



## XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção  
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

# ANÁLISE DO IMPACTO DE PONTES TÉRMICAS NO CONSUMO DE ENERGIA EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS NAS ZONAS BIOCLIMÁTICAS 1, 2 E 3<sup>1</sup>

FREITAS, Julye M. R. (1); LEITZKE, Rodrigo K. (2); GIOIELLI, Beatriz I. (3); CUNHA, Eduardo G. (4);

(1) UFPEL, e-mail: juramalhof@hotmail.com; (2) UFPEL, e-mail: rodrigokarinileitzke@gmail.com; (3) UFPEL, e-mail: beagioielli@gmail.com; (4) UFPEL, e-mail: eduardogralacunha@yahoo.com.br

### RESUMO

O consumo de energia elétrica atinge índices cada vez maiores. As edificações são as principais responsáveis por esse aumento de consumo. Nesse sentido, a busca por construções com menor impacto energético passou a ser essencial. No contexto das edificações, as pontes térmicas são pontos frágeis do envoltório, onde a resistência térmica varia consideravelmente entre dois pontos distintos, seja por troca de materiais com diferentes condutividades, alteração na espessura da estrutura ou em ligações de parede, piso ou teto. A existência de pontes térmicas em uma edificação pode ser favorável ou não para obtenção do conforto térmico esperado. O objetivo deste trabalho é analisar o impacto das pontes térmicas no consumo de energia em edificações residenciais nas zonas bioclimáticas 1, 2 e 3. O método é caracterizado pela definição de casos bases e simulações computacionais dos casos com a presença e ausência de pontes térmicas nas zonas bioclimáticas 1, 2 e 3. Os resultados mostram que, independente da zona bioclimática, a absorptância solar é o fator mais impactante nos níveis de consumo energético. Paredes com ou sem pontes térmicas com baixa absorptância ocasionam menor consumo e esse consumo aumenta gradativamente conforme o aumento da absorptância.

**Palavras-chave:** Pontes térmicas, eficiência energética, simulação computacional.

### ABSTRACT

The electricity consumption is reaching even higher indexes. The buildings are the main responsible for this increase in consumption. Based on this, the search for buildings with lower energy impact has become essential. Thermal bridges are weak points of buildings where the thermal resistance varies considerably between two distinct points, either by exchange of materials with different conductivities, change in thickness of the structure or wall, floor or ceiling connections. The existence of thermal bridges in a building can be favorable or not to obtain the expected thermal comfort. The purpose of this study is to analyze the impact of thermal bridges in energy consumption in residential buildings in bioclimatic zones 1, 2 and 3. The method is characterized by determination of default cases and computer simulations of this cases with the presence and absence of thermal bridges in bioclimatic zones 1, 2 and 3. The results show that regardless of the bioclimatic zone, solar absorptance is the most striking

<sup>1</sup> FREITAS, Julye M. R.; LEITZKE, Rodrigo K.; GIOIELLI, B. I.; CUNHA, Eduardo G. Análise do impacto de pontes térmicas no consumo de energia em edificações nas zonas bioclimáticas 1, 2 e 3. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

factor in power consumption levels. Walls with or without thermal bridges with low absorbance cause lower consumption and that consumption increases gradually with the increase in absorbance.

**Keywords:** *Thermal bridge, Energy efficiency, computer simulation.*

## 1 INTRODUÇÃO

O consumo de energia elétrica no Brasil vem crescendo de forma desenfreada. As edificações representam hoje 50% do consumo de energia elétrica, sendo o setor residencial o maior consumidor, responsável por 24,9% deste, seguido do setor comercial 17,1% e do setor público 8% (BEN, 2015).

No Brasil, as discussões sobre eficiência energética só começaram a ganhar importância depois de 2001, com a crise no setor energético, que obrigou o país a buscar medidas mais eficientes, junto à racionalização do consumo de energia elétrica.

Em 2005, surgiram as primeiras normas de avaliação do desempenho térmico no país. A primeira foi a NBR 15.220, que na sua segunda parte apresenta cálculos que possibilitam avaliar o desempenho térmico de edificações de interesse social. Nesta norma, na terceira parte, encontra-se o zoneamento bioclimático brasileiro, o qual estabelece diretrizes e estratégias bioclimáticas para as diferentes oito zonas do país. Em seguida, em 2008 foi publicada a primeira versão da NBR 15.575, que avalia o desempenho de edificações residenciais e define 13 aspectos a serem considerados durante a análise do edifício residencial. Essa norma foi atualizada em 2013 quando efetivamente passou a vigorar.

Nenhuma das duas normas apresenta qualquer consideração sobre pontes térmicas nos cálculos de transmitância térmica. A existência de pontes térmicas nas edificações pode promover o aumento das trocas de calor na envoltória, por serem pontos fracos, onde o fluxo de calor passa de maneira diferente e com mais facilidade. Isso influencia diretamente no comportamento do consumo energético.

Na esfera internacional, as consequências das pontes térmicas em edificações já são consideradas, e, já existem normas que tratam desse tema. As normas suíças EN ISO 14.683 (2007) e EN ISO 10.211 (1995) determinam métodos detalhados para cálculos de pontes térmicas. As normas argentinas IRAM 11.630 (2000) e IRAM 11.605 (1996) determinam respectivamente procedimentos para avaliação dos riscos de condensação superficial e valores máximos de transmitância térmica em fechamentos opacos. A norma alemã DIN 4108 (2013) aborda assuntos como proteção contra umidade e possibilidade de formação de bolor, métodos de cálculo e orientações para construção. Ainda existe a Regulamentação Térmica Portuguesa (RCCTE) que apresenta métodos de cálculo de pontes térmicas simplificados.

## 1.1 Pontes Térmicas

Ponte térmica é um termo que designa toda e qualquer zona da envolvente dos edifícios em que a resistência térmica é significativamente alterada em relação a zona corrente.

Segunda a norma EN ISO 10.211-1 (1995), as pontes térmicas caracterizam uma parte envolvente dos edifícios onde a resistência térmica é modificada por:

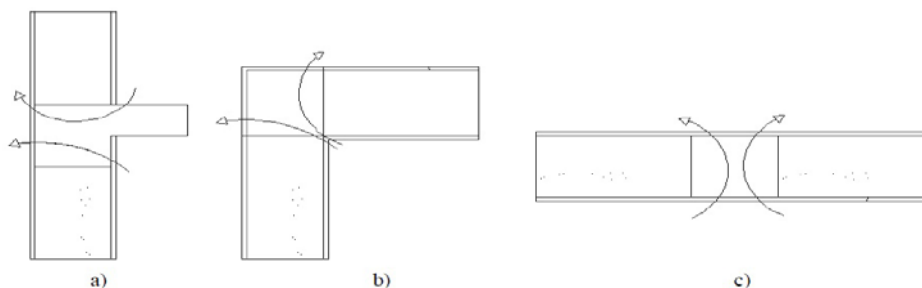
- Uma penetração total ou parcial da envolvente do edifício por materiais de condutividade térmica diferente;
- Uma mudança na espessura da estrutura;
- Uma diferença entre as estruturas externas e internas, como ocorre nas ligações parede/piso/teto.

Em todos esses casos o fluxo de calor procura o caminho no qual a resistência térmica seja menor. Sendo essa em função da distância entre pontos e da condutividade térmica do material.

Na Figura 1 podemos observar três tipos diferentes de pontes térmicas que podem ocorrer nas edificações:

- a) Corte vertical de uma ponte térmica devido à ligação da fachada com a laje;
- b) e c) corte horizontal de uma ponte térmica devido a ligação entre duas paredes verticais com transmitâncias diferentes.

Figura 1: Tipos de pontes térmicas



Fonte: Pessoa (2011)

Em estudo realizado por Gioielli et al. (2014), os quais analisaram o impacto de pontes térmicas em estruturas de concreto armado no desempenho energético de edifício hoteleiro para quatro zonas bioclimáticas brasileiras, observou-se que para edificações com PAFT (percentual de área de abertura na fachada total) de 30% a 45% as pontes térmicas implicam em uma diminuição da estimativa de consumo, que dependendo da zona bioclimática pode chegar a 10%. No caso de 60% de PAFT a não consideração da ponte térmica pode representar um aumento de até 4% na estimativa de consumo dependendo da zona climática brasileira.

## 2 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é apresentar o impacto das pontes térmicas em edificações residenciais com estrutura de concreto armado nas zonas bioclimáticas brasileiras 1, 2 e 3.

## 3 MÉTODO

A pesquisa foi desenvolvida em cinco etapas. Na primeira etapa foi definida a tipologia a ser estudada. Decidiu-se por uma edificação de quatro pavimentos e utilizou-se a configuração conforme recomenda o RTQ-R - Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais, observando as características de uso e ocupação, densidade de carga interna (Quadro 1), ar condicionado durante a noite e ventilação natural durante o dia.

A segunda etapa é referente à modelagem e configuração da edificação e dos casos a serem simulados. Foi utilizado o software *DesignBuilder* versão 3.1.0.036, e foram modelados dois edifícios, um modelo considerando a presença de pontes térmicas na estrutura das paredes e outro não considerando a presença de pontes térmicas. Para modelagem com e sem pontes térmicas, devido à limitação do programa utilizado, foram necessárias adaptações no modelo, calculando paredes equivalentes conforme caracterizado no subitem 3.1.3.

Na terceira etapa, buscando otimizar o tempo necessário para as simulações e alterações dos parâmetros caso a caso, foi desenvolvido um trabalho de otimização das simulações.

Após a modelagem do modelo e a configuração dos casos através do programa *DesignBuilder* versão 3.1.0.036, deu-se início às simulações, que foram realizadas no software *EnergyPlus* – quarta etapa da pesquisa. O edifício residencial foi simulado com distintas configurações. As alterações em cada caso estão demonstradas na Tabela 1: a espessura da parede, a fim de obter diferentes transmitâncias térmicas alcançadas a partir do cálculo da parede equivalente, e a absorvância solar, variando de uma cor clara a uma escura, fundamentado nos dados da NBR 15.575 (2013). Permaneceram inalteradas, em todos os casos, a densidade de iluminação e densidade de carga de equipamentos, referenciados pela norma NBR 16.401 (ABNT, 2008) e pelo RTQ-R (2012).

Um total de 32 configurações foram simuladas para cada uma das 3 primeiras zonas bioclimáticas brasileiras, representadas pelas cidades de Curitiba, Santa Maria, Florianópolis, respectivamente.

A quinta e última etapa, foi a análise e discussão de resultados, visando entender o comportamento da edificação e a influência das pontes térmicas em edifícios residenciais.

### 3.1 Definição das tipologias e características de uso e ocupação

O Quadro 1 caracteriza a tipologia analisada. Para a simulação dos casos sem a presença das pontes térmicas escolheu-se um sistema autoportante de cerâmica e para o caso com a presença das pontes térmicas, um sistema de esqueleto estrutural de concreto armado. A fim de representar no primeiro caso a forma mais usual de modelagem computacional, desconsiderando o sistema estrutural, e no segundo caso, utilizar um sistema estrutural de maior impacto na composição dos fechamentos verticais.

Quadro 1: Tipologia e uso

Dimensão		23m x 8,5m	
Número de pavimentos		4	
Ambiente	Atividade Realizada	Calor Produzido	Calor produzido para área de pele = 1,80 m <sup>2</sup>
		(W/m <sup>2</sup> )	(W)
Sala	Sentado ou assistindo TV	60	108
Dormitórios	Dormindo ou descansando	45	81
Sistema de ar condicionado (HVAC)		COP 3,00 (resfriamento) COP 2,75 (aquecimento)	

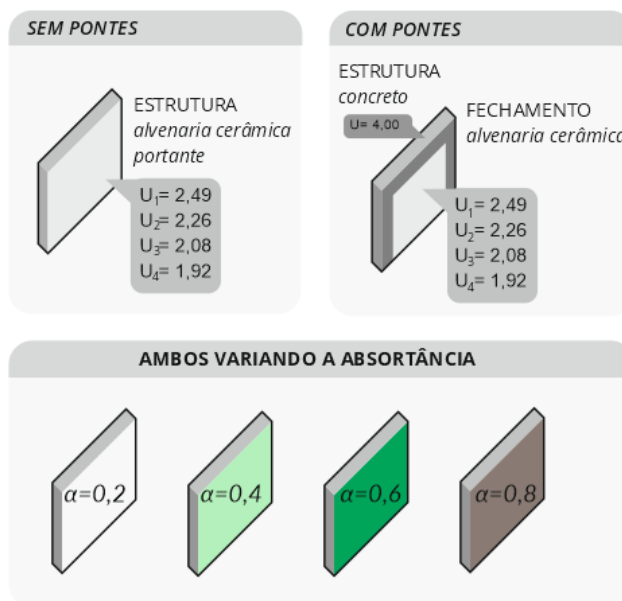
Fonte: RTQ-R (2012)

#### 3.1.2 Definição dos parâmetros

Para que se pudesse avaliar o impacto da presença de pontes térmicas em edificações residenciais nas zonas bioclimáticas brasileiras, optou-se pela simulação computacional de um mesmo edifício com alterações de parâmetros nos materiais presentes nos fechamentos. Definiram-se diferentes valores de transmitância térmica e absorptância solar. Para transmitância térmica foi utilizado o valor limite para zonas mais frias (2,50 W/m<sup>2</sup>K), estabelecido pela NBR 15.575, as demais configurações de transmitância (2,26, 2,08 e 1,92 W/m<sup>2</sup>K) buscaram resultados para prédios mais isolados, observando a variação da posição do tijolo furado na parede, considerando sua menor e sua maior dimensão. A variação de absorptância solar também está dentro dos valores estabelecidos pela norma. (Figura 2).

Figura 2: Parâmetros para simulação

### MODELOS DAS PAREDES SIMULADOS



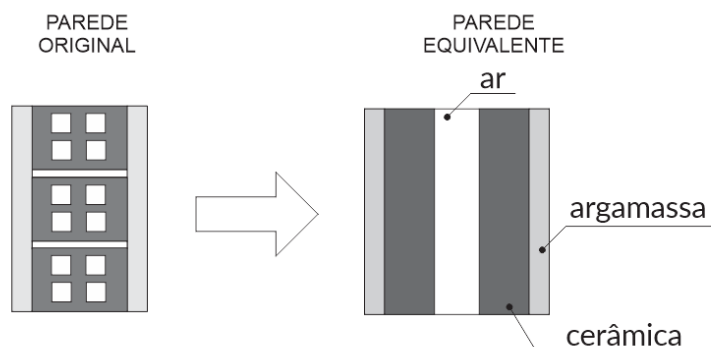
Fonte: Autores

#### 3.1.3 Definição da parede equivalente

No mundo real os fechamentos, principalmente de alvenaria cerâmica são formados por camadas heterogêneas. Considerando que o software *EnergyPlus 8.3*, utilizado para simulação computacional, entende os fechamentos como compostos por camadas homogêneas, tiveram que ser feitas alterações nos modelos a serem simulados. Em ambos os casos, com e sem pontes térmicas, é necessário calcular uma parede equivalente, com as mesmas propriedades de transmitâncias e capacidade térmica da parede real.

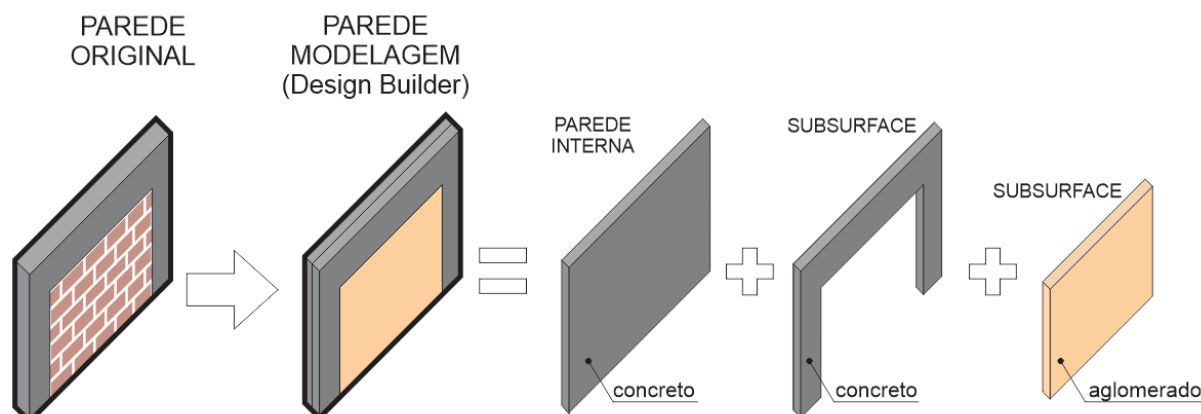
A transformação da parede real para a equivalente é exemplificada na Figura 3, cujas dimensões dos casos com e sem pontes térmicas são demonstradas nas Tabelas 1 e 2.

Figura 3: Parede equivalente



Fonte: Autores

Figura 4: Parâmetros para simulação



Fonte: Autores

Nos modelos com pontes térmicas, houve uma maior complexidade em relação à modelagem computacional, já que o programa *DesignBuilder*, também não reconhece fechamentos verticais heterogêneos ao utilizar os recursos básicos que esse oferece. No entanto, conseguiu-se simular o efeito do sistema estrutural de concreto armado e com isso, simular a presença de pontes térmicas que ocorrem nesse caso, quando a direção do fluxo térmico é alterada por condutividades térmicas diferentes presentes na envoltória. Para tanto, foi utilizado elementos nomeados *subsurfaces*, que permitem sobrepor elementos, no caso o concreto, às paredes, de modo a recriar o efeito de uma estrutura de concreto armado com fechamento em alvenaria. A parte que representa a alvenaria de fechamento aparece representada como uma *subsurface* de aglomerado sobreposta à parede de concreto. Foi escolhido um aglomerado de baixa transmitância térmica, a fim de evitar os efeitos do acúmulo de calor na estrutura externa do edifício.

As paredes, tanto a equivalente como a modelada, são consideradas no modelo como um conjunto, apesar de serem compostas por diversos elementos. As Tabelas 1 e 2 mostram apenas as alterações que ocorrem nos elementos. No caso da parede equivalente a camada de ar permanece inalterada 2cm, assim como a espessura de reboco 2cm para cada lado. No caso da parede modelada, com pontes, a parede interna de concreto permanece com a mesma espessura 8cm, variando os demais elementos. As absorvâncias foram alteradas nos elementos em contato com o exterior, da parede como um todo e não de elementos isolados.

### 3.2 Definição dos parâmetros e geração dos casos

Para evitar a tarefa de configurar todos os casos manualmente a solução prática encontrada foi implementar um algoritmo, que dado um arquivo de entrada no formato idf – formato exportado pelo *DesignBuilder* – fosse



possível gerar um total de 32 configurações para a análise, com suas respectivas modificações indicadas nas tabelas a seguir.

Tabela 1- Casos sem pontes térmicas

	Transmitância	Espessura Total	Espessura da Cerâmica	Densidade da Cerâmica	Absortância do Revestimento
Caso 01	2,49 W/m²K	0,11 m	0,026 m	457,31 Kg/m³	0,2
Caso 02					0,4
Caso 03					0,6
Caso 04					0,8
Caso 05	2,26 W/m²K	0,15 m	0,03 m	396,34 Kg/m³	0,2
Caso 06					0,4
Caso 07					0,6
Caso 08					0,8
Caso 09	2,08 W/m²K	0,17 m	0,04 m	297,25 Kg/m³	0,2
Caso 10					0,4
Caso 11					0,6
Caso 12					0,8
Caso 13	1,92 W/m²K	0,20 m	0,06 m	198,17 Kg/m³	0,2
Caso 14					0,4
Caso 15					0,6
Caso 16					0,8

Fonte: Autores

Tabela 3- Casos com pontes térmicas

	Transmitância	Espessura do Aglomerado	Densidade do Aglomerado	Absortância do Revestimento
Caso 17	2,49 W/m²K	0,011 m	553,35 Kg/m³	0,2
Caso 18				0,4
Caso 19				0,6
Caso 20				0,8
Caso 21	2,26 W/m²K	0,015 m	405,79 Kg/m³	0,2
Caso 22				0,4
Caso 23				0,6
Caso 24				0,8
Caso 25	2,08 W/m²K	0,017 m	358,05 Kg/m³	0,2
Caso 26				0,4
Caso 27				0,6
Caso 28				0,8
Caso 29	1,92 W/m²K	0,020 m	304,34 Kg/m³	0,2
Caso 30				0,4
Caso 31				0,6
Caso 32				0,8

Fonte: Autores

#### 4 ANÁLISE DE RESULTADOS

O processo de análise dos resultados obtidos foi desenvolvido através de comparações das edificações com que consideravam e que não consideravam a presença de pontes térmicas na composição da parede. Para estas comparações foram considerados, segundo o RTQ-R, os mesmos

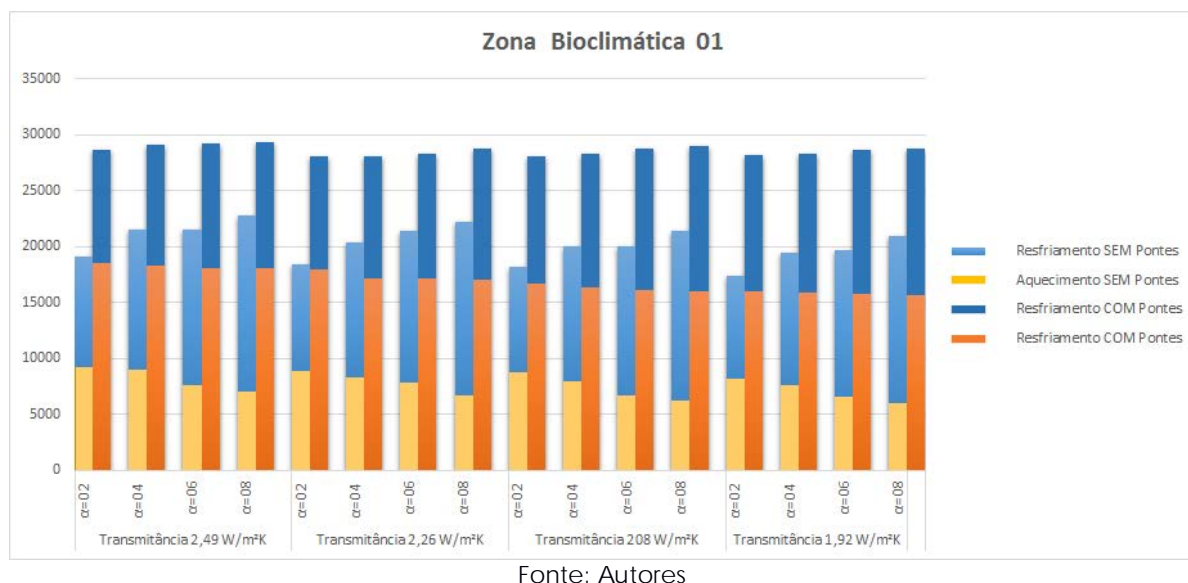


valores para uso e ocupação, equipamentos, iluminação e densidade. Em ambas as edificações simuladas, o valor encontrado para o consumo de energia em iluminação em todos os casos foi de 5487,1 kWh/ano e para equipamentos o valor obtido como consumo foi de 4198,2 kWh/ano. Embora os valores de consumo em iluminação e equipamento apresentados sejam expressivos dentro do consumo de energia da edificação, por apresentarem valores constantes em todos os casos simulados, esses dados não foram considerados nas comparações apresentadas a seguir. Destaca-se inicialmente, que o modelo não é sensível à variação da transmitância térmica entre o caso mais isolado ( $1,92 \text{ Wm}^2/\text{K}$ ) e o menos isolado ( $2,49 \text{ Wm}^2/\text{K}$ ). Embora trabalhos como o de Pacheco (2012) evidenciem que envelopes super isolados com transmitância térmica baixa ( $0,10 \text{ Wm}^2/\text{K}$ , paredes,  $0,13 \text{ Wm}^2/\text{K}$ , cobertura e  $0,11 \text{ Wm}^2/\text{K}$ , piso) apresentam desempenho termoenergético superior a fechamentos menos isolados ( $1,86 \text{ Wm}^2/\text{K}$ , paredes,  $3,47 \text{ Wm}^2/\text{K}$ , cobertura e  $1,31 \text{ Wm}^2/\text{K}$ , piso). A pequena variação de transmitância térmica é relacionada às possíveis posições do tijolo furado na parede, na sua menor e maior dimensão.

#### 4.1 Zonas bioclimáticas 1 e 2

A análise envolvendo as zonas bioclimáticas brasileiras 1 e 2, zonas que possuem temperaturas baixas no inverno, apresentam um comportamento relacionado ao consumo de energia muito semelhante em ambos os casos, representados neste trabalho pela zona bioclimática 1 (Figura 4). Em todos os casos, edificações que não consideram a presença de pontes térmicas na composição da parede apresentam um consumo total de energia, para aquecimento e resfriamento, menor quando comparado às edificações que possuem pontes térmicas. Analisando o gasto de energia com aquecimento, os fechamentos sem a presença das pontes térmicas seguem mais econômicos, no caso mais extremo há uma diferença de 67% no consumo de energia entre casos com e sem pontes térmicas na zona bioclimática 1. Para avaliação do resfriamento ocorre o contrário, a maior parte dos casos com a presença de pontes térmicas possuem um consumo menor, apresentando uma diferença de até 81% no caso mais extremo na zona bioclimática 1. Esse valor elevado é compensado pela grande diferença no consumo de aquecimento entre todos os casos.

Figura 4: Zona Bioclimática 1

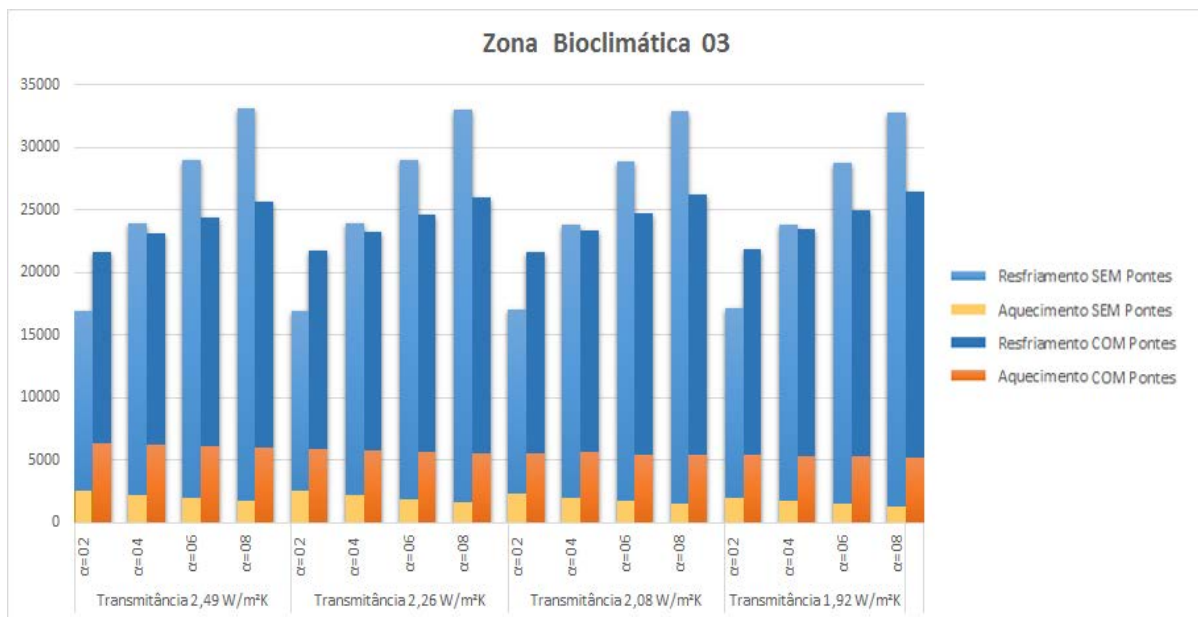


Pode-se observar também que em todos os casos, independentemente do nível de isolamento, quando a absorvância solar é menor o consumo energético é menor, subindo gradativamente conforme o aumento da absorvância. Em uma média de todos os casos simulados nas zonas bioclimáticas 1 e 2, edificações sem pontes térmicas podem representar 13% de redução no consumo de energia total de uma edificação residencial.

#### 4.2 Zona bioclimática 3

A análise da zona bioclimática 3, que possui um rigor climático no inverno menor do que as zonas bioclimáticas 1 e 2, mas ainda com estação fria bem definida, apresenta um comportamento distinto, quando comparado às situações analisadas nas primeiras zonas bioclimáticas. Na maioria dos casos, o edifício residencial simulado com a presença de pontes térmicas na composição da parede apresenta um consumo menor de energia, considerando aquecimento e resfriamento, se comparado aos casos sem a presença de pontes térmicas, exceto para quando a absorvância solar apresenta o seu menor valor (Figura 5). Para avaliação do consumo com aquecimento, percebe-se o mesmo padrão discutido nas zonas bioclimáticas 1 e 2, onde os casos sem a presença das pontes consomem menos energia, proporcionando uma economia de até 75% no caso mais extremo. Com relação ao resfriamento, os casos com a presença de pontes são mais econômicos, apresentando 59% de economia no consumo de energia.

Figura 5: Zona Bioclimática 3



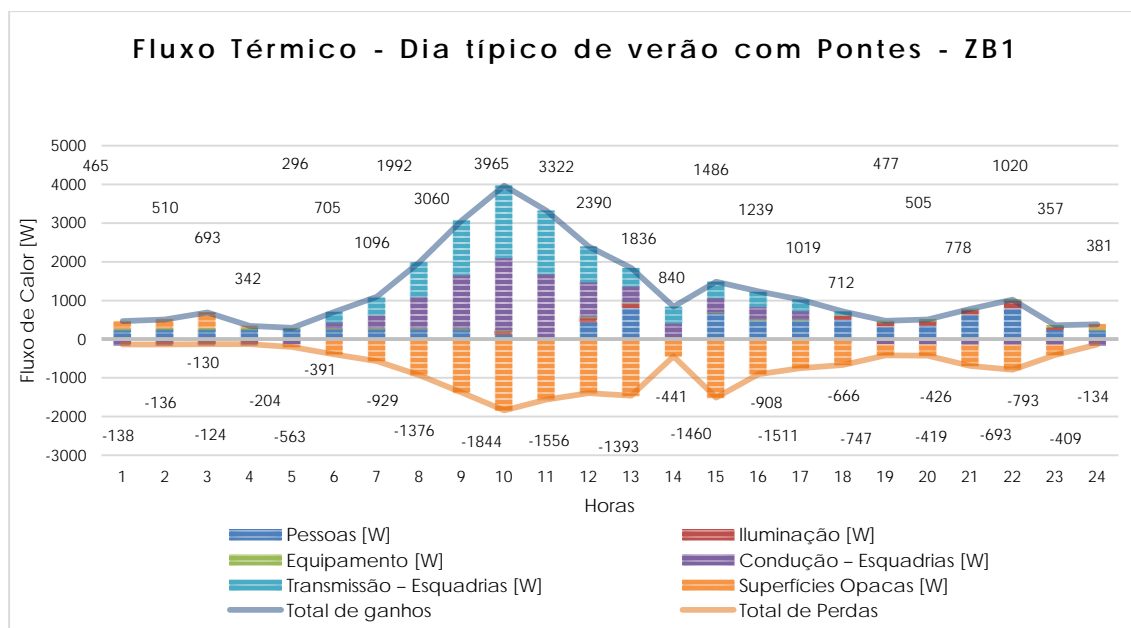
Fonte: Autores

A absorptância solar continua sendo um parâmetro relevante no consumo de energia, em todos os casos com menor absorptância, independente de nível de isolamento, o consumo de energia é menor. Na média de todos os casos simulados para a zona 3, as edificações simuladas com a presença de pontes térmicas na composição da parede, apresentam 7% de redução no consumo de energia através da simulação computacional, em relação aos casos sem a presença de pontes térmicas, nesta zona.

### 4.3 Balanço térmico da edificação

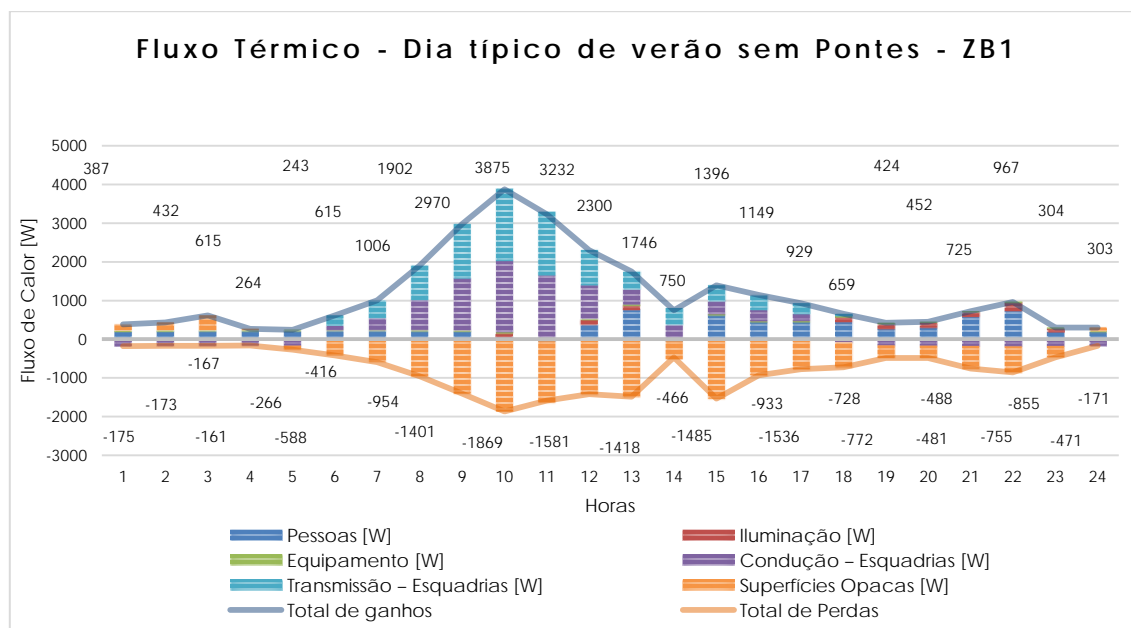
Para complementar a análise dos resultados discutidos anteriormente, optou-se por fazer um balanço do fluxo de perdas e ganhos de calor durante os dias típicos de inverno e verão da zona bioclimática 1 – representada neste trabalho por Curitiba – PR – para cada ambiente de permanência prolongada da edificação.

Figura 6: Fluxo Térmico para dia típico de verão Curitiba – PR, ZB1 Com Pontes Térmicas



Fonte: Autores

Figura 7: Fluxo Térmico para dia típico de verão Curitiba – PR, ZB1 Sem Pontes Térmicas



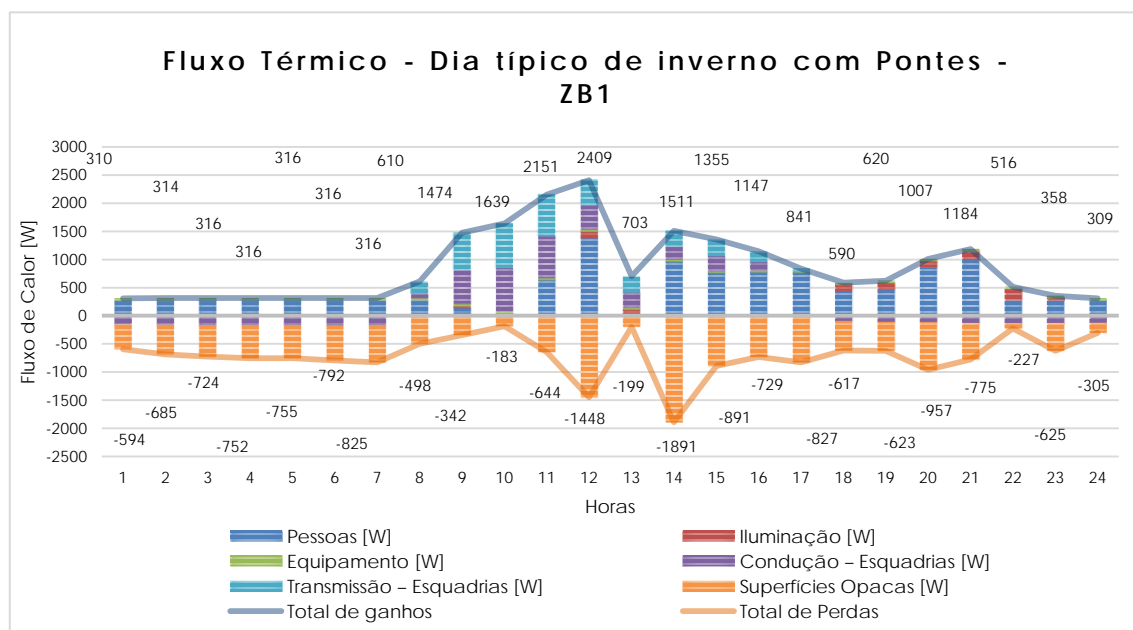
Fonte: Autores

É possível perceber uma similaridade no comportamento do fluxo de ganho e perda de calor na zona bioclimática 1, representada por Curitiba-PR (Figuras 6 e 7), tanto nas edificações com a presença de pontes térmicas na composição da parede, quanto nas edificações sem a presença de pontes térmicas.

Os índices que representam o ganho de calor por condução e transmissão das esquadrias, pessoas, iluminação apresentam a maior elevação nos

valores no período entre 6hrs e 13hrs nos dois contextos de paredes testados. Considerando a perda de calor nas superfícies opacas, a variação dos valores corresponde predominantemente ao período entre 6hrs e 23hrs, apresentando uma maior perda de calor do final da manhã ao início da tarde(das 10hrs às 13hrs).

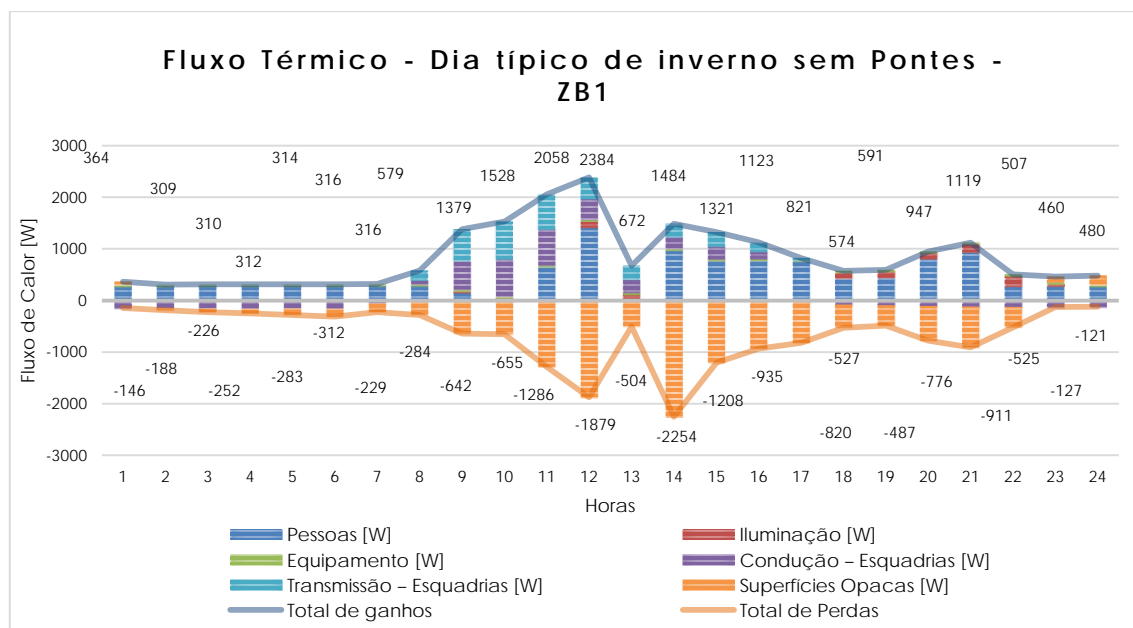
Figura 8: Fluxo térmico para dia típico de Inverno Curitiba – PR, ZB1 Com Pontes Térmicas



Fonte: Autores

No dia típicos de inverno para zona bioclimática 1, representada por Curitiba – PR (Figura 8), a presença das pontes térmicas na composição da parede com relação ao fluxo de ganho e perda de calor colaboraram para o aumento de calor na edificação (em especial no período entre às 8hrs e 21hrs) juntamente com os demais fatores presentes na análise. Além disso, as superfícies opacas influenciaram também na perda de calor da edificação durante boa parte do dia com picos às 11hs, 12 hs e 14hs.

Figura 9: Fluxo térmico para dia típico de Inverno Curitiba – PR, ZB1 Sem Pontes Térmicas



Fonte: Autores

No dia típico de inverno, para a mesma zona (Figura 9), na edificação sem a presença de pontes térmicas na composição das paredes, podemos perceber que, a ausência das pontes térmicas proporcionaram ganho de calor, principalmente no período das 9hs às 21hs e perda de calor no período das 9hs às 12hs e das 14hs às 21hs.

## 5 CONCLUSÕES

A elaboração deste trabalho contribuiu para ressaltar a importância da discussão envolvendo a consideração da presença das pontes térmicas na composição da estrutura da parede.

Comparando o efeito das pontes térmicas em edificações com fechamentos mais e menos isolados e diferentes absorvâncias, verificou-se que a cor é a principal influência na alteração do consumo de energia. Observou-se também que a transmitância térmica (U) do envelope da edificação com as variações propostas no trabalho, não foi um dos fatores determinantes para alterações no consumo energético da edificação.

Quando a modelagem foi elaborada de maneira tradicional para simulação computacional, sem considerar a presença de pontes térmicas nos fechamentos verticais, para as zonas bioclimáticas 1 e 2 o consumo de energia foi menor quando comparado com os resultados do modelo simulado que considerou a presença de pontes térmicas. Já na análise de resultados da zona bioclimática 3, o modelo em que as pontes térmicas foram consideradas na modelagem para simulação, apresentou um consumo menor de energia, quando comparado com o modelo em que as pontes térmicas não foram consideradas.

De acordo com os resultados apresentados, para as zonas bioclimáticas brasileiras 1 e 2 – zonas que possuem um clima frio no inverno – é possível observar que, quando não são consideradas na simulação as pontes térmicas, há uma previsão acima do consumo real de energia, visto que a presença das pontes térmicas nas edificações residenciais testadas nessas regiões apresentam um consumo de energia maior quando comparadas às edificações sem a presença de pontes térmicas. Já para zona bioclimática 3, com a inclusão das pontes térmicas na simulação computacional, é possível observar uma previsão abaixo do consumo real de energia, já que a presença das pontes térmicas colaborou para diminuir o consumo energético nesta zona.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220**: desempenho térmico de edificações. Rio de Janeiro. 2005.

\_\_\_ **NBR 15575**: Desempenho de edifícios de até cinco pavimentos: parte 1: requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2008.

BEN 2015 – **Balanco Energético Nacional 2015**. Disponível em < <https://ben.epe.gov.br/> >. Acessado em abril de 2016.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NÖRMUNG. **DIN 4108** – Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden. Teil 3: Klimabedingter Feuchteschutz, Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise für Planung und Ausführung. Alemanha, 2001.

GIOIELLI, B; ALMEIDA, A; CUNHA, E; FERRUGEM, A. Estudo do Efeito de Pontes Térmicas em Estruturas de Concreto Armado no Desempenho Energético de Edifício Hoteleiro Para 4 Zonas Bioclimáticas Brasileiras. **XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Anais do evento**. Alagoas, 2015.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 14683** - Thermal bridges in building construction — Linear thermal transmittance — simplified methods and default values. Suíça: ISO, 2007.

\_\_\_ **ISO 10211** - Thermal bridges in building construction — Heat flows and surface temperatures — Detailed calculations. Suíça: ISO, 2007.

INMETRO - Instituto Nacional de Meteorologia, Normalização e Qualidade Industrial. **RTQ-R**. Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Residenciais. Eletrobrás, 2012.

\_\_\_ **IRAM 11605** – Condicionamento Térmico de Edifícios – Condições de Habitabilidade nos Edifícios – Valores máximos de transmitância térmica em fechamentos opacos. Argentina: IRAM. 1996.

ORDENES, M.; PEDRINI, A.; GHISI, E.; LAMBERTS, R. **Metodologia utilizada na elaboração da biblioteca de materiais e componentes construtivos brasileiros para simulação no visual doe- 3.1**. Relatório de Pesquisa. Florianópolis, 2013.



PACHECO, Miguel Teixeira Gomes. **Ventilação Natural e climatização artificial: crítica ao modelo superisolado para residências de energia zero em Belém e Curitiba**. Tese de doutorado, UFSC. Florianópolis-SC, 2013.

PESSOA, Júlio Henrique Marques. **Análise da influência das pontes térmicas nos edifícios residenciais**. Dissertação de Mestrado. Lisboa: Universidade Nova de Lisboa, 2011.