



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

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

Búzios - RJ - 2011

## **AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFICAÇÃO HISTÓRICA DE USO PÚBLICO**

**Stífany Knop (1) Eduardo Grala da Cunha (2) Antonio Cesar Silveira Baptista Da Silva (3)**

(1) Arquiteta, Mestranda do Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo,  
arquitetaknop@yahoo.com.br

(2) Dr. Professor do Departamento de Tecnologia da Construção, DTC, egcunha@terra.com.br

(3) Dr. Professor do Departamento de Tecnologia da Construção, DTC, 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**

Pelotas é uma cidade considerada patrimônio do estado do Rio Grande do Sul com suas várias construções em estilo eclético, que refletem os tempos da riqueza proveniente da economia baseada na comercialização do charque. Muitas dessas edificações, construídas com fim residencial, continuam sendo usadas e mantêm suas características arquitetônicas mesmo com o passar do tempo. Como forma de incentivar o uso de edificações históricas, pelas mais variadas atividades, um argumento pode ser o seu bom nível de conforto. Esse artigo tem a finalidade de avaliar o desempenho térmico de uma edificação histórica com novo uso localizada no centro da cidade de Pelotas. Trata-se da Residência do Charqueador José Vieira Vianna, situado na Praça Coronel Pedro Osório, número 2, que hoje é ocupada pela Secretaria Municipal de Cultura. Como ferramenta de avaliação, foi escolhido o *software* de simulação *DesignBuilder*. Após a modelagem detalhada das informações obtidas com a SeCult e coletadas no local foram gerados dados necessários para a geração do arquivo TRY. Com base na análise do arquivo TRY no programa *Analysis Bio 2.1.5(2009)* foram plotados os dados de temperatura e umidade relativa do ar na carta bioclimática de Givoni para uma posterior avaliação dos níveis de conforto dos ambientes interiores.

Palavras chaves: simulação computacional, desempenho térmico, edificação histórica.

### **ABSTRACT**

Pelotas is a city considered patrimony of the state of Rio Grande do Sul, with its several buildings in eclectic style, which reflect the times of wealth from the economy based in the marketing of the beef jerky. Many of these buildings, built for residential use, are still used and its architectural features remain the same over time. In order to encourage the use of historic buildings, for various activities, it's possible to argue about its good comfort level. This article aims to evaluate the thermal performance of a historic building, with a new use in the center of the city of Pelotas. It is about the residence of Charqueador Jose Vieira Vianna, located at Praça Coronel Pedro Osório, number 2, that is now occupied by the Municipal Culture Department. As an assessment tool, was chosen the simulation software *DesignBuilder*. After modeling the detailed information obtained from the Secult and collected on site were generated data needed to generate the file TRY. Based on the analysis of the TRY file done in *Analysis Bio 2.1.5 (2009)* program, data of temperature and relative air humidity were plotted in the Givoni bioclimatic chart for further evaluation of the internal environment levels of comfort.

Key words: computer simulation, thermic performance, historic building

## 1. INTRODUÇÃO

A cidade de Pelotas é conhecida, entre outros aspectos, pelo seu patrimônio arquitetônico com cerca de 1000 edificações de interesse histórico protegidas por legislação municipal. As construções no entorno da Praça Coronel Pedro Osório, no centro histórico da cidade, constituem o maior conjunto de edificações tombadas pelo IPHAN e é considerado maior acervo de arquitetura eclética do estado em um único sítio.

Devido a tais importâncias arquitetônicas e históricas da cidade torna-se relevante avaliar o desempenho térmico uma edificação histórica. A edificação em estudo é a Residência do Charqueador José Vieira Vianna, também conhecida como Casarão 2. Situada na Praça Coronel Pedro Osório, número 2 é hoje o endereço da Secretária Municipal de Cultura.

O casarão tem data de construção anterior a 1830 e sofreu uma grande intervenção em 1880, quando passou de residência em estilo luso-brasileiro para edificação em estilo eclético. Foi tombada em 15/12/1977 e teve sua última restauração concluída em 2005 pelo programa MONUMENTA<sup>1</sup>.

Por ser uma edificação hoje ocupada por uso público, a Residência do Charqueador José Vieira Vianna foi escolhida como objeto de estudo de projeto de mestrado, parte do qual o presente artigo fará parte. O Casarão 2, como já mencionado, será avaliado quanto ao seu desempenho térmico e para tanto, foram feitas análises dos levantamentos e projetos de restauro da edificação, modelagem e simulação no *software DesignBuilder*. Os levantamentos da edificação e os projetos de restauro foram obtidos junto a SeCult (Secretaria Municipal de Cultura de Pelotas) e foram esses os arquivos, junto com algumas informações obtidas no local, utilizados para a modelagem do casarão no *DesignBuilder*.

Mais de 140 anos se passaram desde a construção original até o tombamento do edifício. Nesse meio tempo ele foi ocupado por diversos usos e passou pelas mãos de vários proprietários. Essa inconstância de usos e proprietários, assim como a manutenção inapropriada ou emergencial, modificou e, por vezes, danificou características arquitetônicas da construção. Muitas informações, acredita-se, não foram sequer documentadas na origem da edificação, como a distribuição dos tijolos nas paredes portantes. Essa informação, por ser relevante para a simulação computacional, foi deduzida a partir de bibliografias específicas que datam a época da construção.

## 2. OBJETIVO GERAL

O objetivo desse artigo é avaliar o desempenho térmico de uma edificação histórica na cidade de Pelotas, RS, Zona Bioclimática 02 (NBR 15.220 – 3), com alteração para uso público, com base em realização de simulação computacional.

## 3. METODOLOGIA

Como metodologia para essa etapa da pesquisa foram adotadas três etapas principais:

1. Caracterização do Edifício;
2. Modelagem, configuração do modelo e Simulação;
3. Análise dos Resultados.

### 2.1 Características do Edifício

Foi solicitado à SeCult o levantamento feito para a restauração da edificação. Com o projeto de restauração foi possível avaliar o casarão como um todo e caracterizar os materiais e a construção de maneira bem detalhada.

---

<sup>1</sup> O MONUMENTA é um programa estratégico do Ministério da Cultura. Ele atua em cidades históricas protegidas pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (Iphan). Sua proposta é de agir de forma integrada em cada um desses locais, promovendo obras de restauração e recuperação dos bens tombados e edificações localizadas nas áreas de projeto. (Fonte: Ministério da Cultura)



Figura 1 - Vista aérea do Casarão 2 – fonte Google earth

- Construção em U, com duas de suas fachadas voltadas para rua e pátio interno. Fachada principal do edifício com orientação oeste. Fachada lateral com orientação sul, desfavorecendo a incidência de sol direta nos compartimentos dessa ala da edificação no inverno.
- Grande número de aberturas favorece a ventilação cruzada em toda a edificação (figura 2)

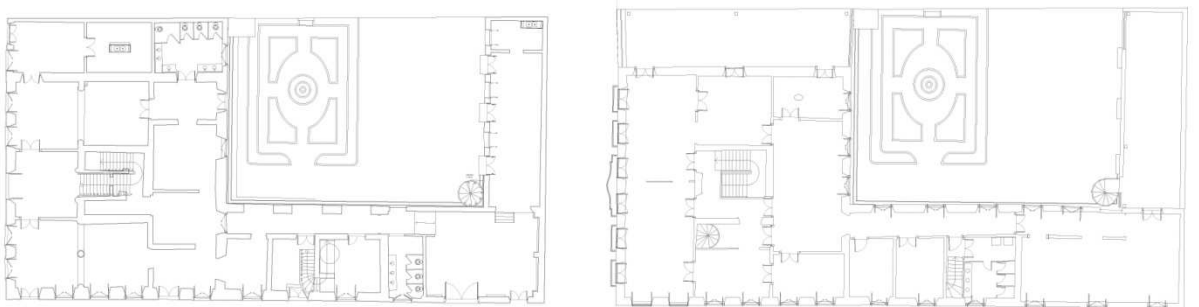


Figura 2 - Térreo e 2º Pavimento

- Construção em alvenaria portante de tijolo maciço. As paredes de espessura elevada com alta inércia térmica
  - Paredes externas térreo – e=24 a 91cm
  - Paredes externas 2º pavimento – e=27 a 72 cm
- Pé direito elevado favorece a ventilação por diferença de pressão no interior do edifício
- Assoalho e ladrilho hidráulico no térreo
- Assoalho no 2º pavimento e camarinha
- Não possui porão elevado ventilado
- Forro de madeira em toda a edificação
- Telha de barro tipo capa-canal
- Reboco de argamassa de cal
- Janelas com postigo de madeira, possibilitando regular a incidência de sol em horários desfavoráveis.

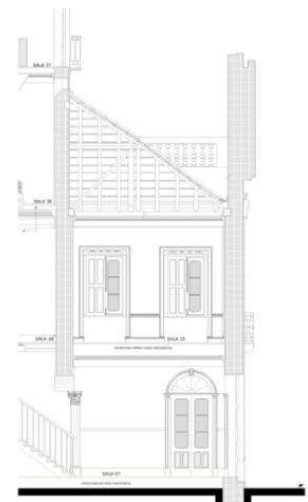


Figura 3 - corte BB - paredes espessas e pé direito elevado

## 2.2 Configuração do modelo e Simulação de desempenho térmico

O objetivo do trabalho é avaliar o desempenho térmico de edificação histórica na cidade de Pelotas. Para tanto, o software *DesignBuilder* foi utilizado para simulação computacional do casarão 2. Primeiramente todas as horas do ano foram simuladas. Para uma segunda análise, apenas o horário de funcionamento da

SeCult foi considerado, o que resultou em 2.600 horas de dados. Após os resultados dessa segunda simulação, uma terceira simulação foi feita. Essa última análise contou com um valor de absorvância inferior às anteriores – de 0,5 para 0,2, para verificar a influência da absorvância do plano vertical no desempenho no conforto térmico dos espaços interiores.

### 3.2.1 Simplificações e Convenções

O objetivo da simulação é simplificar o objeto de estudo para obter resultados para análise. Por se tratar do estudo de uma edificação histórica, com características peculiares, algumas simplificações das características construtivas tiveram que ser feitas para modelar o edifício, como, por exemplo, a padronização das espessuras das paredes. A edificação possui uma grande variação na espessura das paredes internas e externas. Optou-se, então, por modelar as paredes externas com 20 cm de espessura e as internas com 35 cm e caracterizar as camadas com suas espessuras reais na configuração de materiais do programa. Outras convenções tiveram que ser adotadas, pois, além das várias características do edifício, o programa limita a modelagem em vários aspectos.

#### 2.2.1.1 Telhado

O telhado da edificação é de telha de barro tipo capa-canal, com estrutura de madeira.

Para a simulação, a cobertura da ala sul foi simplificada, com a criação de *layers* para os diferentes materiais e suas espessuras. A altura da câmara de ar foi calculada pela divisão da altura da cumeeira por dois (NBR 15220). A espessura da telha foi obtida pelo projeto de restauração. A estrutura do telhado, ripas, caibros, tesouras, foi desconsiderado, pois ocupa a área da câmara de ar e possui pouco contato com telhas e forro.

A cobertura da parte central do casarão foi modelada como bloco inclinado. Essa área da edificação possui um mirante com acesso interno. Parte desse acesso fica protegido pelo telhado, não podendo ser simplificado no momento da simulação.

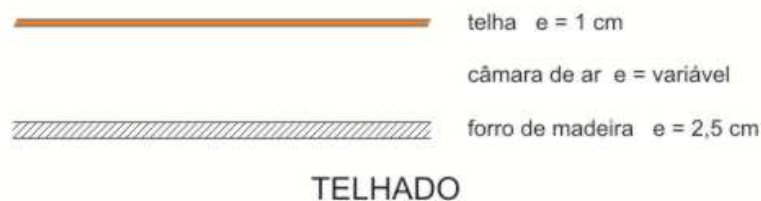


Figura 4 simplificação do telhado

#### 2.2.1.2 Paredes

As paredes são portantes de tijolo maciço de barro, com argamassa de assentamento e reboco de cal.

Com um tijolo e uma amostra da argamassa da edificação como referências, foram feitos ensaios para cálculo de densidade aparente dos materiais. Primeiro por imersão, foram obtidos os volumes das amostras. Com a balança de precisão, foram obtidos os pesos. E pela fórmula  $\rho = M/V$  – foram obtidas as densidades dos materiais. Tijolo –  $\rho = 1.219 \text{Kg/m}^3$ . Argamassa –  $\rho = 1.543 \text{Kg/m}^3$ .

As paredes foram configuradas pela sua espessura e pelas dimensões do tijolo de referência, deduzindo a sua disposição baseado em Breymann (1885), conforme figura 5. O tijolo de referência possui 6 x 14 x 28 cm.

Para efeitos de configuração no software DesignBuilder, foram consideradas as camadas de tijolos com maior número de componentes. Foram adotadas as espessuras de paredes de 15, 22, 35, 36, 42, 50, 63, 68, 72, 78, 82 e 87cm. Estas dimensões foram escolhidas por serem as mais frequentes e representarem por aproximação todas as demais.

A norma 15.220, parte 3 descreve diferentes tipos de fechamentos e recomenda para a Zona Bioclimática 02 (zona onde situa-se Pelotas – NBR 15.220 - 2) o uso de paredes leves, com transmitância térmica inferior a  $3,0 \text{ W/m}^2\text{K}$  e atraso térmico inferior a 4,3 horas. Com a configuração de parede de 78 cm, com 5 tijolos dispostos na menor dimensão, foram feitos os cálculos de transmitância térmica e atraso térmico. A transmitância dessa parede resultou em  $U = 0,8965 \text{ W/m}^2\text{K}$  e o atraso térmico em  $\phi = 43,5$  horas. O atraso térmico das demais paredes foi calculado pelo *DesignBuilder*, conforme tabela. O elevado atraso térmico pode indisponibilizar a chegada do calor ao interior do ambiente. Durante a noite, a temperatura exterior baixa, fazendo com que o fluxo de calor mude de sentido.

A configuração inicial utilizou a absorvância de 0,5, relativo ao reboco claro. Já na terceira simulação – horário de funcionamento e baixa absorvância –, foi adotado o valor de 0,2 para a absorvância relativo a pintura na cor branca em todas as fachadas do casarão.

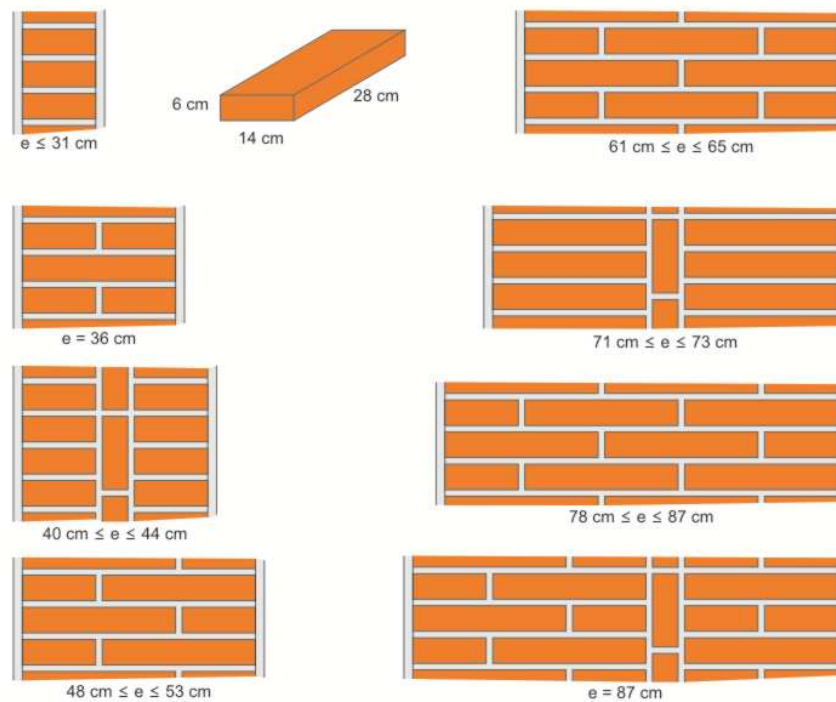


Figura 5 - configuração das diferentes espessuras de parede

### 2.2.1.3 Pisos

A edificação possui dois tipos de pisos, assoalho e ladrilho hidráulico. O ladrilho hidráulico é utilizado no térreo e nos terraços. O assoalho é usado em parte do térreo e todo o segundo pavimento.

O ladrilho hidráulico foi simplificado com uma camada de ladrilho de 2 cm e uma camada de concreto leve de 10 cm.

No térreo, o assoalho foi considerado com camada de madeira, camada de ar e terra.

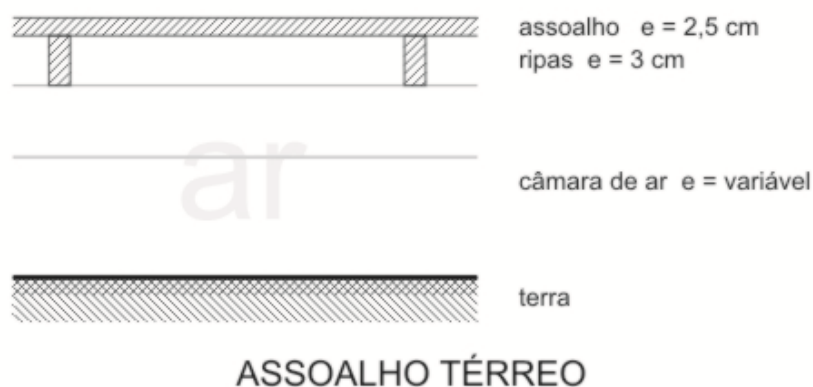


Figura 6 - Simplificação assoalho térreo

No 2º pavimento, o assoalho foi considerado em conjunto com o forro do térreo. Pelo levantamento arquitetônico feito para a restauração, as espessuras entre piso e forro variam de um ambiente para outro. Para a simulação, essas espessuras foram simplificadas,

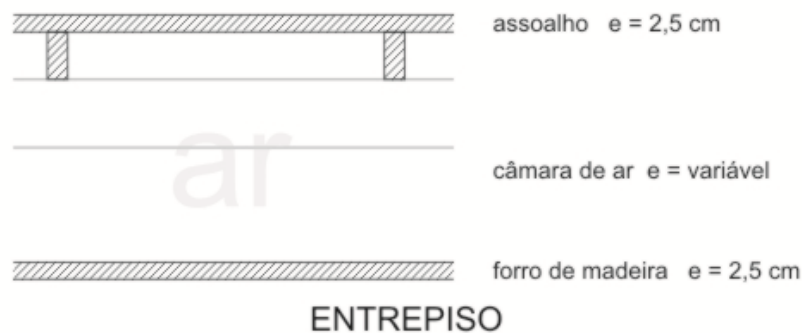


Figura 7 - Simplificação entrepiso

Ainda no 2º pavimento existem duas áreas externas com terraço. Nessas áreas, durante a intervenção de restauração foram feitas lajes pré-moldadas com assentamento de ladrilho hidráulico. Na laje pré-fabricada, foi considerada a espessura da tavela cerâmica com 23% de ponte térmica das vigotas de concreto.



Figura 8 – Simplificação piso dos terraços

#### 2.2.1.4 Janelas

As janelas da edificação são de madeira com vidros para o exterior e postigo de madeira. Possuem duas folhas de abrir, o que possibilita uma abertura de 100% para a ventilação. As aberturas foram modeladas com suas dimensões e porcentagem de vidro conforme o levantamento da restauração. O postigo de madeira foi configurado como protetor solar interno.

Tabela 1 – Transmitância térmica calculada pelo *DesignBuilder*

	Parede (espessuras em cm)											
	15	22	35	36	42	50	63	68	72	78	82	87
U=W/(m².K)	2,60	2,06	1,49	1,46	1,30	1,13	0,94	0,87	0,83	0,78	0,74	0,71
	Telhado		Pisos									
			Assoalho térreo			entrepiso			terraço			
U=W/(m².K)	2,05		1,95			2,01			1,88			

#### 2.2.2 Configurações

Para esse artigo, as configurações de densidade de carga interna e ocupação foram calculadas resultando num valor médio de toda a edificação. As configurações de horário de funcionamento influenciam na ocupação e no consumo de energia com iluminação e computadores, que interferem na carga térmica.

##### 2.2.2.1 Schedule

O horário de funcionamento, ou *Schedule*, foi configurado de acordo com os horários da SeCult, das 8:00 às 18:00 de segunda à sexta-feira, durante o ano todo.

Como opção para o controle do sombreamento de aberturas no verão, nos horários de maior incidência de radiação solar direta, uma *Schedule* foi criada para o funcionamento específico das esquadrias da fachada oeste, mantendo-as fechadas das 08:00 às 15:00 horas, nos meses de dezembro a fevereiro.

No inverno, uma *Schedule* foi criada para o fechamento dos vidros das esquadrias com os postigos de madeira abertos favorecendo o aquecimento solar passivo e evitando grandes perdas de calor para o exterior.

### 2.2.2.2 Ganhos térmicos

Para cálculo dos ganhos térmicos foi feito um levantamento no local do número e tipo de lâmpadas e quantidade de computadores e demais equipamentos.

Alguns compartimentos do edifício são pouco usados e alguns não são utilizados, tendo inclusive seu acesso bloqueado por painéis do compartimento anterior. Mesmo assim, foram consideradas as lâmpadas e suas potências para efeito de cálculo do ganho térmico com iluminação.

A potência total com iluminação, considerada pela fração radiante do tipo específico de lâmpada, foi dividida pela área total da edificação. O ganho total com iluminação e computadores foi de 16,65 W/m<sup>2</sup> e considerado 17 W/m<sup>2</sup> no programa de simulação.

### 2.2.2.3 Ocupação

A ocupação foi calculada de maneira semelhante aos ganhos térmicos. Primeiramente foi feito um levantamento do número de pessoas que ocupam o Casarão durante o horário de expediente. Duas áreas são galerias de arte. Essas áreas tiveram seu cálculo de ocupação baseado na NBR 9077. O número total de ocupantes foi dividido pela área total da edificação e gerou uma ocupação de 0,073 pessoas/m<sup>2</sup>.

O tipo de atividade desempenhada pelos ocupantes também é essencial para a configuração da ocupação e a atividade considerada foi de serviço de escritório leve.

### 2.2.2.4 Setpoint de temperatura

O *setpoint* de temperatura de ventilação de 25°C foi baseado no trabalho de Martins (2009). O sistema de ventilação natural promove a abertura das janelas quando a temperatura exterior é inferior a temperatura interior das salas e inferior a 25°C.

## 2.3. Análise Dos Resultados

Após a configuração detalhada de todas as informações, foi feita a simulação computacional. Com a obtenção dos dados horários no período de um ano e com a utilização do *software Anaysis Bio 2.1.5* (2009) foi possível plotar os resultados na carta bioclimática de Givoni para avaliação dos níveis de conforto, conforme figura 9.

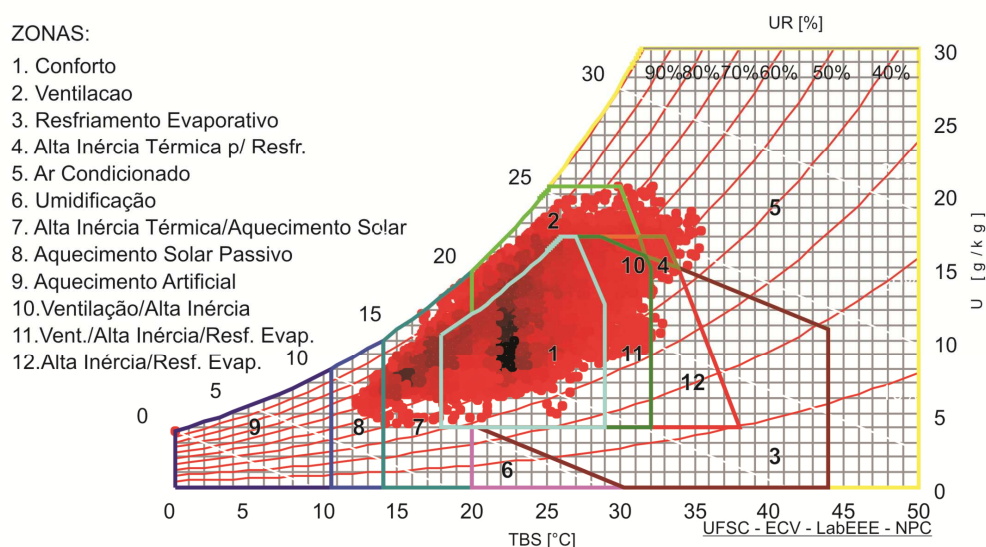


Figura 9 - Carta Bioclimática com todas as horas do ano

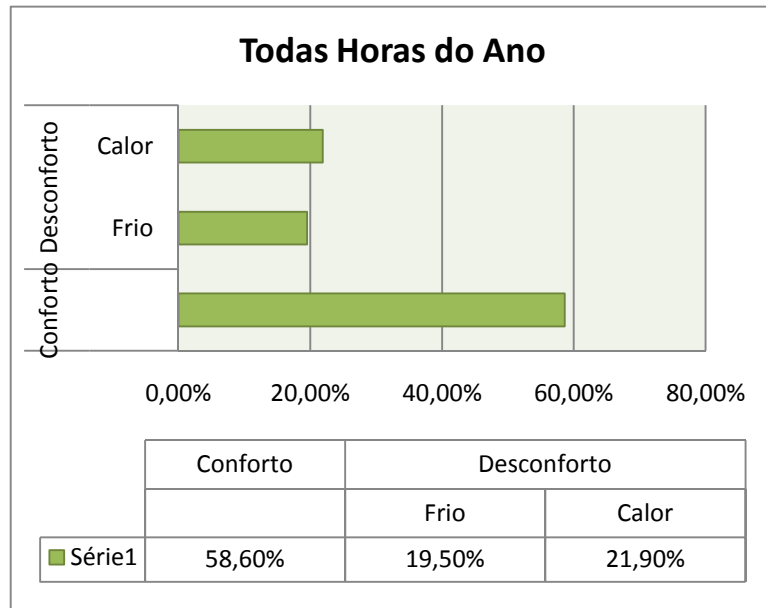


Figura 10 – Desempenho Térmico Anual

A partir dessa primeira simulação, foi possível verificar que em quase 60% das horas do ano o casarão está em nível de conforto, conforme figura 10. É possível verificar também que o maior nível de desconforto acontece no verão, época do ano em que ocorre incidência de radiação solar na fachada sul, a mais extensa do edifício. Uma primeira hipótese é de que as horas de desconforto ocasionado pelo frio ocorrem no período da noite, horário em que o casarão não está sendo utilizado para o uso atual.

Na segunda simulação feita, foram analisadas as horas de funcionamento da SeCult, das 8:00 às 18:00 horas, de segunda a sexta-feira no período de um ano (figura 11).

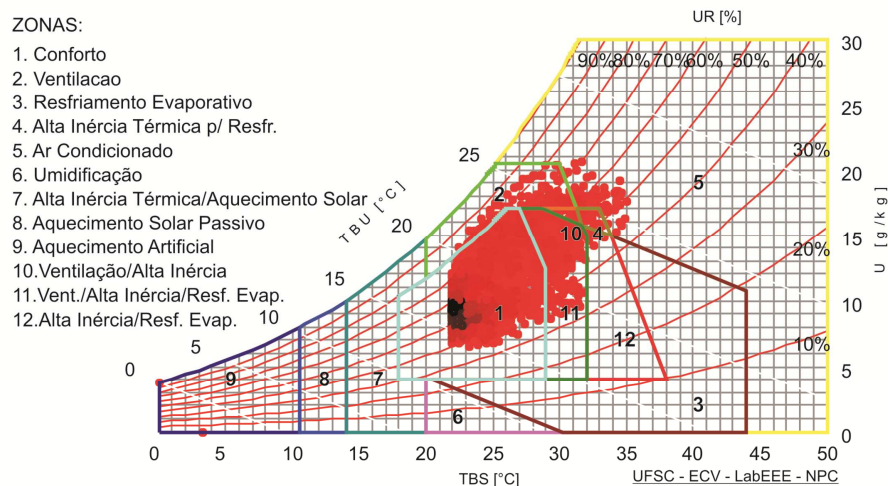


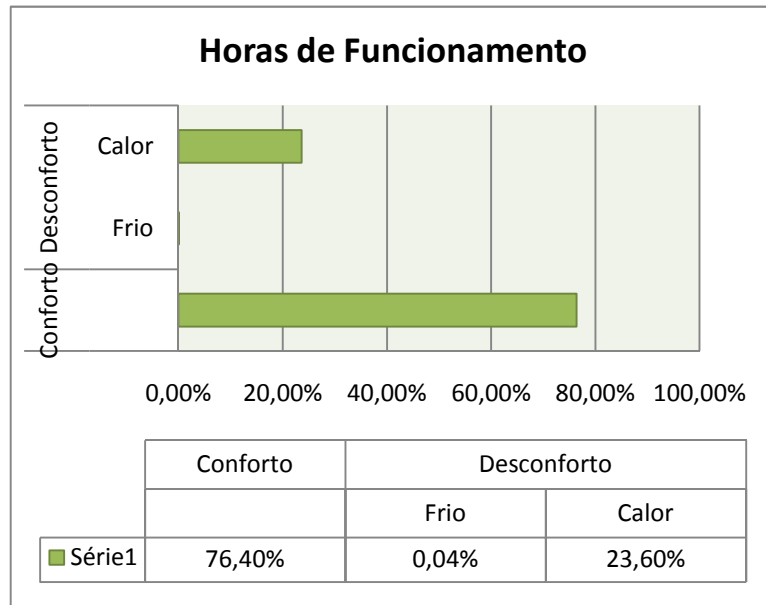
Figura 11 - Carta Bioclimática para os horários de funcionamento

Por essa análise foi possível confirmar a hipótese de que as horas de desconforto pelo frio acontecem a noite. O desempenho térmico do casarão passou para 76% de horas de conforto térmico nos horários de funcionamento e apenas 0,04% das horas de desconforto foram ocasionadas pelo frio (figura 12).

Mesmo com um aumento significativo dos níveis de conforto térmico, simulando apenas os horários de funcionamento, o nível de desconforto pelo calor ainda foi alto. Reforçando que essa pesquisa analisa uma edificação histórica tombada pelo IPHAN, qualquer alteração nas características do edifício deve ser muito bem estudada. Portanto, uma terceira simulação considerou apenas o valor de absorvância, ou seja, simular uma pintura nas fachadas na cor branca, passando a absorvância de 0,5 para 0,2.



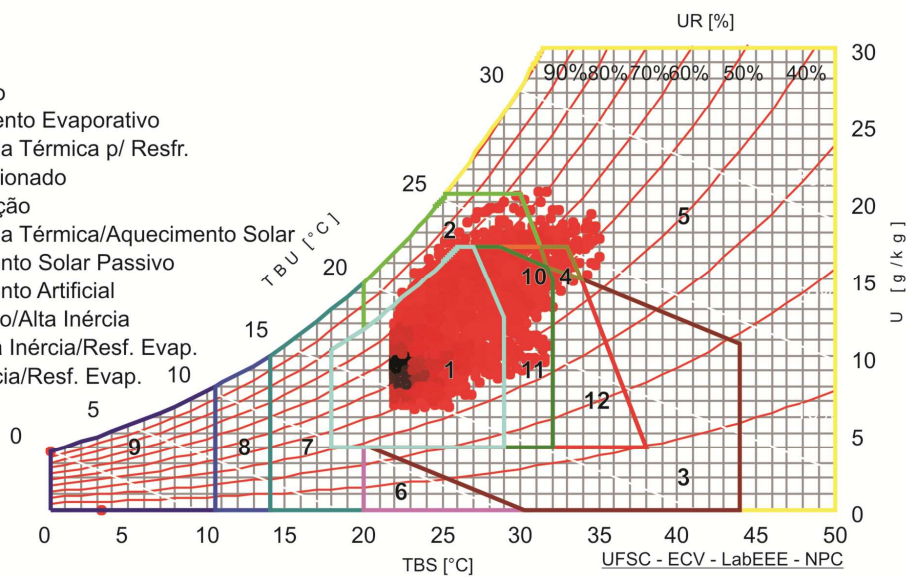
Os resultados dessa simulação não apresentaram variações significativas de desempenho, conforme figura 13.



**Figura 12 – Desempenho Térmico para os horários de funcionamento**

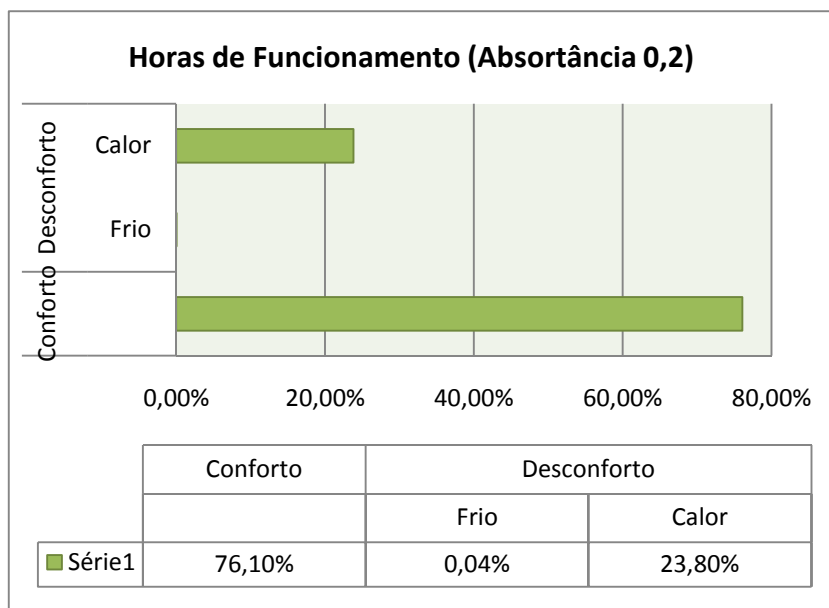
ZONAS:

1. Conforto
2. Ventilacao
3. Resfriamento Evaporativo
4. Alta Inércia Térmica p/ Resfr.
5. Ar Condicionado
6. Umidificação
7. Alta Inércia Térmica/Aquecimento Solar
8. Aquecimento Solar Passivo
9. Aquecimento Artificial
10. Ventilação/Alta Inércia
11. Vent./Alta Inércia/Resf. Evap.
12. Alta Inércia/Resf. Evap.



**Figura 13 – Desempenho Térmico - Horas de Funcionamento e baixa absortância**

O nível de conforto foi mantido nos 76 % e o desconforto pelo calor não alterou, conforme figura 14.



**Figura 14 – Desempenho Térmico – Horas de Funcionamento e Absortância 0,2**

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A avaliação de desempenho térmico do casarão 2 pode ser considerada boa. A elevada inércia térmica das paredes da edificação permitiu uma temperatura amena em seu interior na maior parte do ano. Apesar da edificação possuir um grande número de aberturas, o que favorece a ventilação cruzada, o maior nível de desconforto é justamente pelo calor. Considerando a longa fachada sul, baixar o valor da absortância foi uma estratégia simulada com a intenção de reduzir os ganhos térmicos considerando o fechamento vertical no verão, já que a insolação na referida orientação só ocorre nos meses mais quentes do ano. Mesmo com essa alteração, baixar absortância de 0,5 para 0,2, não gerou um aumento considerável do grau de conforto térmico. O desconforto pelo calor manteve-se em mais de 23% do tempo.

Para futuras análises, outras estratégias deverão ser estudadas para diminuir o nível de desconforto pelo calor na edificação, como avaliar a real eficiência das aberturas com postigo de madeira, definir diferente *schedules* para o acionamento das mesmas, analisar um possível isolamento térmico da cobertura e outras soluções que não contrariem as normas de preservação do patrimônio do IPHAN.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.220**. Norma Brasileira de Desempenho Térmico para Edificações de Interesse Social, 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: ABNT, 2005.
- \_\_\_\_\_. **NBR 15.220**. Norma Brasileira de Desempenho Térmico para Edificações de Interesse Social, Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.
- BREYMANN, G. A. **Muri Costruzioni in mattoni ed pietre artificiali e naturali**. Da Breymann, Trattato di Costruzioni civili, 1885. Editrice Librerie Dedalo Roma.
- CUNHA, Eduardo G., et al. **Elementos de Arquitetura de Climatização Natural**. Porto Alegre: Masquatro, 2 ed, 2006
- LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 2a edição. São Paulo: ProLivros, 2004.
- Ministério da Cultura – Patrimônio Vivo, Pelotas – RS. Brasília, DF : IPHAN / Programa Monumenta, 2007