



## **AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DE DIFERENTES FECHAMENTOS HORIZONTAIS E VERTICAIS NO DESEMPENHO TERMO-ENERGÉTICO DE UM EDIFÍCIO EDUCACIONAL NA CIDADE DE PELOTAS, RS**

**Guilherme Santos (1); Jaqueline Berger (2); Raquel Hiller (3); Singoala Miranda (4); Vanessa Signorini (5); Eduardo Grala da Cunha (6); Liader da Silva Oliveira (7)**

(1) Arquiteto, aluno do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, guilherme.stos@gmail.com

(2) Arquiteta, mestranda do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, jackeberger@hotmail.com

(3) Arquiteta, aluna do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, raquel.hiller@gmail.com

(4) Arquiteta, mestranda do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, jackeberger@hotmail.com

(5) Arquiteta, mestranda do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, vanessasignorini@hotmail.com

(6) Dr, Professor do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, eduardogralacunha@yahoo.com.br

(7) Eng. Eletricista, aluno do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, liader@globo.com  
Universidade Federal de Pelotas, Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Pelotas-RS,  
Tel.: (53) 3284 5500

### **RESUMO**

A busca por edificações mais sustentáveis e pela otimização de recursos naturais torna-se cada vez mais presente na realidade mundial. A necessidade de diminuir o consumo de energia faz com que a seleção criteriosa de materiais e equipamentos e a definição da envoltória das edificações sejam fundamentais para o controle do fluxo térmico entre o interior e o exterior, reduzindo assim o consumo operacional dos edifícios. Neste sentido, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o desempenho termo-energético de diferentes fechamentos horizontais e verticais, com diferentes características construtivas, organizados em 12 combinações. O referido edifício será construído em anexo à FAUrb - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Pelotas, e abrigará funções de ensino, pesquisa e extensão desta e do Instituto de Artes e Design (IAD). O estudo foi desenvolvido através da modelagem do edifício no programa DesignBuilder, configurado com arquivo climático de Santa Maria-RS, representativo da Zona Bioclimática 2, na qual se situa a cidade de Pelotas conforme NBR 15220. Para a análise de conforto térmico foi considerada a situação de edifício naturalmente ventilado e os dados avaliados segundo os parâmetros do conforto adaptativo presente na ASHRAE 55 (2010). A análise de eficiência energética foi realizada considerando-se a situação de edifício condicionado artificialmente, sendo extraídos do programa dados de consumo anual de energia para aquecimento e resfriamento. Os resultados demonstraram que a combinação de parede leve refletora clara e cobertura isolada clara conferiram um maior percentual de horas conforto ao longo do ano no edifício ventilado naturalmente, e um menor consumo para o climatizado artificialmente, o que traduziu-se em um edifício com maior desempenho termo energético.

Palavras-chave: simulação computacional, eficiência energética, desempenho térmico.

### **ABSTRACT**

The search for more sustainable buildings and the optimization of natural resources becomes increasingly present in the reality world. The need to reduce energy consumption makes the careful selection of materials and equipment and the definition of the building envelope critical to the control of heat flow between the interior and the exterior, thereby reducing the energy consumption of operating buildings. Thus, this paper aims to evaluate the performance of different horizontal and vertical thermoenergetic enclosures, with with

different construction characteristics, organized into 12 combinations. This building will be constructed attached to FAUrb - Faculty of Architecture and Urbanism of the Federal University of Pelotas, and will house offices of teaching, research and extension of this and Institute of Arts and Design (IAD). The study was conducted by modeling the building program in DesignBuilder, configured with the climatic file from Santa Maria-RS, representative of Bioclimatic Zone 2, whose zoning is also established for the city of Pelotas, according to NBR 15220. For the analysis of thermal comfort was considered a naturally ventilated building situation, and the data were evaluated according to the parameters of the adaptive comfort present in ASHRAE 55 (2010). The analysis of energy efficiency was performed considering the situation of artificially conditioned building, and program data extracted from annual consumption of energy for heating and resfriamento. The results indicate that the combination of a light reflecting wall and a clear isolated roof give a higher percentage of comfort throughout the year, which results in a more energy-efficient building.

Keywords: computer simulation, Energy Efficiency, thermal performance.

## 1. INTRODUÇÃO

A arquitetura, entendida como fruto de um contexto social, econômico, político, cultural, tecnológico e geo-climático de uma sociedade, desde seus primórdios é responsável pela relação complexa do homem com seu meio ambiente, onde, manipulando as variáveis do meio externo, busca dar a seu usuário melhores condições de conforto e habitabilidade (GONÇALVES et al., 2011).

No contexto atual, as restrições energéticas e os problemas ambientais têm tornado imprescindível a busca por estratégias que visem a redução do consumo energético e maior eficiência energética das edificações. O conceito de eficiência energética em uma edificação relaciona-se à obtenção de melhores padrões de conforto ambiental com menor consumo de energia. Segundo Geller (apud Lamberts, 1997) é mais barato economizar energia do que fornecê-la, pois reduz os gastos públicos.

No Brasil, após a crise de energia de 2001, assumiu-se uma nova postura quanto ao consumo de energia. Políticas públicas e novas normas, tais como a Norma Brasileira NBR 15220 (2005), já em vigor; a NBR 15575 (2013), que deverá entrar em vigor a partir de julho de 2013; o Regulamento Técnico de Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, Públicos e de Serviço - RTQ-C (2010) e o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética Edificações Residenciais RTQ-R- (2012), representam uma mudança fundamental nos paradigmas, pois afastam os projetos de seus padrões mínimos impondo uma nova postura profissional aos arquitetos e projetistas.

A demanda crescente por edificações sustentáveis e o uso de sistemas de certificação estão transformando a maneira de projetar e construir edificações. Para reduzir o consumo de energia e os impactos ambientais do edifício construído, o arquiteto deve, além de integrar o projeto arquitetônico ao clima, buscar a eficiência de equipamentos e sistemas de climatização e iluminação.

Para reduzir o consumo operacional das edificações, os projetistas necessitam limitar os ganhos térmicos externos e usar estratégias de refrigeração com baixo consumo de energia e equipamentos que compensem a carga remanescente. A seleção criteriosa de materiais e equipamentos e a definição da envoltória das edificações são fundamentais para o controle do fluxo térmico entre o interior e o exterior. As técnicas de projetos passivos aumentam a efetividade das energias renováveis em termos de redução do impacto ambiental de uma edificação.

Neste sentido, o presente trabalho analisa o conforto térmico e o desempenho termo-energético anual para um edifício institucional a partir de doze combinações de envoltórias (fechamentos horizontais e verticais) propostas baseadas em tipologias construtivas comumente utilizadas nas edificações, considerando-se tanto a situação de edifício naturalmente ventilado como de climatizado artificialmente. As combinações propostas foram comparadas com o sistema construtivo do chamado caso base, que considera os materiais que serão utilizados de fato para a construção do prédio.

Para obter os resultados das diferentes combinações e avaliar a técnica construtiva que melhor atenda aos aspectos de desempenho termo-energético, considerando as características climáticas da região de Pelotas foi utilizado o programa *DesignBuilder 2.0.4.001*.

O clima da cidade de Pelotas caracteriza-se como subtropical úmido, apresentando grande variação térmica ao longo do ano, com verão e inverno rigorosos. A temperatura média anual da cidade é de 17,6°C e a umidade relativa do ar média anual é de 80,7% (Embrapa). A cidade ainda não possui arquivo climático, e por estar situada, conforme NBR 15220, na zona Bioclimática 2, o presente estudo utilizou os dados do arquivo climático de Santa Maria-RS, representativo da Zona Bioclimática 2 (ABNT, 2005).

## 2. OBJETIVO

O presente estudo tem como objetivo avaliar o desempenho termo-energético de fechamentos horizontais e verticais provenientes de 12 combinações com diferentes características, de um edifício institucional com fins educacionais, a fim de verificar qual combinação construtiva se mostra mais eficiente, dentro dos padrões de conforto adaptativo, para o clima da cidade de Pelotas.

## 3. MÉTODO

Este estudo foi desenvolvido em três etapas principais, as quais seguem descritas abaixo:

1. Modelagem do caso base, a partir dos padrões construtivos da primeira proposta arquitetônica da edificação;
2. Configuração dos 12 modelos de análise, variando diferentes combinações de fechamentos verticais e horizontais;
3. Simulação de todas as combinações, tanto para a situação de edifício naturalmente ventilado como condicionado artificialmente.

### 3.1 Modelagem do caso base

#### 3.1.1 Caracterização da edificação

O prédio anexo da FAUrb, edifício em estudo, possui três pavimentos, e é composto por estúdio de gravação, área de vivência para os alunos, ateliês, gabinetes e laboratório de etiquetagem. Os elementos construtivos reais do prédio foram considerados para a configuração do modelo do caso base e são assim constituídos: paredes externas de cor clara (absortância de 0,2) em tijolos 8 furos (dimensões 10cm x 20cm x 20 cm) assentados na maior dimensão, com junta de argamassa de assentamento de 1cm, argamassa de emboço com 2,5cm em ambas as faces; paredes internas em tijolo maciço assentado na dimensão de 10,5cm, e reboco de 2,5cm em ambos os lados; cobertura em telha de fibrocimento 6mm (absortância de 0,7), camada de ar de 20cm, laje de concreto de 15cm e reboco interno com 1,5cm de espessura. As Figuras 1, 2 e 3 ilustram as plantas baixas do térreo, 1º e 2º pavimentos respectivamente. A Figura 4 caracteriza a volumetria da edificação modelada no programa *DesignBuilder*.



Figura 1 – Planta Baixa – Pavimento Térreo.

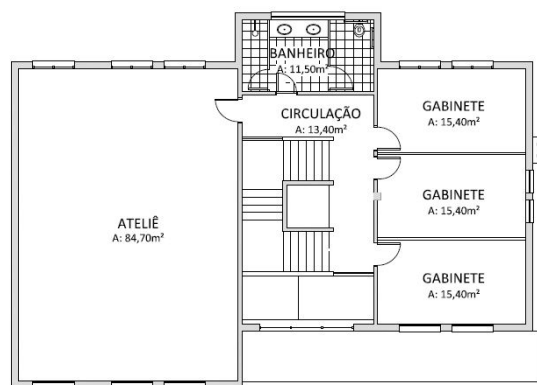


Figura 2 – Planta Baixa – 1º Pavimento.

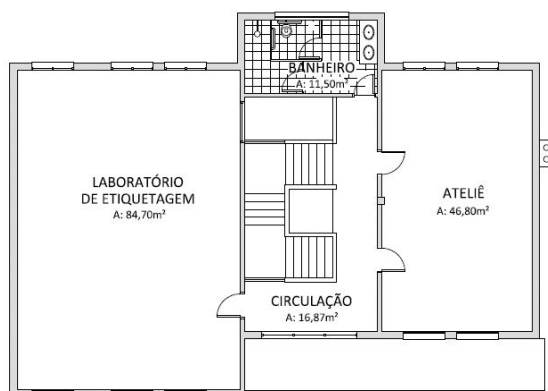


Figura 3 - Planta Baixa – 2º Pavimento

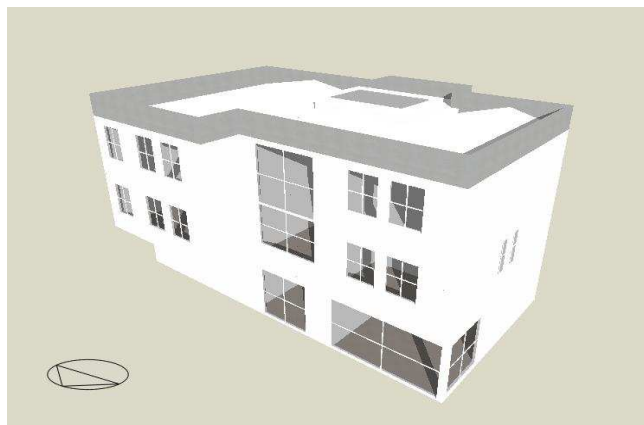


Figura 4 - Modelagem da geometria

As Tabelas 01 e 02 apresentam as características dos materiais constituintes das paredes e da cobertura do caso base, utilizadas na configuração do modelo.

Tabela 01 - Características dos materiais utilizados para definir as paredes na modelagem do caso base

Material	Densidade (kg/m <sup>3</sup> )	Condutividade Térmica (W / m.K)	Calor Específico (J/kg.K)
Alvenaria Cerâmica	1600	0,90	0,92
Argamassa de emboço ou assentamento	2000	1,15	1,0

Fonte: ABNT (2005)

Tabela 02 - Características dos materiais utilizados para definir as coberturas na modelagem do caso base

Material	Densidade (kg/m <sup>3</sup> )	Condutividade Térmica (W/m.K)	Calor Específico (J/kg.K)
Fibrocimento	1900	0,95	0,84
Concreto	2200	1,75	1,0

Fonte: ABNT (2005)

### 3.1.2. Definição das seções equivalentes

O software utilizado para simulação, DesignBuilder versão 2.0, interpreta apenas os fechamentos constituídos por camadas homogêneas. Como as paredes externas reais são de tijolos furados (cerâmica e ar), que configuram um material heterogêneo, é necessário fazer o cálculo de equivalência para obter uma parede homogênea com o mesmo comportamento da parede real. Conhecendo o valor da transmitância térmica da parede real (U) 3,03 W/m<sup>2</sup>.K, foi possível adotar uma densidade aparente equivalente ( $\rho$ ) para a parede de fechamento externo de 1.796,55Kg/m<sup>3</sup>, e espessura equivalente para o material cerâmico de 0,112 m. A Figura 05 ilustra a composição das seções real e equivalente do caso base. A Figura 06 mostra a composição da cobertura do caso base.

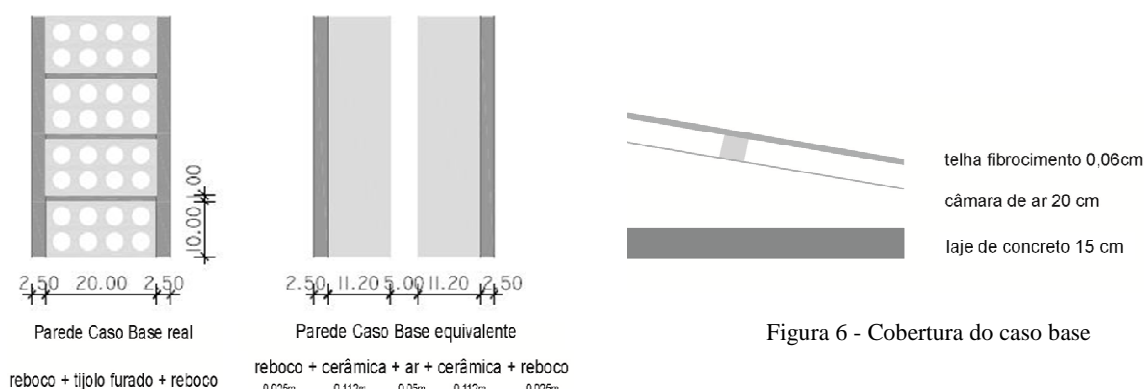


Figura 5 - Parede real e parede equivalente utilizada para o Caso Base

### 3.1.3. Definição da ocupação

A população foi definida em 0,2 pessoas por m<sup>2</sup>, o que resulta em uma pessoa a cada 5 m<sup>2</sup>, sendo considerado apenas 10% deste valor para o período de férias, que compreende os meses de janeiro, fevereiro e julho. A ocupação do prédio acontecerá de segunda à sexta-feira, das 8:00 às 12:00h e das 14:00 às 18:00h, sendo considerados para análise somente os horários de funcionamento.

### 3.1.4. Ganhos internos

Considerando que parte do calor armazenado nos espaços internos é proveniente de equipamentos, iluminação e usuários, estes ganhos foram definidos para o cálculo da carga térmica, de acordo com o uso e ocupação da edificação. Por se tratar de um edifício educacional a taxa metabólica foi definida com fator igual a 0,90, equivalente a atividade de uma pessoa sentada lendo. A vestimenta adotada estabeleceu uma resistência de 0,5 clo para o verão e 1,0 clo para o inverno. A iluminação geral para toda a edificação foi considerada 12W/m<sup>2</sup>. Para os equipamentos foi considerado o valor 0,2 para a fração radiante de ganho de calor e um ganho térmico de 12W/m<sup>2</sup>.

### 3.1.5. Ventilação Natural

O *setpoint* de ventilação foi configurado através do trabalho de Martins (2009), que estabelece como parâmetro a temperatura de 25°C. A abertura das janelas ocorre quando a diferença da temperatura interna e externa estiver entre 1°C e 6 °C.

A temperatura do solo, em todas as simulações, foi considerada igual à temperatura média mensal.

### 3.2. Configuração das características das 12 combinações

Com o intuito de investigar qual a envoltória apresenta o melhor desempenho termo energético, foram configurados 12 diferentes modelos (Tabela 05), a partir de duas composições de paredes: leve e pesada - analisadas com dois diferentes valores de absorvância (clara e escura), totalizando quatro situações distintas, as quais foram combinadas com duas composições de cobertura - uma do caso base, e a outra, analisada com dois valores diferentes de absorvância, totalizando três situações distintas. A Tabela 03 apresenta as características dos diferentes tipos de paredes consideradas no estudo. A Tabela 04 traz a caracterização das coberturas.

Tabela 03 – Características das paredes

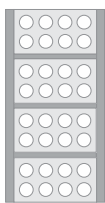


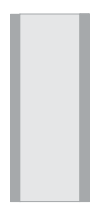
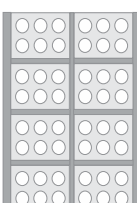
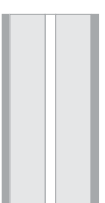
CARACTERÍSTICAS DAS PAREDES				
PAREDES	DESCRIÇÃO	ILUSTRAÇÃO REAL	ILUSTRAÇÃO EQUIVALENTE	TRANSMITÂNCIA U [W/(m <sup>2</sup> .K)]
Caso-Base	Parede de tijolos de 08 furos circulares, assentados na maior dimensão. Dimensão tijolo: 10,0 x 20,0 x 20,0 cm Espessura arg. assentamento: 1,0 cm Espessura arg. de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 25,0 cm			U = 1,61
Parede Leve	Parede de tijolos maciços, assentados na menor dimensão. Dimensão do tijolo: 10,0 x 6,0 x 22,0 cm. Espessura arg. de assentamento: 1,0 cm. Espessura de arg. de emboço: 2,5 cm. Espessura total da parede: 15,0 cm.			U = 3,13
Parede Pesada	Parede dupla de tijolos de 6 furos circulares, assentados na maior dimensão. Dimensões do tijolo: 10,0x15,0x20,0 cm Espessura arg. de assentamento: 1,0 cm Espessura da arg. de emboço: 2,5 cm. Espessura total da parede: 36,0 cm.			U = 1,21

Tabela 04 - Características das coberturas

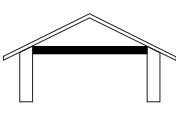
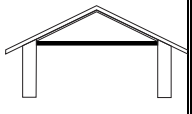
CARACTERÍSTICAS DAS COBERTURAS			
COBERTURAS	DESCRIÇÃO	ILUSTRAÇÃO REAL	TRANSMITÂNCIA U [W/(m <sup>2</sup> .K)]
Cobertura Caso Base	Cobertura de telha de fibrocimento com laje de concreto. Espessura da telha 6 mm Espessura da laje de 15 cm Câmara de ar de 20 cm		U = 1,75
Cobertura Leve Isolada	Cobertura de telha de fibrocimento, lâmina de alumínio polido e poliestireno, e forro de madeira. Espessura da telha: 0,7 cm Espessura da Lâmina: 0,01 cm Espessura do poliestireno: 0,015 cm Espessura da madeira: 1,0 cm		U = 1,16

Tabela 05 – Combinações dos fechamentos – paredes e coberturas

	PAREDE		COBERTURA	
	Transmitância	Absortância	Transmitância	Absortância
	U [W/(m <sup>2</sup> .K)]	$\alpha$	U [W/(m <sup>2</sup> .K)]	$\alpha$
CASO BASE	U = 1,61	$\alpha = 0,2$	U = 1,75	$\alpha = 0,7$
	caso base		caso base	
CASO 01	U = 3,13	$\alpha = 0,2$	U = 1,75	$\alpha = 0,7$
	Leve Refletores	Clara	caso base	
CASO 02	U = 3,13	$\alpha = 0,2$	U = 1,16	$\alpha = 0,2$
	Leve Refletores	Clara	Leve Isolada	Clara
CASO 03	U = 3,13	$\alpha = 0,2$	U = 1,16	$\alpha = 0,9$
	Leve Refletores	Clara	Leve Isolada	Escura
CASO 04	U = 3,13	$\alpha = 0,9$	U = 1,75	$\alpha = 0,7$
	Leve Refletores	Escura	caso base	
CASO 05	U = 3,13	$\alpha = 0,9$	U = 1,16	$\alpha = 0,2$
	Leve Refletores	Escura	Leve Isolada	Clara
CASO 06	U = 3,13	$\alpha = 0,9$	U = 1,16	$\alpha = 0,9$
	Leve Refletores	Escura	Leve Isolada	Escura
CASO 07	U = 1,21	$\alpha = 0,2$	U = 1,75	$\alpha = 0,7$
	Pesada	Clara	caso base	
CASO 08	U = 1,21	$\alpha = 0,2$	U = 1,16	$\alpha = 0,2$
	Pesada	Clara	Leve Isolada	Clara
CASO 09	U = 1,21	$\alpha = 0,2$	U = 1,16	$\alpha = 0,9$
	Pesada	Clara	Leve Isolada	Escura
CASO 10	U = 1,21	$\alpha = 0,9$	U = 1,75	$\alpha = 0,7$
	Pesada	Escura	caso base	
CASO 11	U = 1,21	$\alpha = 0,9$	U = 1,16	$\alpha = 0,2$
	Pesada	Escura	Leve Isolada	Clara
CASO 12	U = 1,21	$\alpha = 0,9$	U = 1,16	$\alpha = 0,9$
	Pesada	Escura	Leve Isolada	Escura

### 3.3 Simulações de todos os casos analisados

Todas as combinações dos fechamentos horizontal e vertical foram analisadas tanto para a situação de um edifício condicionado artificialmente, quanto para naturalmente ventilado. As 12 combinações, mais a configuração do caso base, totalizaram 26 simulações.

A partir dos dados gerados pelo programa DesignBuilder foi possível realizar a análise de desempenho termo energético do edifício.

## 4. ANÁLISE DE RESULTADOS

### 4.1 Resultados para conforto térmico

Para a análise de conforto térmico foi considerada a situação de edifício naturalmente ventilado, sendo extraídos do programa dados de temperatura interna do ar, temperatura radiante e temperatura externa. Estes dados foram analisados segundo os parâmetros do conforto adaptativo presente na ASHRAE 55 (2010), considerando-se como limite de conforto o parâmetro de 80% de pessoas satisfeitas. A Figura 07 mostra a comparação dos resultados obtidos.

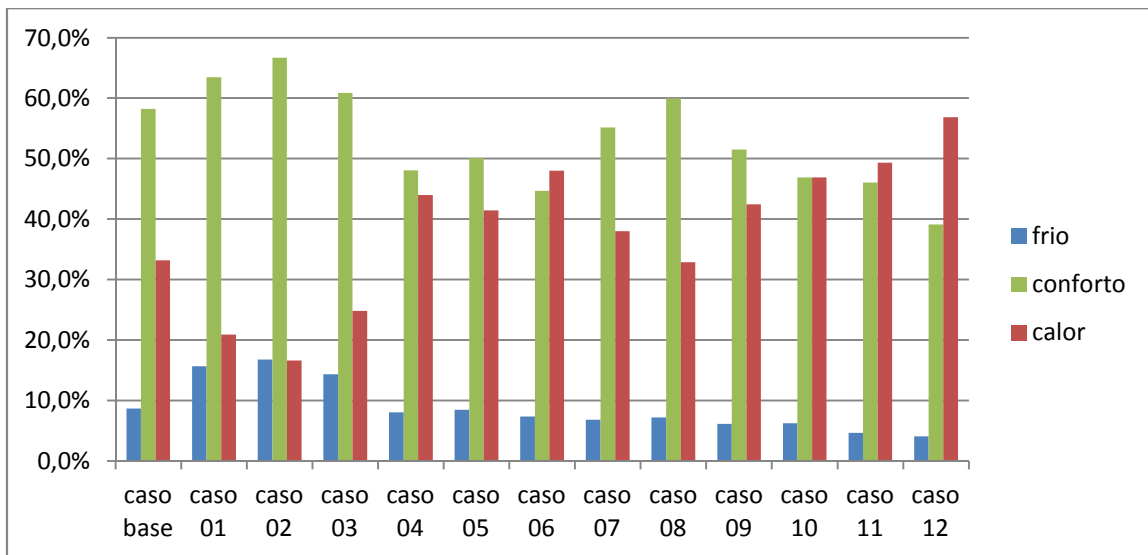


Figura 7 - Resultados: percentual de conforto e desconforto por frio/calor

#### 4.2 Resultados para eficiência energética.

A análise de eficiência energética foi realizada considerando-se a situação de edifício condicionado artificialmente, sendo extraídos do programa dados de consumo anual de energia para aquecimento e resfriamento. A Figura 08 mostra a comparação dos resultados obtidos.

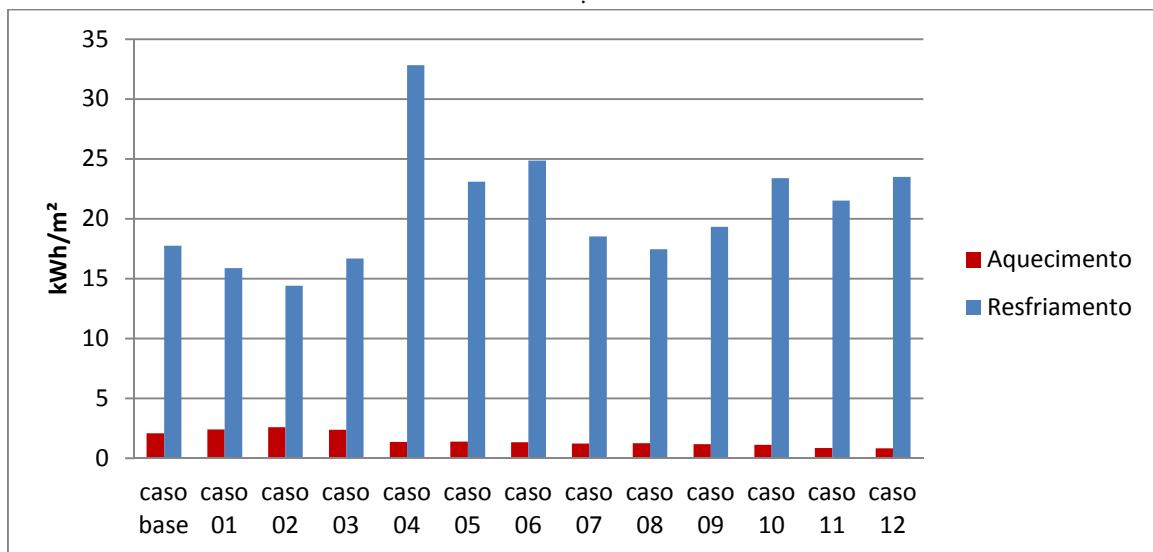


Figura 8 - Resultados: consumo energético anual para aquecimento/resfriamento

#### 4.3 Análise dos Resultados

A Tabela 06 mostra os resultados obtidos para as 12 diferentes combinações de fechamentos, mais o caso base.

Os resultados demonstram que a configuração do caso 02, composta por parede leve refletora clara e cobertura isolada clara, apresenta o maior percentual de horas de conforto, com menor desconforto por calor, porém maior desconforto por frio. Os dados de consumo energético demonstram que gasta-se significativamente mais energia para resfriar do que aquecer a edificação quando deseja-se mantê-la dentro dos parâmetros de conforto. Observa-se que para o percentual de 16,6% de desconforto por calor consome-se aproximadamente 14,39kwh/m², enquanto para o percentual de 16,8% de desconforto por frio consome-se apenas 2,58kwh/m². Desta forma a alternativa mais eficiente em termos de consumo energético é aquela que apresenta menor percentual de horas de desconforto por calor.

Tabela 06 – Tabulação dos resultados obtidos

	combinação fechamentos		análise conforto (%)			consumo energético (kwh/m <sup>2</sup> )	
	parede	cobertura	frio	conforto	calor	Aquecimento	Resfriamento
caso base	caso base	caso base	8,6%	58,2%	33,2%	2,094548	17,7584
caso 01	Leve refletora clara	caso base	15,6%	63,5%	20,9%	2,41282	15,88672
caso 02	Leve refletora clara	isolada clara	16,8%	66,7%	16,6%	2,581936	14,39758
caso 03	Leve refletora clara	isolada escura	14,3%	60,9%	24,8%	2,366918	16,67305
caso 04	Leve refletora escura	caso base	8,0%	48,0%	44,0%	1,360613	32,82764
caso 05	Leve refletora escura	isolada clara	8,5%	50,1%	41,4%	1,390092	23,08554
caso 06	Leve refletora escura	isolada escura	7,3%	44,7%	48,0%	1,334434	24,84928
caso 07	pesada clara	caso base	6,8%	55,2%	38,0%	1,223268	18,51776
caso 08	pesada clara	isolada clara	7,2%	59,9%	32,9%	1,254616	17,45078
caso 09	pesada clara	isolada escura	6,1%	51,5%	42,4%	1,184828	19,3265
caso 10	pesada escura	caso base	6,2%	46,9%	46,9%	1,120275	23,38685
caso 11	pesada escura	isolada clara	4,6%	46,0%	49,3%	0,8662422	21,5171
caso 12	pesada escura	isolada escura	4,1%	39,1%	56,8%	0,8167742	23,48284

Em contrapartida analisando-se os dados do caso 12, configuração composta por parede pesada escura e cobertura isolada escura, observa-se o menor percentual de horas de conforto e o maior percentual de desconforto por calor, porém não resultou na configuração menos eficiente em termos de consumo energético.

A configuração que resultou menos eficiente foi o caso 04, que embora não apresente o maior percentual de desconforto por calor demonstrou maior consumo energético para resfriamento, demonstrando que a combinação composta por parede leve refletora escura e cobertura do caso base resulta em maiores ganhos térmicos.

## 5. CONCLUSÕES

A comparação das diferentes combinações com os resultados do caso base permite concluir que este é uma alternativa interessante, apresentando resultados mais próximos da melhor situação que da pior, tanto na análise de conforto como na análise de consumo energético. Os percentuais de desconforto por frio e calor permitem, ainda, concluir que esta configuração é mais adequada para as estações frias, superando o desempenho das configurações dos casos 01, 02 e 03, consideradas mais confortáveis e eficientes na estações quentes e na avaliação geral.

A partir do estudo realizado, considera-se que a simulação energética é uma grande aliada para profissionais, pois permite avaliar o desempenho termo energético de diferentes soluções construtivas para determinado projeto, verificando assim, qual a melhor solução a ser adotada.

## REFERÊNCIAS

- AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. **ASHRAE Standard 55-2010 - Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy**. Atlanta: ANSI/ASHRAE, 2010.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.220 – Desempenho térmico de edificações**. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.575 – Edificações habitacionais — Desempenho**. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.
- GONÇALVES, Joana Carla Soares; VIANNA; Nelson Solano; MOURA, Norberto Correa da Silva. **Iluminação Natural e Artificial**. Guia Procel Edifica Iluminação. Rio de Janeiro, agosto, 2011.
- INMETRO - INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL. **Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos - RTQ-C**. Eletrobrás, 2010.
- INMETRO - INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL. **Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Residenciais - RTQ-R**. Eletrobrás, 2012.
- KEELER, M; BURKE, B. **Fundamentos de Projeto de Edificações Sustentáveis**. Porto Alegre: Bookman, 2010.
- LAMBERTS, Roberto. **Eficiência Energética na Arquitetura**. Roberto Lamberts, Luciano Dutra, Fernando Oscar Ruttkay Pereira. São Paulo: PW, 1997.



MARTINS, D. J. *et al.* Ensaio Sobre a Utilização da Automação de Aberturas na Simulação do Desempenho Térmico de Edificações. In: ENCONTRO NACIONAL10.; ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 6., Natal, 2009. Anais. Natal: ENTAC, 2009.

VENÂNCIO, R. **Manual de treinamento para o programa Design Builder** versão 2.0.Laboratório de Conforto Ambiental-UFRN. Natal,2009.