



ESTUDO DO EFEITO DE PONTES TÉRMICAS DE ESTRUTURAS EM CONCRETO ARMADO NO DESEMPENHO ENERGÉTICO DE EDIFÍCIO HOTELEIRO NA ZONA BIOCLIMÁTICA 2

Beatriz Echenique Gioielli (1); Eduardo G. da Cunha (2); Antônio César Baptista da Silva (3); Gabriel G. Silva (4).

- (1) Acadêmica Arquitetura e Urbanismo – Universidade Federal de Pelotas, beagioielli@gmail.com;
(2) Prof. Dr. Arquiteto e Urbanista; Departamento de Tecnologia da Construção – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – UFPel – RS; e-mail: egcunha@terra.com.br;
(3) Prof. Dr. Arquiteto e Urbanista; Departamento de Tecnologia da Construção – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – UFPel – RS; e-mail: antoniocesar.sbs@gmail.com;
(4) PROGRAU – FAUrb - UFPel – RS; e-mail: gabriel_gadret@yahoo.com.br.

RESUMO

Diversas pesquisas comprovam a importância do envelope no desempenho energético das edificações, mas sobre a interferência das pontes térmicas não são encontradas referências nacionais. Grande parte das edificações em altura tem sua estrutura executada em concreto armado, com fechamentos verticais feitos normalmente em alvenaria convencional. As diferenças no desempenho térmico destes dois fechamentos impactam diretamente no consumo energético empregado em climatização, principalmente nas edificações comerciais. O objetivo deste trabalho é avaliar a influência das pontes térmicas de concreto armado no desempenho energético de um hotel localizado na Zona Bioclimática 2. A definição de uma tipologia de hotel levou em consideração a sua ocupação diurna e noturna. O método utilizado consistiu inicialmente na configuração de uso e ocupação de um caso base considerando o trabalho de Carlo (2008), sendo que para os parâmetros de densidade de carga de equipamentos e de iluminação foram consideradas também a norma NBR 16.401 (2008) e o RTQ-C (2010). Estes parâmetros resultaram em 8 configurações a serem simuladas. A seguir, definiu-se o dimensionamento de um modelo de referência de estrutura de concreto armado, que foi empregado como ponte térmica em toda a edificação. Foram construídos, simulados e comparados os casos com o auxílio do software DesignBuilder (versão 3.0.0.105). Os resultados encontrados no consumo energético de climatização impactaram em diferenças de até 164,40% para aquecimento, na configuração que considerava os parâmetros das pontes térmicas, no entanto, sobre o consumo energético anual da edificação a diferença ficou ao redor de 2%.

Palavras-chave: desempenho energético, pontes térmicas, simulação computacional.

ABSTRACT

Diverse studies show the importance of the envelope on the energy performance of the building, but about the thermal bridges interference not national references has been found. Most buildings towers are structured with reinforced concrete, usually made with vertical closures in conventional masonry. The differences in the thermal performance of these two materials directly impact consumption used in cooling or heating, especially in commercial buildings. The objective of this study is to evaluate the influence of thermal bridges reinforced concrete in the energy performance of a hotel located in Bioclimatic Zone 2. The definition of a hotel, took into account their occupation day and night. The method used was initially to configure the setup for use and occupation of a case basis considering the work of Carlo (2008), and for the load density parameters of equipment and lighting were also considered NBR 16401 (2008) and RTQ-C (2010). These parameters resulted in eight configurations. Then was defined the design of a reference model for reinforced concrete structure, which was used as a thermal bridge in all the building. Were built, simulated and compared the cases with the DesignBuilder software (version 3.0.0.105). The results found in HVAC energy consumption impacted on differences of up to 164.40% for heating, for base case with configuration parameters of thermal bridges, however, about the annual energy consumption of building the difference was around 2%.

Keywords: energy performance, thermal bridges, computational simulation.

1. INTRODUÇÃO

A preocupação crescente com o nível de conforto dos usuários e, principalmente, com o consumo desnecessário de energia de edificações mal projetadas ou construídas com materiais não adequados conduziu a uma recente normatização sobre o tema. A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) aprovou, nos últimos anos, duas normas: a NBR 15220 - Desempenho Térmico de Edificações – em 2005 e a NBR 15575 – Desempenho de Edifícios Habitacionais – em 2013.

A NBR 15575 (2013) é ampla e propõe uma análise de requisitos, critérios e métodos de avaliação de desempenho que vão desde o desempenho estrutural, estanqueidade de aberturas, desempenho térmico, acústico e lumínico, até a adequação ambiental, durabilidade e manutenibilidade.

A NBR 15220 (2005), em sua parte 3, define recomendações quanto ao desempenho térmico de habitações unifamiliares de interesse social, indicando as diretrizes construtivas e as estratégias bioclimáticas mais adequadas para diversas Zonas Bioclimáticas. Além disso, muitas das prescrições contidas na norma, principalmente em relação às características físicas dos fechamentos (transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar), tem sido contestadas em trabalhos de pesquisadores da área.

Matos (2007) observou, através de um processo de simulação computacional em habitações com o uso de ventilação natural, que a limitação do atraso térmico previsto na norma não se justificaria, em função de que todas as paredes com transmitância térmica dentro dos limites estabelecidos apresentam semelhança nos resultados de graus-hora para a zona bioclimática 3.

Pereira (2009), que estudou a importância do envelope no desempenho térmico em uma habitação ocupada e ventilada naturalmente em Florianópolis, zona bioclimática 3, chegou à conclusão que, mais do que a transmitância térmica, a capacidade térmica dos fechamentos tem uma correlação positiva com o conforto térmico no interior das edificações. Tomando-se por base valores entre 0 e 1, a correlação entre a capacidade térmica e o desconforto, os valores estiveram próximos de 0,80 (correlação forte), enquanto que em relação à transmitância e o desconforto estes valores estiveram abaixo de 0,4, indicando uma correlação fraca.

A própria NBR 15575 (2013), posterior à NBR 15220 (2005), já utiliza alguns parâmetros diferentes para avaliação simplificada das edificações. A NBR 15575 (2013) utiliza a capacidade térmica e não o atraso térmico como limitador, mesmo critério do Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais, o RTQ-R (2012), que o usa como pré-requisito.

A importância de se ter recomendações projetuais confiáveis pode ser atestada através de trabalho de Venâncio et al (2011). Em pesquisa realizada com arquitetos, consultores e pesquisadores, constatou-se que, para 58% dos arquitetos, a adoção destas recomendações é a ferramenta mais frequente na tomada de decisões. Em relação a melhoria do desempenho térmico e energético das edificações 58,82% utilizam essas recomendações, enquanto para definir as estratégias climáticas de projeto este valor sobe para 70,59%.

No caso de edifícios comerciais o foco da análise do desempenho energético da envoltória concentra-se, principalmente, nas questões de controle de radiação solar no contexto dos fechamentos opacos e transparentes. Carlo (2008) em sua tese de doutorado realizou mais de 1000 simulações computacionais com o software Energy Plus, e com base no seu trabalho as equações de regressão linear presentes no RTQ-C (2010) foram geradas para avaliar o nível de eficiência energética da envoltória de edifícios comerciais, de serviços e públicos pelo método prescritivo. No caso dos fechamentos transparentes, outro importante aspecto discutido na atualidade e caracterizado por Zófoli (2011) para a cidade de Santa Maria, RS, é o percentual de abertura na fachada e o respectivo impacto no consumo de energia. Amorim et al. (2010) pesquisou a reabilitação dos aspectos físicos de um edifício de escritórios existente, localizado em Brasília-DF, visando a otimização do desempenho termo energético da envoltória, na busca pelo conforto térmico do usuário. Entre as propostas estudadas, está o projetado de novos brises e o remanejamento de brises existentes a partir da adequação dos ângulos e tipologias. A análise por simulação demonstrou o aumento de horas de conforto e da satisfação dos usuários no ambiente de trabalho.

Tanto no caso de edifícios residenciais, como também no caso de comerciais, não encontramos trabalhos acadêmicos no Brasil cujo foco seja a análise do impacto das pontes térmicas no contexto do desempenho termo energético das edificações.

Segundo Haupt (2007) a ponte térmica é caracterizada quando o fluxo térmico não é mais unidimensional. Valério (2007) afirma que a ponte térmica é toda a parte da envolvente de um edifício onde não é possível admitir a hipótese de unidirecionalidade do fluxo de calor e, por conseguinte, deixa de ser válida a abordagem de cálculo convencionalmente usado em análise de desempenho termo energético de edifícios, que toma a resistência térmica dos elementos uniforme na sua área. Em termos de fenômeno físico, nas zonas de pontes térmicas as linhas do fluxo de calor deixam de ser retilíneas, aspecto característico de

um processo unidirecional (Figura 1), e tomam as direções em que a resistência oferecida à passagem de calor é menor.

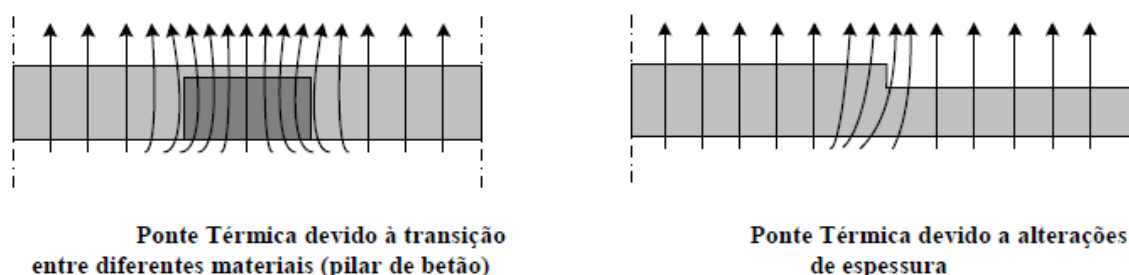


Figura 1 - Exemplos de pontes térmicas no envelope construído (VALÉRIO, 2007, p.11).

As pontes térmicas geram impactos no envelope das edificações. O principal problema acordando com EVANS e SCHILLER (2010) é o favorecimento da condensação superficial. A norma argentina IRAM 11.549 (2002) define que a ponte térmica ocasiona maior fluxo de calor originando condensação superficial. No mesmo contexto Haupt (2007) afirma que as pontes térmicas geram uma diminuição brusca da temperatura de superfícies podendo gerar condensação superficial. A condensação devida também às pontes térmicas tem como consequência direta na maioria das vezes a formação de fungos filamentosos.

2. OBJETIVO

Este artigo tem como objetivo analisar a influência das pontes térmicas de sistemas estruturais em concreto armado no desempenho energético da envoltória de um edifício de hotelaria localizado na zona bioclimática 2, utilizando simulação computacional.

3. MÉTODO

O trabalho foi desenvolvido em três etapas. Na primeira, foi definida a configuração do caso base, considerando o trabalho de Carlo (2008) como referência. Na segunda etapa, foi definido o modelo de referência das pontes térmicas, definição dos setpoints de resfriamento/aquecimento e definição da densidade de carga interna (DCI) de iluminação/equipamentos. Na terceira etapa, foram realizadas as simulações computacionais utilizando o software DesignBuilder, sendo os resultados comparados sob o consumo energético decorrente, climatização artificial (aquecimento e resfriamento), do caso base e das configurações resultantes. Nos itens 3.1, 3.2 e 3.3 são apresentados de forma pormenorizada as três etapas da pesquisa.

3.1. Definição e configuração do caso base

O caso base foi definido como hotel, por conter características residenciais e comerciais, sendo ocupadas todas as horas do dia. Com base na análise tipológica de Carlo (2008) foram definidos o volume e o percentual de área de janela na fachada, e a partir desses dados, gerou-se um projeto arquitetônico que posteriormente, foi modelado no programa DesignBuilder versão 3.0.0.15.

O trabalho de Carlo (2008) foi utilizado como referência em decorrência da relevância na elaboração do RTQ-C, considerando a avaliação da envoltória. O modelo foi configurado utilizando os parâmetros referentes à tipologia de hotelaria do trabalho de referência, apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Parâmetros e Variáveis do modelo base.

Parâmetros		Variáveis
Dimensões		52m x 17m
Número de pavimentos		5
Percentual de Área de Janela na Fachada		30%
Vidro	Cor	Incolor
	Espessura	4mm
	Película	Não
Paredes	Transmitância	1,92W/m²K
	Absortância	0,25
Ocupação - densidade (pessoa/m²)		0,28
Densidade de carga interna	Iluminação	21W/m²
	Equipamentos	60W/m²
Padrão de uso (dias úteis;sáb/dom)	0:00-6:00	100%
	7:00-15:00	50%
	16:00-24:00	75%
	0:00-6:00	60%
	7:00-15:00	30%
	16:00-24:00	40%
Sistema de Ar condicionado	Split no freshair	COP 3,21 (heating/cooling)

3.1.2 Definição da parede equivalente

Para que pudessem ser configuradas as paredes externas no programa DesignBuilder, considerando a composição heterogênea do fechamento em alvenaria, foi necessária a construção de uma parede equivalente, composta por reboco, material cerâmico, camada de ar, material cerâmico e reboco com a mesma transmitância e capacidade térmica da parede original. Na Figura 2 apresenta-se a parede equivalente. Na Tabela 2 caracterizam-se as propriedades térmicas dos materiais que compõem a parede. Considerando a alteração das espessuras nessa nova parede equivalente, foi necessário ajustar a densidade de massa aparente do material cerâmico.

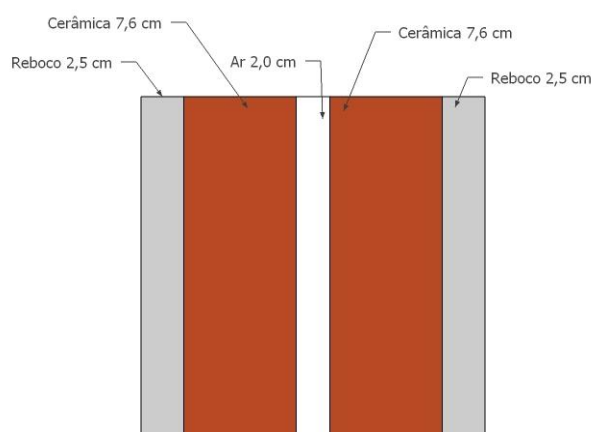


Figura 2 – Parede Equivalente.

Tabela 2 Materiais e parâmetros da parede equivalente.

Material	Variáveis	
Sistema (Parede)	Capacidade Térmica	202kJ/Km ²
Reboco	Espessura	0,025m
	Densidade de Massa	2000kg/m ³
	Calor específico	1,00kJ/Km ²
Cerâmica	Espessura	0,076m
	Densidade Massa Aparente	739,13kg/m ³
	Calor específico	0,92kJ/Km ²
Câmara de Ar	Espessura	0,02m

3.2. Definição e configuração do modelo de referência

Para poder atingir os parâmetros de transmitância de 1,92W/m²K determinado no caso base, e representar as pontes térmicas no programa DesignBuilder, calculou-se uma parede equivalente modelada com 3 subsurfaces: a parede pesada, representando as vigas e pilares de concreto com reboco; parede leve, feita de aglomerado e concreto; e parede interna, composta de concreto em toda a sua extensão, conforme mostra a Figura 3. Na Tabela 3 estão os materiais com os seus parâmetros detalhados.

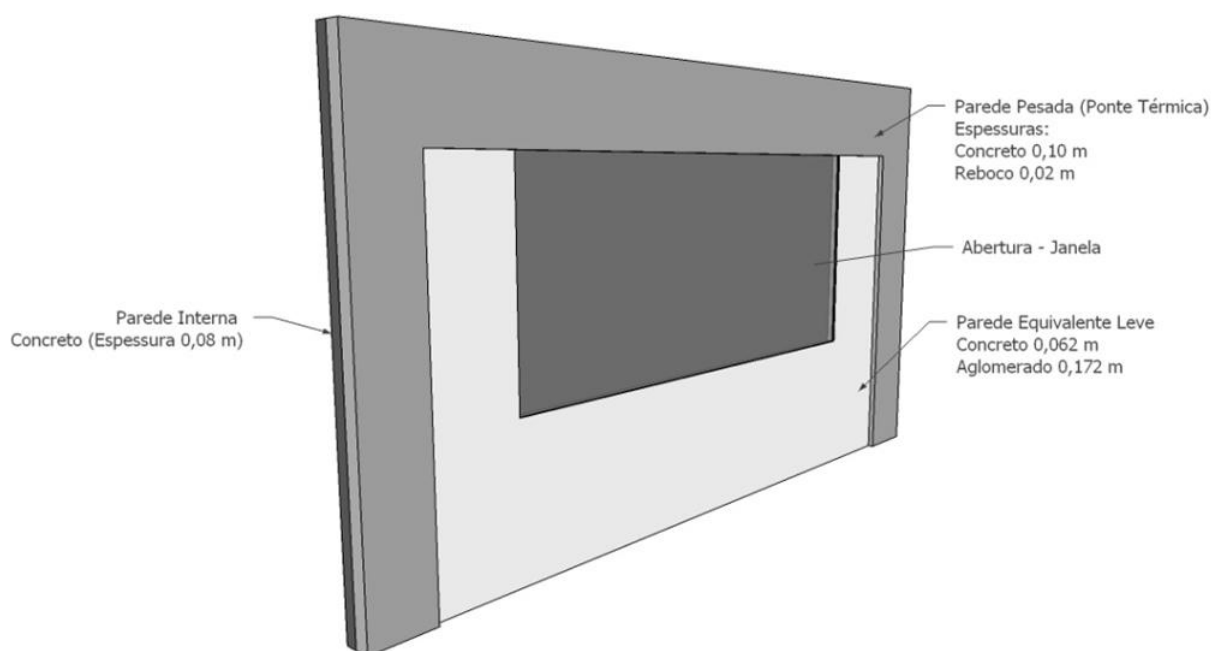


Figura 3 – Parede equivalente modelada com subsurfaces no programa DesignBuilder.

Tabela 3 – Parâmetros da Parede Equivalente.

Parede Interna (PI)	Concreto	Condutividade Térmica	1,75kJ/K.m ²
		Espessura	0,08m
		Densidade de Massa Aparente	2400kg/m ³
Parede Leve (PL) $U_{total} = R_{SI} + R_{PI} + R_{PL} + R_{SE}$ $U_{(PL + PI)} = 1,92 \text{ W/m}^2\text{K}$	Concreto	Condutividade Térmica	1,75kJ/Km ²
		Espessura	0,062m
		Densidade de Massa Aparente	2400kg/m ³
	Aglomerado	Condutividade Térmica	0,058kJ/Km ²
		Espessura	0,0172m
		Densidade de Massa Aparente	338,46kg/m ³
Parede Pesada (PP) $U_{total} = R_{SI} + R_{PP} + R_{PI} + R_{SE}$ $U_{(PP + PI)} = 3,71 \text{ W/m}^2\text{K}$	Concreto	Condutividade Térmica	1,75kJ/Km ²
		Espessura	0,1m
		Densidade de Massa Aparente	2400kg/m ³
	Reboco	Condutividade Térmica	1,15kJ/Km ²
		Espessura	0,02m
		Densidade de Massa Aparente	2000kg/m ³

3.2.1 Revisão e definição da DCI (equipamentos e iluminação)

Utilizou-se a densidade de carga de equipamentos sugerida por Carlo (2008) com 60W/m². Questionando esse parâmetro, foram utilizados os parâmetros de densidade de carga de equipamentos sugeridos pela NBR 16401 (ABNT, 2008) para comparação. Simulando com tipo de carga leve (6W/m²), médio (11W/m²) e alto (21W/m²).

A carga de iluminação utilizada por Carlo (2008) é de 21W/m², no entanto no RTQ-C (2010) o parâmetro de carga de iluminação para nível de eficiência energética A aparece como 11W/m².

3.2.2 Definição dos setpoints de aquecimento e refrigeração

Na configuração do controle ambiental o *setpoint* de aquecimento foi configurado para 22°C e o *setback* de aquecimento para 21°C; o *setpoint* de refrigeração ajustado para 24° e o *setback* de refrigeração para 25,5°C. Os setpoints foram definidos com base na NBR 16401 (ABNT, 2008).

3.3. Simulação e comparação do consumo do caso base e do modelo de referência

Com o modelo do caso base e o modelo de referência, com e sem pontes térmicas respectivamente, modelados e configurados no DesignBuilder, deu-se início às simulações. Nos primeiros dados gerados foram utilizados os parâmetros de Carlo (2008). Após as primeiras simulações confirmou-se que a DCI de 60W/m² estava fora dos parâmetros normativos, e com a utilização dos diferentes parâmetros de densidade de carga e de iluminação, referenciados pela norma NBR 16401(ABNT, 2008) e ao RTQ-C (2010), gerou-se 8 configurações a serem simuladas, com e sem pontes térmicas.

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

O resultado da simulação do caso Base confirmou o impacto causado pela densidade de equipamentos e iluminação, respectivamente 60W/m² e 21W/m², utilizados nesta configuração. Obviamente, estes parâmetros levaram a um alto consumo energético por m²/ano, alcançando 562,1kWh/m²/ano na simulação que desconsiderou as pontes térmicas e 556,5kWh/m²/ano ao considerar as pontes. No entanto, ao observar-se o consumo energético necessário para aquecimento do caso que considera as pontes térmicas, encontrou-se um resultado três vezes superior, mais precisamente 164,4% maior que a simulação que não as considerou, conforme a Figura 4. Já o consumo energético para refrigeração no caso que desconsiderou as pontes foi levemente menor (3,28%) que o caso que considera as mesmas, entretanto, o consumo anual empregado em refrigeração (729.898,3kWhAno) é muito mais significativo do que o consumo empregado no aquecimento (141,96kWhAno) em ambos os casos, podendo ter ocorrido por diversos motivos, como pela alta densidade de equipamentos e iluminação, pelas características bioclimáticas da região ou até pela configuração de uso e ocupação utilizada.

Tabela 4 – Simulação do Caso Base.

Caso Base	Sem Pontes kWh Ano	Com Pontes kWh Ano	Variação Percentual	Sem Pontes kWh/m ² Ano	Com Pontes kWh/m ² Ano
Equipamentos (60 W/m ²)	1482199	1482199	-	562,1	556,5
Iluminação (21 W/m ²)	247553,6	247553,6	-		
Aquecimento (COP 3,21 W/W)	53,6932	141,9629	164,40%		
Refrigeração (COP 3,21 W/W)	754653,8	729898,3	-3,28%		
TOTAL	2.484.460,093	2.459.792,9	-0,99%		

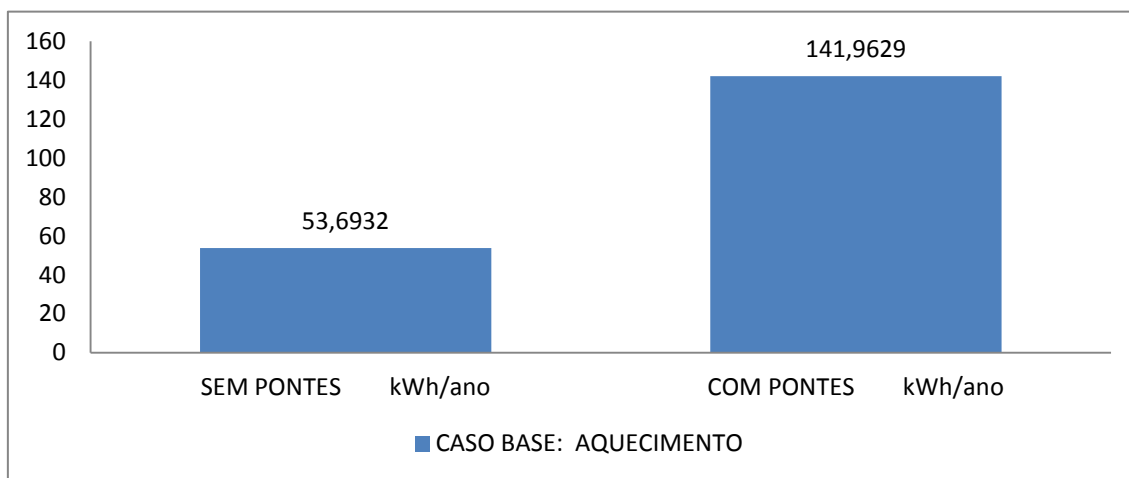


Figura 4 – Consumo energético de aquecimento considerando ou não as pontes térmicas.

Ao confrontar os outros casos (1, 2 e 3), na Tabela 2, que consideram os parâmetros de densidade de carga térmica de equipamentos da NBR 16.401 (2008) e densidade de iluminação nível “A” do RTQ-C (2010), observamos o impacto direto da alta densidade de carga interna de equipamentos e iluminação tanto no consumo anual kWh/m² como também pelos reflexos dos equipamentos e iluminação no aquecimento do ambiente. O consumo necessário para aquecimento aumentou de 141,96 kWh/ano (caso base) para 8.580,94 kWh/ano (caso 1), enquanto o consumo necessário para refrigeração diminuiu de 729.898,3 kWh/ano (caso base) para 274.274,9 kWh/ano (caso 1), no caso que considerou as pontes térmicas. A mudança destes parâmetros, densidade de equipamentos e iluminação no consumo energético e seu impacto nos gastos com climatização é reforçada nos casos 2 e 3, sendo, na medida em que a densidade de equipamentos aumenta, é maior a necessidade de refrigeração e menor a necessidade de aquecimento.

Tabela 5 – Simulação do Caso 1.

Caso 1: Equipamentos 6W/m² e Iluminação 11w/m²	Sem Pontes kWh/ano	Com Pontes kWh/ano	Variações Percentuais	Sem Pontes kWh/m²/ano	Com Pontes kWh/m²/ano
Equipamentos (6 W/m ²)	148219,9	148219,9	-	129,7	126,9
Iluminação (11 W/m ²)	129670,9	129670,9	-		
Aquecimento (COP 3,21 W/W)	5019,851	8580,944	70,94%		
Refrigeração (COP 3,21 W/W)	290309,7	274274,9	-5,52%		
TOTAL	573220,351	560746,6	-2,18%		

Tabela 6 – Simulação do Caso 2.

Caso 2: Equipamentos 11W/m² e Iluminação 11w/m²	Sem pontes kWh/ano	Com pontes kWh/ano	Variações percentuais	Sem Pontes kWh/m²/ano	Com Pontes kWh/m²/ano
Equipamentos (11 W/m ²)	271736,4	271736,4	-	166,4	163,0
Iluminação (11 W/m ²)	129670,9	129670,9	-		
Aquecimento (COP 3,21 W/W)	3257,487	5855,404	79,75%		
Refrigeração (COP 3,21 W/W)	330810,3	313057,7	-5,37%		
TOTAL	735475,087	720320,4	-2,06%		

Tabela 7 – Simulação do Caso 3.

Caso 3: Equipamentos 21W/m² E Iluminação 11W/m²	Sem Pontes kWh/ano	Com Pontes kWh Ano	Variações Percentuais	Sem Pontes kWh/m²/ano	Com Pontes kWh/m²/ano
Equipamentos (21 W/m ²)	518769,5	518769,5	-	240,2	236,0
Iluminação (11 W/m ²)	129670,9	129670,9	-		
Aquecimento (COP 3,21 W/W)	1398,581	2749,942	96,62%		
Refrigeração (COP 3,21 W/W)	412058,4	391931	-4,88%		
TOTAL	1061897,381	1043121,3	-1,77%		

Em todos os casos, assim como no caso base, ao comparar-se o consumo empregado em climatização, considerando ou não as pontes, obteve-se resultados inversamente proporcionais, ou seja, o consumo energético de aquecimento sempre aumenta nas configurações que consideram as pontes térmicas, mas o consumo energético de refrigeração sempre diminui.

Outra observação feita a partir dos resultados é que a importância das pontes térmicas no consumo energético anual, objetivo deste trabalho, ficou nos casos que desconsideram as pontes térmicas cerca de 2% superior ao caso que consideram as mesmas, novamente assim como concluído anteriormente sobre o consumo por unidade de área por ano (m²/ano), podendo ter ocorrido pela localização bioclimática e pela configuração de uso e ocupação.

As zonas bioclimáticas mais frias podem levar a variações ainda mais significativas no consumo energético de aquecimento, apesar de já termos encontrado variações de 70,94% a 164,4%, no entanto, os maiores consumos energéticos de climatização são os empregados em refrigeração, onde as variações de consumo encontradas foram muito menores em torno de 5%, ou seja, apesar da menor variação percentual, ganham importância por terem superado, em alguns casos, inclusive os gastos empregados na iluminação e equipamentos. Portanto, estas primeiras avaliações indicam que podem ser estudados casos em zonas

bioclimáticas com comportamentos bem distintos em relação a frio e calor.

O uso e a ocupação do hotel configurado em todos os casos, conforme descrito anteriormente, tem sua ocupação predominantemente noturna, ficando o estabelecimento ao longo do dia praticamente desocupado, inevitavelmente impactando nos gastos de climatização, principalmente nos de refrigeração.

5. CONCLUSÕES

Comprovou-se através dos resultados que as pontes térmicas impactaram em até 164,40% no consumo energético de aquecimento da edificação localizado na zona bioclimática 2 (ZB2) utilizando uma densidade de equipamentos de 60W/m² e uma DCI de 21W/m². À medida que foram alterados os parâmetros de densidade de equipamentos e iluminação estes percentuais de aquecimento foram diminuindo, mas seguiram altos entre 70,94% e 96,62%. As variações no consumo energético total da edificação foram bem menores, ao redor de 2%, pois são considerados os gastos com iluminação e equipamentos. Concluindo-se que os impactos das pontes térmicas são mais acentuados em climas frios, necessitando-se para verificação dos resultados, serem feitos novos ensaios para as Zonas Bioclimática 1 e 3. Dever ser observados também o impacto das pontes térmicas para as três Zonas Bioclimáticas considerando diferentes tipologias comerciais, como também variações no PAFT e na Absortância Solar da envoltória.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social.** Rio de Janeiro: ABNT, 2005.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15.575. **Desempenho de Edifícios habitacionais.** Rio de Janeiro: ABNT, 2013.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR16401-1. **Instalações de ar-condicionado -Sistemas centrais e unitário Parte 1: Projetos das instalações.** Rio de Janeiro: ABNT, 2008.
- AMORIM, C. D. N. et al. **Otimização do desempenho termo-energético da envoltória: Diagnóstico, proposta de solução e avaliação pelo método prescritivo do RTQ-C e simulação.** XIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Canela RS, 2010.
- CARLO, Joyce Correna. **Desenvolvimento de Metodologia de Avaliação da Eficiência Energética do Envoltório de Edificações Não-residenciais.** Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina. UFSC, 2008.
- EVANS, John M.; DE SCHILLER, Silvia. **Verificación de puentes térmicos normas para definir soluciones admisibles.** 2010. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, v.14 p. 51-58.
- HAUPT, Wolfram. **Skript Feuchsteschutz.** Kassel Universität, Kassel, 2007.
- 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.
- INSTITUTO ARGENTINO DE NORMALIZACIÓN. IRAM 11549. Aislamiento térmico de edificios. Argentina: IRAM. 2002.
- MATOS, Michele **Simulação computacional do desempenho térmico de residências em Florianópolis utilizando a ventilação natural.** Florianópolis, UFSC, 2007.
- PEREIRA, Cláudia. **A influência do envelope no desempenho térmico de edificações residenciais unifamiliares ocupadas e ventiladas naturalmente.** 2009.124 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.
- VALÉRIO, Jorge Gustavo Marques Alface Pereira. **Avaliação do Impacte das Pontes Térmicas no Desempenho Térmico e Energético de Edifícios Residenciais Correntes.** Instituto Técnico de Lisboa. 2007.
- VENÂNCIO, Raoni. **Investigando o projeto de envoltória: questionário sobre prática arquitetônica e desempenho térmico.** XI Encontro Nacional de conforto no ambiente construído, Búzios RJ, 2011.
- ZÓFOLLI, Giana da Rosa. **Contribuição TermoEnergética dos Fechamentos Transparentes em Edifícios Comerciais Climatizados Artificialmente em Santa Maria - RS.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria, 2011.

AGRADECIMENTOS

Os autores do trabalho agradecem ao CNPq pelo apoio na realização da pesquisa.