EM PELOTAS/RS: SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DE DIFERENTES SISTEMAS DE FECHAMENTOS VERTICAIS

Francisco Lucas (1); Jeferson Salaberry (2); Marcelo Terres (3); Marisa Pötter (4); Eduardo da Cunha (5); Antônio César Baptista da Silva (6)

(1, 2, 3 e 4) Arquitetos, Mestrandos do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo UFPel, f_luks@msn.com; jeferson_sallaberry@hotmail.com; terres@pelotas.ifsul.edu.br ; marisa.potter@hotmail.com

(5 e 6) Drs. Professores do Departamento de Tecnologia da Construção, DTC, egcunha@terra.com.br; acsbs@uol.com.br

Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós- graduação em Arquitetura e Urbanismo, Rua Benjamin Constant, n. 1359 Pelotas/ Rio Grande do Sul
Cep: 96010-020, Tel.: (53) 3721-5501

RESUMO

Os programas de simulação computacional são importantes instrumentos para análise do desempenho térmico e energético das edificações, em especial para Habitação de Interesse Social (HIS), já que nesta tipologia a repetição de uma unidade padrão é bastante recorrente. A definição de materiais e técnicas construtivas tem, na maioria dos casos, como pressuposto básico, a minimização de custos, geralmente caracterizando um baixo desempenho térmico destas edificações, gerando descontentamento dos usuários pela falta de conforto e maior consumo de energia. Neste artigo buscou-se antecipar os resultados das soluções propostas na etapa de projeto, através de simulações computacionais utilizando o *software Design Builder*, avaliando o desempenho de diferentes configurações nos fechamentos verticais de uma HIS, situada na cidade de Pelotas/RS. A partir das configurações de um Caso Base, foram feitas modificações obedecendo às diretrizes construtivas da NBR 15.220 (Desempenho Térmico de Edificações) para a Zona Bioclimática2. Os dados de temperatura e umidade relativa do ar internos gerados em cada simulação foram plotados na Carta Bioclimática de Givoni através da utilização do *software AnalysisBio*, podendo comparar os desempenhos. Também foram observadas as trocas térmicas dos fechamentos verticais em dois dias do ano, caracterizados pela máxima e mínima temperatura, situações extremas de calor e frio, verificando o desempenho dos fechamentos em condições diferentes. Os resultados mostraram que as modificações propostas em apenas um dos elementos construtivos de uma edificação, não produziram as melhorias esperadas pelas diretrizes da Norma, evidenciando que as modificações devem ser pensadas em conjunto e não isoladas.

Palavras-chave: simulação computacional, habitação de interesse social (HIS); conforto ambiental; desempenho térmico de planos verticais.

ABSTRACT

The computer simulation programs are important tools for analysis of thermal and energy performance of buildings, especially for Social Interest Housing (SIH), since this type repeating a unit pattern is fairly frequent. The definition of construction materials and techniques have, in most cases, basic assumption, the minimization of costs, usually featuring a low thermal performance of these buildings, causing discontent among users for lack of comfort and increased energy consumption. In this article was found to anticipate the results of the proposed solutions in the design stage, through computer simulations using the software Design Builder, evaluating the performance of different configurations in the vertical elements of a SIH, located in Pelotas/ RS. From the configuration settings of a Base Case, modifications were made following the guidelines construction of the NBR 15.220 (Thermal Performance of Buildings) for the Bioclimatic Zone

2. The data of temperature and air humidity internally generated in each simulation were plotted in Givoni's Bioclimatic Charter, using the software AnalysisBio to compare the performances. Were also observed thermal exchanges of the vertical elements in two days of the year, characterized by maximum and minimum temperatures, extreme heat and cold, checking the performance in different conditions. The results showed that the proposed changes in only one of the constructive elements of an edification did not produce the expected improvements suggested by the guidelines of the Standard, indicating that changes must be thought together and not isolated.

Keywords: computer simulation, Social Interest Housing (SIH), environmental comfort, thermal performance of vertical elements

1. INTRODUÇÃO

O avanço de tecnologias computacionais que possibilitam a criação de programas de maior praticidade operacional, estimula o uso de simulações computacionais térmicas e energéticas das edificações por profissionais e acadêmicos. Apesar das simulações serem consideradas simplificações da realidade, elas se apresentam como ferramentas essenciais para avaliação das edificações. De acordo com Mendes et al. (2005) a avaliação do desempenho térmico e energético de edificações torna-se uma tarefa complexa, envolvendo muitas variáveis interdependentes e conceitos multidisciplinares. Nesse sentido, o uso do computador tornou-se fundamental para o desenvolvimento de modelos físicos que representem o comportamento termo-energético das edificações. Através da possibilidade de diferentes modelagens de uma grande complexidade de distintos sistemas construtivos e operacionais, pode-se buscar a otimização do funcionamento destes elementos, padronizando os resultados em relação às variáveis climáticas. Nas medições in loco, a interferência de usuários não especializados no acionamento dos dispositivos pode influenciar nos resultados obtidos.

O ambiente construído, devido ao aporte de energia e materiais que utiliza, resulta de atividades que estão entre as que geram maior consumo de recursos não renováveis e poluição ambiental. Tal deterioração do ambiente torna-se ainda mais relevante ao considerarmos que pode ser mais um fator de exclusão social, na medida em que atinge diretamente algumas populações, quase sempre as menos favorecidas, que comumente habitam as periferias de cidades, principalmente nos países em desenvolvimento.

Conforme estudos feitos por Romero e Ornstein (2003), as atividades convencionais da construção civil não consideram suficientemente os impactos ambientais inerentes. Conforme os autores, nas habitações de interesse social não se identificam preocupações relevantes com a qualidade ambiental ou com o conforto, sendo total ou parcialmente compensada a custa de maiores gastos de energia, principalmente elétrica.

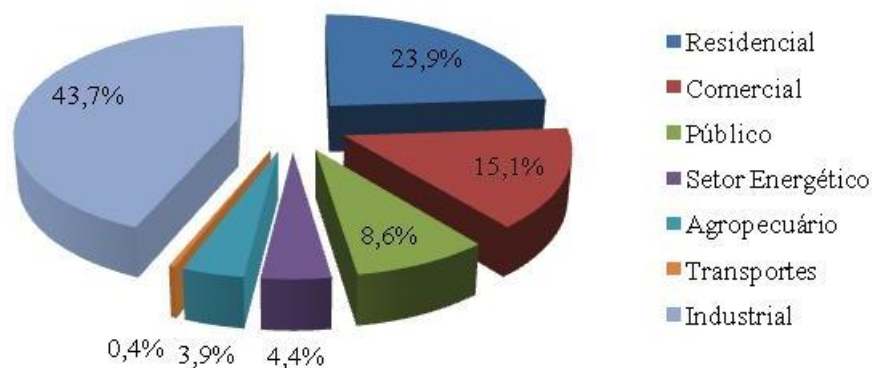


Figura 1 - Composição Setorial do Consumo de Eletricidade no Brasil (2009)

Fonte: Balanço Energético Nacional 2010 (base 2009) – EPE – MME

O crescimento da demanda total de energia elétrica entre 2008 e 2009 foi de 6,5% sendo que a previsão para 2010 era de 8%. Na figura 1 podemos observar as participações de cada setor. O consumo residencial corresponde por 23,9% e somado aos consumos comercial e público, totaliza 47,6%. Isto demonstra que as edificações são responsáveis pelo consumo de quase metade do consumo total de energia elétrica no Brasil, sendo que metade é consumida no setor residencial (EPE, 2010).

Decisões sustentáveis e ecologicamente corretas defendidas por muitos teóricos e profissionais na atualidade (ecologistas, arquitetos organicistas, biólogos, etc.) já têm apoio de parte considerável da população. Tais

decisões, presentes em todo o processo construtivo, resultariam em construções de menor custo ambiental e maior qualidade. Assim, um projeto arquitetônico que priorize o aproveitamento das estratégias bioclimáticas como: ventilação cruzada; iluminação e controle seletivo da radiação solar, utilização de vegetação adequada para proteção de ventos e sombreamento, determinam melhor conforto ao usuário e maior economia de energia.

A esse favor, com a elaboração da NBR 15.220 - Diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social (ABNT, 2005), e tendo em vista uma contribuição na busca de soluções sustentáveis para a melhoria da qualidade do ambiente construído, a partir da edificação de interesse social, com ênfase na obtenção de maior conforto ambiental é que se desenvolve o artigo apresentado, buscando antecipar os resultados decorrentes das tomadas de decisão na etapa de projeto. Através do *software Design Builder, versão 2.0* foi simulado o desempenho de uma configuração original, intitulada de “Caso Base”. Neste trabalho apresentam-se os resultados relativos às variações das configurações nos fechamentos verticais de uma habitação de interesse social (HIS) localizada na cidade de Pelotas/RS.

2. OBJETIVO

O objetivo do trabalho é avaliar o desempenho térmico de uma HIS, através da simulação computacional de diferentes configurações dos fechamentos verticais, utilizando o programa *Design Builder versão 2.0*, que usa os algoritmos do *Energy Plus*, para verificar os resultados decorrentes das alterações de um Caso Base, avaliando as recomendações da NBR 15.220 nas seguintes diretrizes construtivas:

- A) Redução do fator solar das paredes externas, com redução da sua absorvância, visando diminuir os ganhos térmicos pela radiação solar nos períodos quentes;
- B) Aumento da massa térmica das paredes internas, visando a manutenção do calor absorvido por elas no interior da edificação nos períodos frios;
- C) Aumento do isolamento das paredes externas, visando o aumento do atraso térmico tanto para períodos quentes como frios.

3. MÉTODO

O trabalho foi realizado em cinco etapas principais:

- 3.1 Caracterização da Habitação de Interesse Social (Caso Base);
- 3.2 Construção do Modelo Computacional;
- 3.3 Configuração do Modelo Computacional;
- 3.4 Geração dos dados de temperatura e umidade relativa do ar internas para análise do conforto térmico;

3.1 Caracterização da Habitação de Interesse Social (Caso Base)

O objeto de estudo é o projeto de uma Habitação de Interesse Social, implantada pela Caixa Econômica Federal em conjunto com a Prefeitura Municipal de Pelotas, RS com subsídios governamentais, destinado a famílias de baixa renda. A residência unifamiliar possui dois quartos, banheiro e sala integrada com cozinha. O pé direito é de 2,50m e a área total, de 36,90 m². As vedações externas são de tijolos furados rebocados com espessura de 15 cm e as internas são de tijolos maciços rebocados com espessura de 14 cm. A cobertura é feita de telha de fibrocimento, 6 mm, com forro PVC.

Com relação ao entorno, foi considerado que a edificação tem sua fachada principal direcionada ao norte e está isolada das divisas, situação que representa uma simplificação da realidade, pois a implantação muitas vezes diverge, podendo apresentar fachada voltada ao norte ou ao sul e/ou paredes laterais comuns às unidades vizinhas.

3.2 Construção do Modelo Computacional

Foi utilizado o programa *Design Builder*, que consiste numa ferramenta para simulação do desempenho térmico e energético da edificação. Foi desenvolvido o modelo computacional da residência unifamiliar de acordo com as especificações do projeto, possuindo quatro zonas térmicas: dois quartos, banheiro e sala integrada com cozinha.

A figura 2 ilustra as quatro zonas térmicas definidas no modelo, referentes aos compartimentos e a quinta referente ao ático.

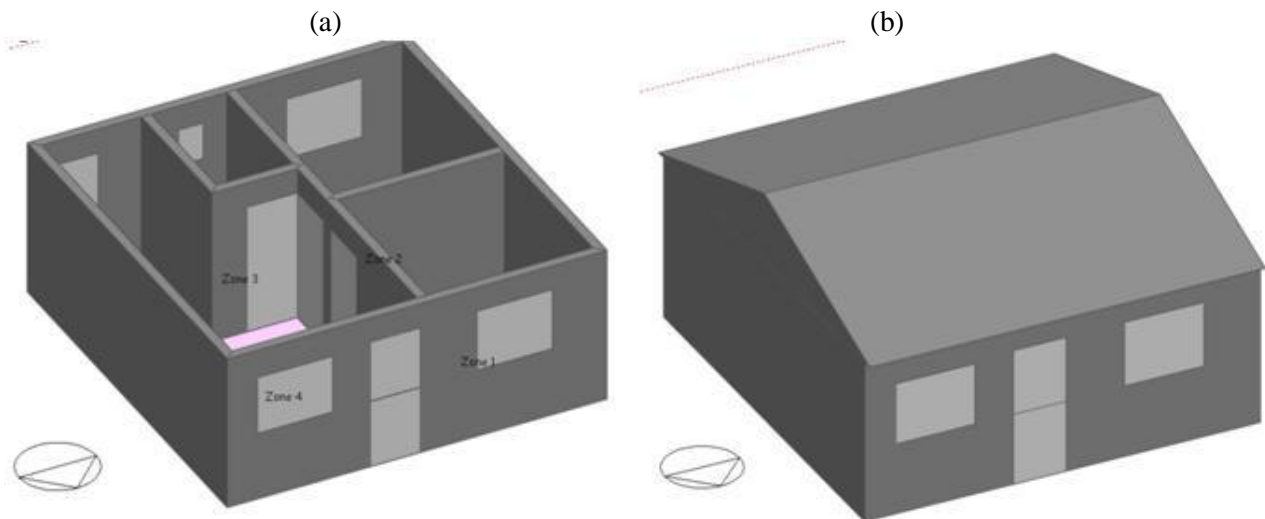


Figura 2 – Modelo da HIS no *DesignBuilder versão 2.0* (a) Zoneamento (b) Modelo em Perspectiva

3.3 Configuração do Modelo Computacional

A densidade de carga interna foi definida em 25 W/m^2 , considerando iluminação, ocupação e equipamentos. Para todas as simulações, a temperatura do solo foi considerada igual à temperatura média mensal. O arquivo climático usado para as simulações foi da cidade de Santa Maria/RS, tal escolha justifica-se por não haver dados para a cidade de Pelotas/RS. Ambas situam-se na Zona Bioclimática 2.

As estratégias adotadas nas simulações consistem em, a partir do Caso Base, isto é, do modelo da residência de referência com suas especificações de projeto, simular quatro tipos de configurações dos planos verticais. São eles: dois diferentes padrões de absorvância das paredes externas, incremento de massa térmica nas paredes internas e por último, aumento do isolamento das paredes externas, conforme a tabela 1 e descritos abaixo.

Nos fechamentos horizontais do Caso Base, foram utilizadas externamente paredes de tijolos furados rebocados com espessura de 15 cm, pintada na cor areia ($\alpha = 50 \%$) e parede interna de tijolos maciços rebocados com espessura de 14 cm. Na Configuração 1, diminuiu-se a absorvância das paredes externas, alterando para cor branca ($\alpha = 20 \%$). Para essa configuração, esperava-se obter menor absorção energética no período de verão. Na Configuração 2, diminuiu-se a absorvância das paredes externas, alterando para cor verde claro ($\alpha = 40 \%$). Para essa configuração, esperava-se obter absorção térmica intermediária no período de verão. Na Configuração 3, foi preservada a alteração da absorvância da Configuração 1, e também foi alterada a espessura das paredes internas, o tijolo maciço de 11 cm foi substituído por tijolo maciço de 15 cm, transformando a parede de espessura total de 14 cm para 18 cm, aumentando sua massa térmica. Com esta alteração, pretende-se um maior armazenamento de calor durante o dia com o objetivo da dissipação deste calor no ambiente durante à noite, quando as temperaturas caem, contribuindo para melhorar o conforto em período frio. Na Configuração 4, foram preservadas as alterações da Configuração 1 e da Configuração 3, e também foi alterada a espessura da parede externa, o tijolo furado de 10 cm foi substituído por tijolo furado de 19 cm, transformando a parede de espessura total de 15 cm para 24 cm, aumentando seu isolamento térmico. O resultado esperado com esta alteração é aumentar o atraso térmico minimizando as trocas térmicas em períodos de maior variação da temperatura exterior.

Tabela 1 – Valores das variáveis utilizadas nas diferentes configurações

	Paredes	Material	Espessura tijolo + reboco	Espessura Total	Absortância	Transmitância U (W/m ² K)
Caso base	Externas	Tijolo furado	10 + 2 x 2,5	15 cm	$\alpha = 0,5$	3,08
	Internas	Tijolo maciço	11 + 2 x 1,5	14 cm	-	3,14
Configuração 1	Externas	Tijolo furado	10 + 2 x 2,5	15 cm	$\alpha = 0,2$	3,08
	Internas	Tijolo maciço	11 + 2 x 1,5	14 cm	-	3,14
Configuração 2	Externas	Tijolo furado	10 + 2 x 2,5	15 cm	$\alpha = 0,4$	3,08
	Internas	Tijolo maciço	11 + 2 x 1,5	14 cm	-	3,14
Configuração 3	Externas	Tijolo furado	10 + 2 x 2,5	15 cm	$\alpha = 0,2$	3,08
	Internas	Tijolo maciço	15 + 2 x 1,5	18 cm	-	2,84
Configuração 4	Externas	Tijolo furado	19 + 2 x 2,5	24 cm	$\alpha = 0,2$	2,36
	Internas	Tijolo maciço	15 + 2 x 1,5	18 cm	-	2,84

3.4 Geração dos dados de temperatura e umidade relativa do ar internas para análise do conforto térmico

Para avaliar os resultados das simulações, os dados de temperatura interna e umidade relativa do ar interna gerados em cada configuração pelas simulações no *Design Builder* foram plotados através do programa *Analysis BIO versão 2.1.5* (LabEEE/UFSC, 2009) na Carta Bioclimática de Givoni (1991). Assim temos um comparativo entre as situações de conforto, desconforto por calor e por frio para cada configuração. A Figura 3 mostra um exemplo destas plotagens, onde se verifica se os resultados estão ou não dentro dos limites de conforto estabelecidos.

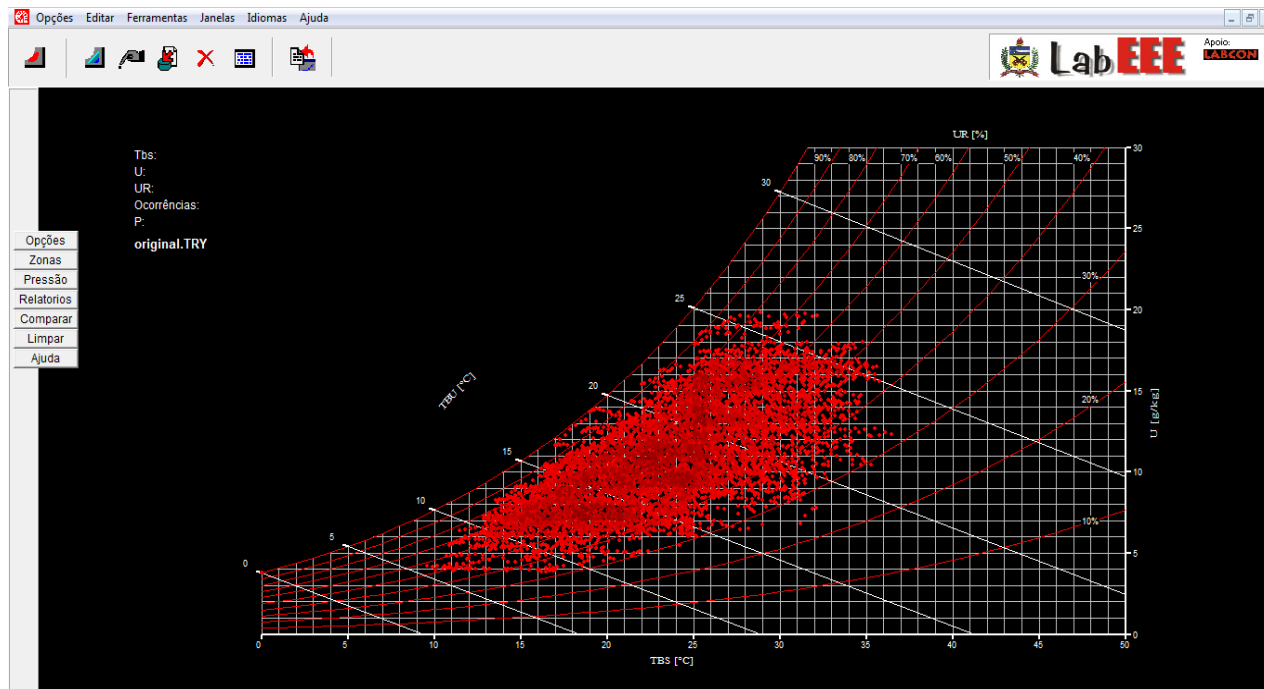


Figura 3 – Plotagem dos dados de temperatura e umidade relativa do ar na Carta Bioclimática (Caso Base)

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES

Podemos observar na Figura 4, que os resultados obtidos nas alterações das diferentes configurações, em relação ao Caso Base, resultaram numa piora nos níveis gerais de conforto da edificação, tendo melhorado em relação ao desconforto por calor, mas piorado em relação ao desconforto por frio.

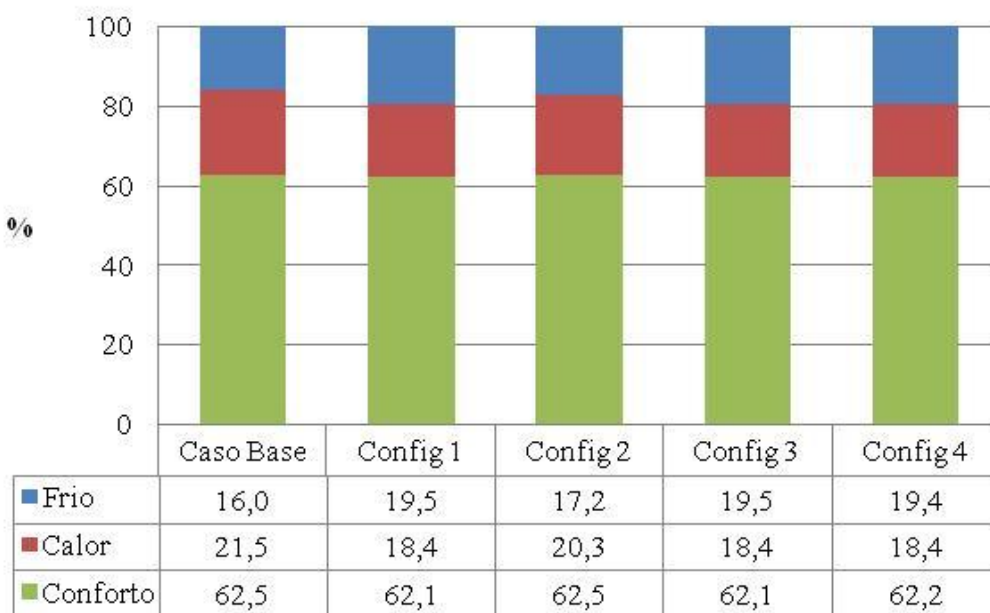


Figura 4 – Resultados das diferentes Configurações plotadas na Carta Bioclimática de Givoni

Para analisarmos melhor os resultados, buscou-se verificar o desempenho da edificação em dois dias do ano, caracterizados pela maior temperatura máxima (23 de janeiro) e menor temperatura mínima (04 de agosto). Assim buscou-se verificar as trocas de calor dos principais elementos construtivos da edificação em situações de frio e calor extremos.

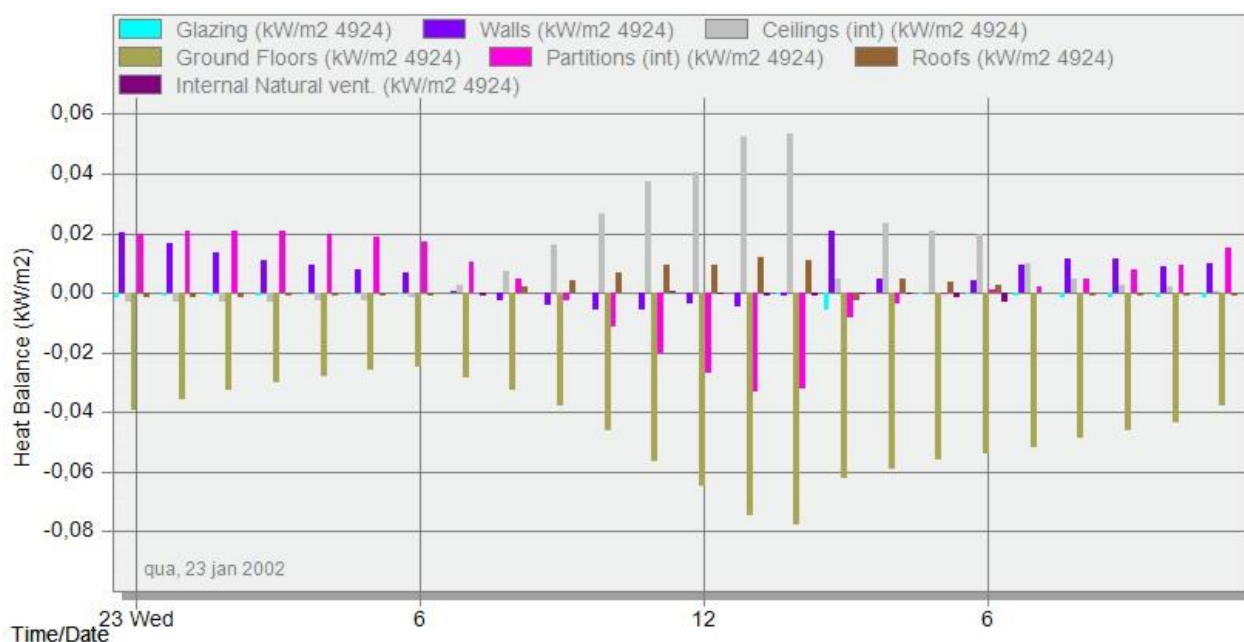


Figura 5 – Balanço Térmico, 23 de Janeiro, Caso Base.

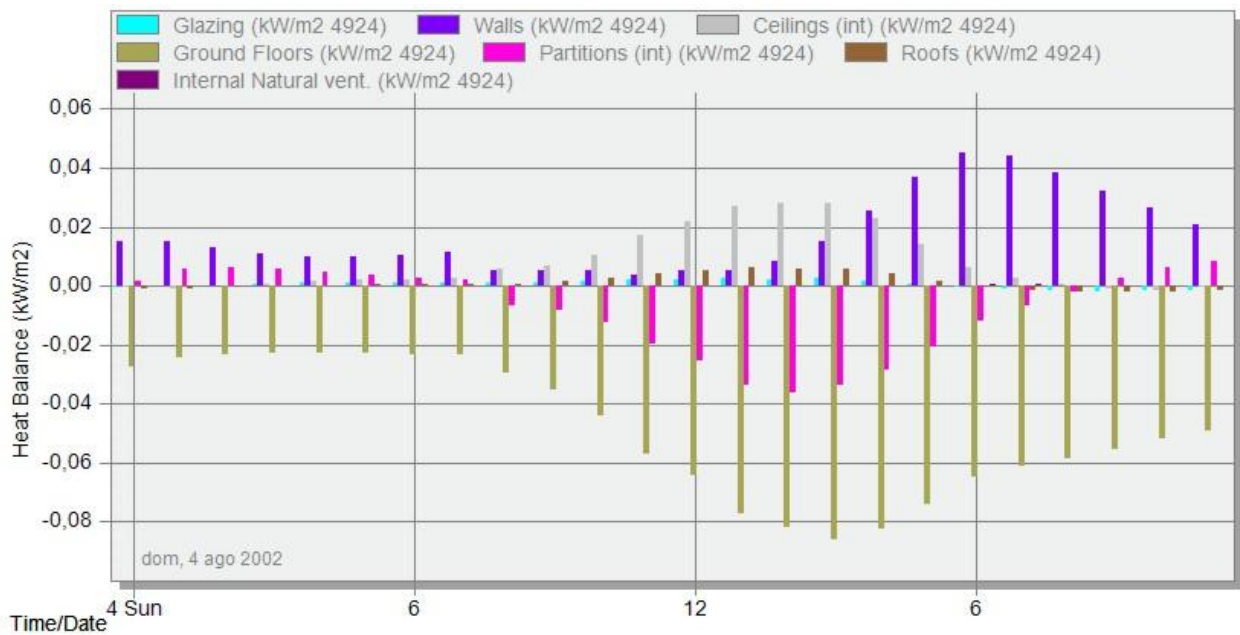


Figura 6 – Balanço Térmico, 04 de Agosto, Caso Base.

Fez-se uma análise do Caso Base para poder avaliar como as alterações das diferentes configurações modificaram o desempenho da edificação. Observa-se que no dia 23 de janeiro, as paredes externas forneceram calor à edificação desde o início da madrugada até as 7 h. A partir deste horário a edificação perdeu calor pelas paredes externas até as 17 h quando voltou a ganhar até o fim do dia. Percebe-se que no período em que a edificação perdeu calor pelas paredes externas, ela estava recebendo bastante calor pela cobertura. As paredes internas apresentaram um desempenho semelhante às externas, variando um pouco na intensidade das trocas. No dia 04 de agosto as paredes externas forneceram calor à edificação durante todo o dia, tendo diminuído este ganho no período em que a edificação recebeu maior calor pela cobertura, entre 10 e 15 h. Já as paredes internas forneceram um pouco de calor desde o início da madrugada, mas a partir das 8 h começaram a retirar calor da edificação até as 20 h, a partir daí voltaram a fornecer calor à edificação. Debita-se à baixa inércia das paredes internas esta perda de calor da edificação durante todo dia, para que elas pudessem recuperar o calor fornecido à edificação à noite.

De uma maneira geral, o comportamento da edificação com as outras configurações foi semelhante ao Caso Base nestes dias específicos, tendo havido apenas uma pequena variação na intensidade das trocas de calor. Assim optou-se por comparar os desempenhos dos fechamentos verticais de todas as configurações, para avaliar como eles influenciaram no resultado dos níveis de conforto obtidos pela análise da Carta Bioclimática, mostrados na Figura 4.

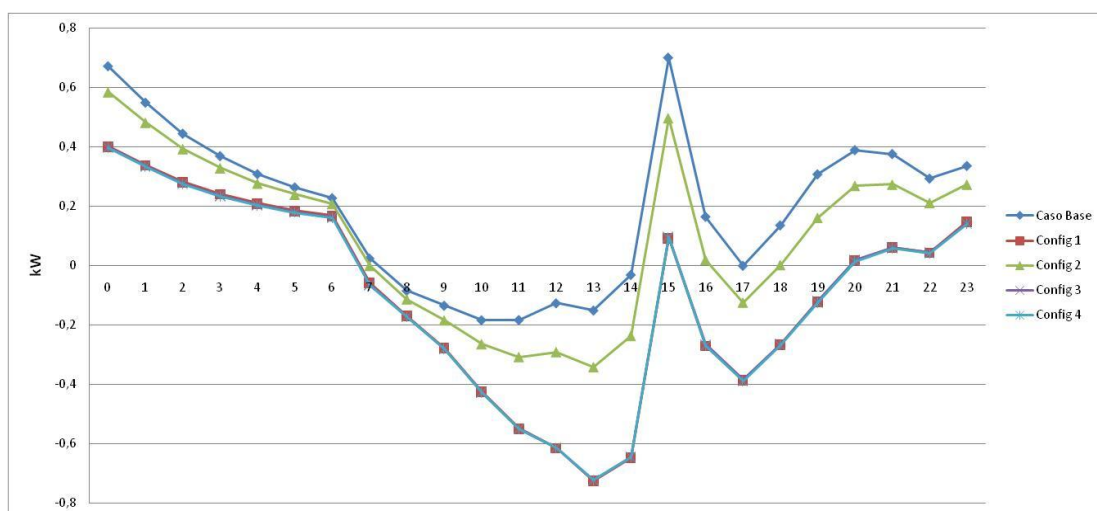


Figura 7 – Trocas de Calor através das paredes externas – 23 de Janeiro.

Na Figura 7, evidencia-se que a alteração nas absorptâncias das paredes externas foi o fator mais significativo nas trocas de calor. No Caso Base, onde a absorptância é de 50 %, durante todo o dia os ganhos de calor foram maiores, confirmando o seu pior desempenho em relação ao desconforto por calor mostrado na Figura 4 (21,5 %). Na Configuração 2, onde a absorptância é de 40 %, os ganhos de calor foram intermediários, confirmando este desempenho em relação ao desconforto por calor mostrado na Figura 4 (20,3 %). Já nas Configurações 1, 3 e 4, onde a absorptância é de 20 %, os ganhos de calor foram menores, confirmando os melhores desempenhos em relação ao desconforto por calor mostrado na Figura 4 (18,4 %).

O desempenho das paredes externas nas configurações 1, 3 e 4 são tão semelhantes que as linhas empilham-se na Figura 7. O aumento da massa térmica das paredes internas nas Configurações 3 e 4 e o aumento do isolamento das paredes externas na Configuração 4, não resultaram em melhoras no desempenho da edificação, provavelmente porque a diminuição da absorptância destas três configurações seja mais relevante, no que diz respeito ao desempenho térmico do espaço interior, do que o aumento do atraso térmico.

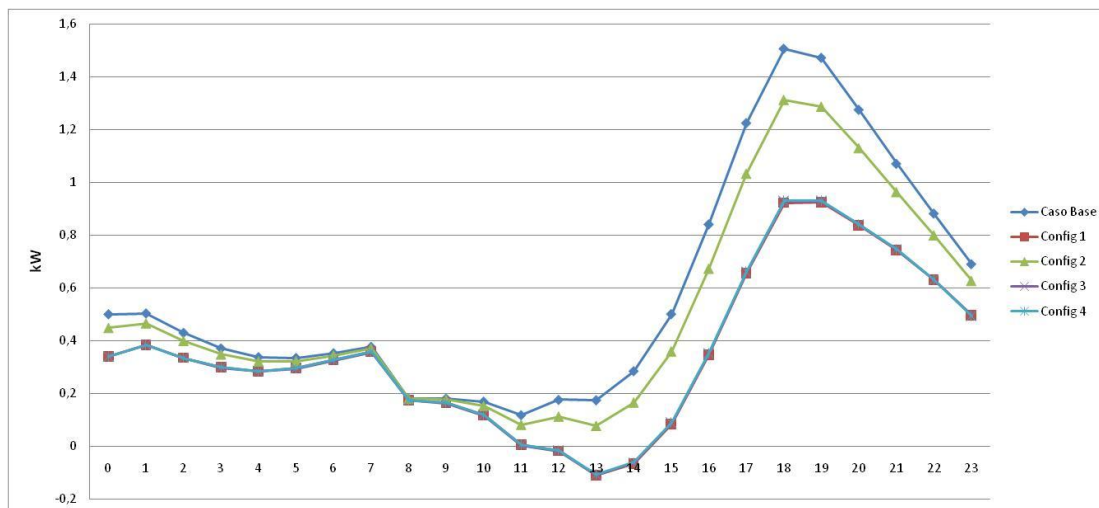


Figura 8 – Trocas de Calor através das paredes externas – 04 de Agosto.

Da mesma maneira que a maior absorptância das paredes externas do Caso Base confirmou o pior resultado para desconforto por calor, confirmou também o melhor resultado em relação ao desconforto por frio, já que o maior ganho durante todo o dia em relação às outras configurações, fez com que o calor absorvido resultasse em menor desconforto por frio (16 %).

A Configuração 2, com absorptância intermediária, também confirmou um desempenho intermediário para o desconforto por frio (17,2 %). As Configurações 1, 3 e 4, com menor absorptância, confirmaram o pior desempenho em relação ao desconforto por frio (19,5 %). Novamente evidencia-se que o aumento do isolamento das paredes externas na Configuração 4, não foi significativo para o desempenho da edificação.

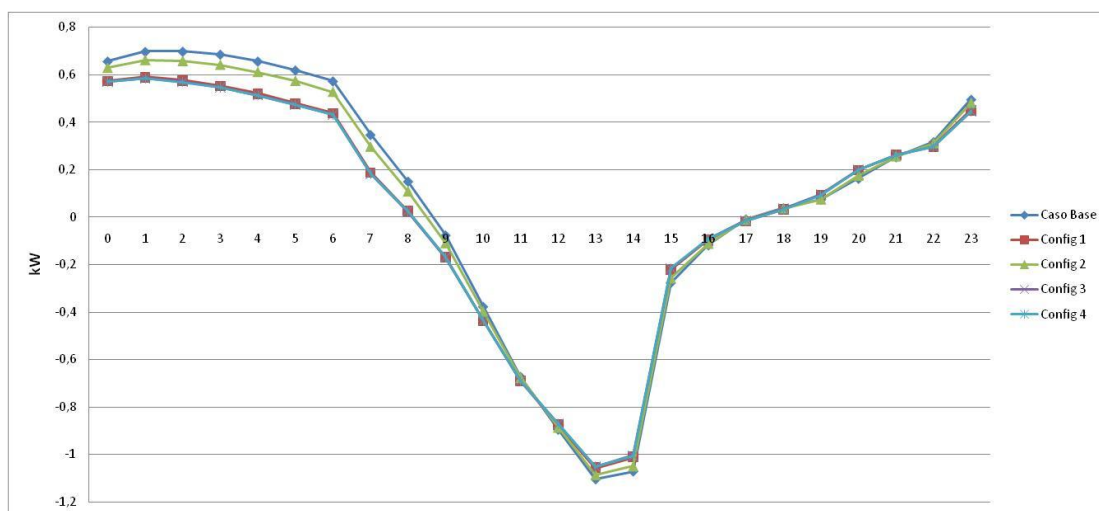


Figura 9 – Trocas de Calor através das paredes internas – 23 de Janeiro.

O Caso Base e a Configuração 2, respectivamente com absorvância de 50 e 40 %, tiveram os piores desempenhos para o desconforto por calor. Na Figura 9 podemos observar que mesmo com menor massa térmica nestas configurações, as paredes internas forneceram maior calor à edificação, desde o início da madrugada até as 11 h, tendo a partir daí um comportamento semelhante. Para os períodos quentes isto contribuiu para piorar o desconforto por calor da edificação nestas configurações, logo os ganhos das paredes externas foram mais significativos que a inércia térmica das paredes internas.

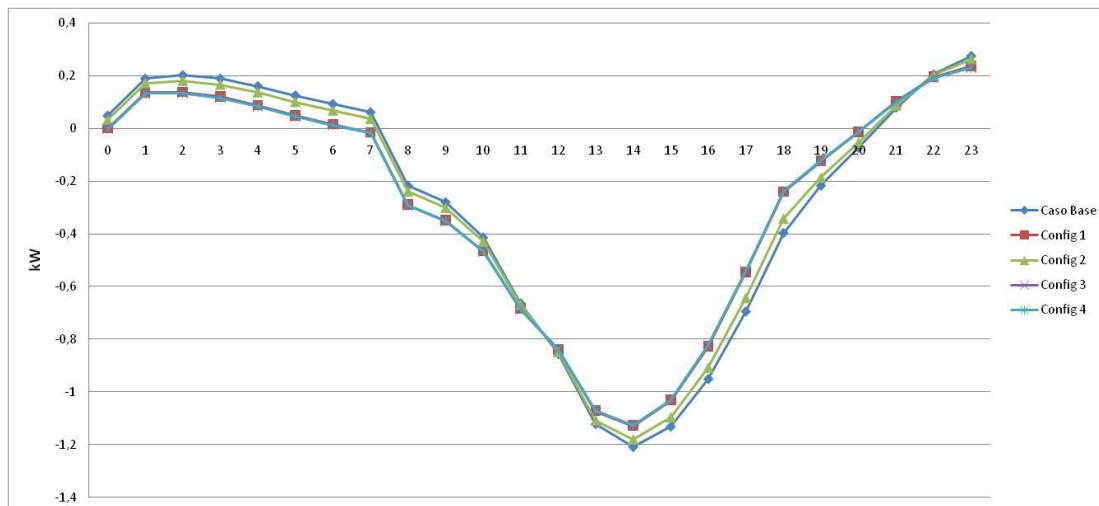


Figura 10 – Trocas de Calor através das paredes internas – 04 de Agosto.

Podemos observar na Figura 10, que novamente no Caso Base e na Configuração 2, as paredes internas forneceram maior calor ou tiraram menos calor do ambiente interior desde o início da madrugada até o fim da manhã, mesmo tendo menor massa térmica nestas configurações. Para os períodos frios isto contribuiu para melhorar o desconforto por frio da edificação nestas configurações. A partir daí, as paredes internas destas configurações tiraram um pouco mais de calor da edificação, equilibrando os desempenhos no fim do dia, piorando um pouco o seu desempenho para períodos de frio. Logo, em parte, a maior massa térmica das paredes internas ajudou no desempenho das outras configurações.

Ao avaliar os resultados das modificações das diferentes configurações da edificação, baseadas nas diretrizes construtivas da NBR 15.220 – Desempenho Térmico de Edificações, foi constatado que os níveis gerais de conforto não sofreram alterações significativas, conforme tabela 2.

Na Configuração 1, ao reduzir a absorvância das paredes externas, houve uma melhora do desempenho da edificação, em relação ao Caso Base, quanto ao desconforto por calor de 3,1 pontos percentuais, confirmando a hipótese de que ao sofrerem menor absorção de calor nos períodos quentes, estas paredes diminuiriam sua contribuição em relação aos ganhos térmicos da edificação. Em compensação, a redução desta absorção fez com que o desconforto por frio aumentasse 3,5 pontos percentuais, piorando o desempenho neste período. Em relação ao desempenho durante o ano inteiro, esta alteração resultou numa piora de 0,4 pontos percentuais no nível de conforto.

Na Configuração 2, quando a redução da absorvância das paredes externas em relação ao Caso Base foi menor do que na Configuração 1, o comportamento foi similar à esta, mas com uma variação menor. Houve uma melhora de 1,2 pontos percentuais em relação ao desconforto por calor e uma piora de 1,2 pontos percentuais em relação ao desconforto por frio, equilibrando o balanço em relação ao desempenho da edificação durante o ano inteiro.

Na Configuração 3, foi mantida a alteração da absorvância das paredes externas da Configuração 1, havendo também um aumento da massa térmica das paredes internas, o que deveria ajudar a manter o calor dentro da edificação nos períodos frios. Esta hipótese não se verificou, sendo os resultados iguais ao da Configuração 1.

Na configuração 4, foi mantida a alteração da absorvância das paredes externas da Configuração 1, foi mantido o aumento da massa térmica das paredes internas da Configuração 3 e aumentou-se o isolamento das paredes externas, visando diminuir as trocas de calor entre o interior e o exterior da edificação. O resultado foi muito semelhante em relação aos obtidos nas configurações 1 e 3, apresentando uma melhora em relação ao desconforto por frio em 0,1 ponto percentual e igual resultado em relação ao desconforto por calor.

Tabela 2 – Comparativo, em pontos percentuais, das variações dos desempenhos em relação ao Caso Base

	Desconforto		Conforto
	Frio	Calor	
Configuração 1 $\alpha = 0,2$ U = 3,08 (paredes externas) U = 3,14 (paredes internas)	+ 3,5	- 3,1	- 0,4
Configuração 2 $\alpha = 0,4$ U = 3,08 (paredes externas) U = 3,14 (paredes internas)	+ 1,2	- 1,2	0,0
Configuração 3 $\alpha = 0,2$ U = 3,08 (paredes externas) U = 2,84 (paredes internas)	+ 3,5	- 3,1	- 0,4
Configuração 4 $\alpha = 0,2$ U = 2,36 (paredes externas) U = 2,84 (paredes internas)	+ 3,4	- 3,1	- 0,3

5. CONCLUSÕES

A semelhança dos resultados dos desempenhos das Configurações 1, 3 e 4, todas com a mesma redução da absorvância das paredes externas, independente das outras estratégias usadas para melhorar o desempenho da edificação, indicam que a condutividade dos elementos do fechamento vertical externo não é tão importante quando sua absorvância é muito baixa. Ao absorver menos calor, tanto a parede externa da Configuração 1 ($U=3,08 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$), como a da Configuração 4 ($U=2,36 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$), tiveram um desempenho muito semelhante em relação aos níveis de conforto.

Quanto à alteração das massas térmicas das paredes internas, pode-se observar que no dia 23 de Janeiro as paredes internas do Caso Base e da Configuração 2 forneceram maior calor à edificação no início do dia, tendo portanto acumulado maior calor em função da maior temperatura interna da edificação do que em função da sua menor massa térmica. Novamente as absorvâncias maiores destas configurações foram mais significativas que a estratégia adotada. No dia 04 de Agosto as paredes internas do Caso Base e da Configuração 2 também forneceram maior calor à edificação no início do dia, superando novamente a estratégia. Porém a partir das 12 h, percebe-se que a maior massa térmica das paredes internas fez com que elas perdessem menos calor, verificando em parte a eficiência da estratégia.

Assim sendo, as estratégias para melhorar o desempenho das edificações devem ser pensadas em conjunto. Modificações apenas nos planos verticais em edificação de um pavimento não foram relevantes para obter uma melhora do desempenho em relação ao conforto térmico da edificação, tendo as variações nas absorvâncias sido mais significativas em relação às outras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

_____. **NBR 15220-3: Desempenho térmico das edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e estratégias de condicionamento térmico passivo para habitações de interesse social**. Rio de Janeiro, 2005.

Design Builder. Software Design Builder – Versão 2.0.4.001(Trail), 2000 – 2009.

Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético Nacional 2010: Ano base 2009** – Rio de Janeiro: EPE, 2010.

GIVONI, B. *Performance and applicability of passive and low-energy cooling systems*. In: *Energy and Buildings*, 1991.

MENDES, N.; WESTPHAL, F. S.; LAMBERTS, R.; NETO, J. A. B. C. **Uso de instrumentos computacionais para análise do desempenho térmico e energético de edificações no Brasil**. Ambiente Construído, Porto Alegre, V.5, N.4, P. 47-68, OUT./DEZ. 2005.

ROMERO, M. A.; ORNSTEIN, S. W. **Avaliação Pós-Ocupação: métodos e técnicas aplicados à habitação social**. Porto Alegre, 2003: ANTAC (Coleção HABITARE), 294 p.

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina. *Software Analysis Bio – Versão 2.1.5. 2009*.