

**CENTRO UNIVERSITÁRIO BELAS ARTES DE SÃO PAULO
ARQUITETURA E URBANISMO**

Aluna: Ana Luiza Angrimani Norris Gabrielli

Orientadora: Lucia Pirró

**ISOLAMENTO TÉRMICO E CONFORTO AMBIENTAL EM EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS
NA REGIÃO SUDESTE NO BRASIL**

RESUMO

Esta pesquisa analisa teses e dissertações já realizadas sobre o impacto que o uso do isolamento térmico nas fachadas causa no conforto térmico e na eficiência energética do edifício. A partir dos resultados das pesquisas realizadas dentro e fora do Brasil, faz-se uma reflexão sobre as vantagens e desvantagens do uso do isolamento térmico na envoltória de um edifício. Avalia-se um conjunto de soluções arquitetônicas e construtivas, que poderiam ser adotadas para melhorar, tanto no inverno quanto no verão, as condições de conforto térmico de ambientes internos em habitações de interesse social de cidades brasileiras, que não dispõem de sistema de refrigeração ou calefação.

Palavras-chave: Isolamento térmico, Conforto ambiental, Edifícios residenciais.

ABSTRACT

This research analyses theses and dissertations already done about the impact that the use of thermal insulation in façades causes on the thermal comfort and energy efficiency of the building. From the results of researches conducted within and outside Brazil, there is a reflection about the advantages and disadvantages of the use of thermal insulation in the envelope of a building. A set of architectural and construction solutions that could be adopted to improve (in winter and in summer) the thermal comfort of the indoors of social housing in Brazilian cities, which do not have the cooling system or heating, is evaluated.

Keywords: Insulation, Environmental Comfort, Residential Buildings

Lista de tabelas

Tabela 1 – Condutividade térmica dos materiais

Lista de figuras

Figura 1 - Sistema construtivo de melhor desempenho: painel duplo de concreto com isolante térmico na face externa.

Figura 2 - Sistemas construtivos de pior desempenho: bloco de concreto e bloco cerâmico vazado com espessura de 9cm

Lista de abreviaturas e siglas

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ASHRAE	Sociedade Americana de Aquecimento, Refrigeração e Engenharia de Condicionamento de Ar
NBR	Norma Brasileira
PROCEL	Programa Nacional de Eficiência Energética

Lista de símbolos

λ	Condutividade térmica	$[W/(m.K)]$
U	Transmitância térmica	$[W/(m^2.K)]$
T	Temperatura	$[^{\circ}C]$

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO

1.1 Objetivos

1.2 Metodologia

2 CONCEITOS BÁSICOS DE ISOLAMENTO TÉRMICO E SUA NORMATIVA

2.1 Desempenho Térmico

2.2 Isolamento térmico e inércia térmica

2.3 Normas

3 ESTUDOS DE CASO

3.1 Estudos de caso internacionais

3.2 Estudos de caso nacionais

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

5 REFERÊNCIAS

1 INTRODUÇÃO

O conceito de “Construção Sustentável” baseia-se no desenvolvimento de modelos que permitam à construção civil enfrentar e propor soluções aos principais problemas ambientais de nossa época, sem renunciar à moderna tecnologia e a criação de edificações que atendam às necessidades de seus usuários. A partir de medições e simulações computacionais é possível prever a influência que determinados sistemas construtivos exercem sobre o conforto térmico de ambientes internos de uma edificação e, conseqüentemente, revelam a necessidade da utilização de sistemas ativos para que seja obtida uma determinada temperatura de conforto.

As mudanças climáticas têm provocado a elevação sensível da temperatura do planeta. Isso influencia diretamente o papel do arquiteto, que almeja projetar edifícios energeticamente eficientes e que proporcionam conforto térmico aos habitantes de uma edificação. O isolamento térmico na construção tem duas finalidades básicas: economia de energia e conforto térmico. Diante disso, nota-se a importância de estudar a influência do uso do isolamento térmico em habitações de interesse social em cidades brasileiras. As habitações de interesse social costumam ter pouca área privativa e muitas vezes, por conta da falta de recursos ou planejamento, esses edifícios não proporcionam as condições de conforto térmico adequadas aos seus usuários tanto na estação do verão como na estação do inverno. Além disso, os moradores de uma habitação de interesse social, normalmente, não tem poder aquisitivo para suprir os custos de instalação e manutenção de condicionamento artificial. Sendo assim, é interessante estudar de que forma o uso do isolamento térmico influencia o conforto térmico de habitações de interesse social brasileiras ventiladas naturalmente, suas vantagens e desvantagens.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo geral da pesquisa é conhecer e entender a influência que o uso do isolamento térmico em fachadas exerce sobre o desempenho térmico e energético de uma edificação. Um dos objetivos específicos da pesquisa é analisar os resultados de simulações já realizadas com o isolamento térmico em fachadas, identificar o que pode

ser feito em termos de projeto para melhorar o conforto térmico em habitações de interesse social no Brasil e, principalmente, entender por que o uso de isolamento térmico nas fachadas do edifício não é obrigatório no Brasil, diferentemente do que ocorre em outros países como, por exemplo, Espanha e Portugal, que têm climas parecidos com o clima brasileiro, em determinadas regiões do seu território.

1.2 METODOLOGIA

A pesquisa conta com uma vasta coleta e análise de dados secundários, advindos de ampla fonte bibliográfica, trabalhos de pós-graduação (mestrado e doutorado), assim como sites, normas e livros. O trabalho foi dividido em três etapas. Na primeira, foram estudados os principais conceitos de isolamento térmico e as normas existentes sobre esse tema tanto no Brasil, quanto no exterior. Na segunda etapa, a pesquisa foca em testes e simulações realizadas com diferentes tipos de isolamento térmico, em diferentes tipos de edifícios, com diferentes usos, em diferentes países presentes em teses e dissertações de mestrado. Na terceira etapa, são apontados os principais resultados das simulações estudadas na segunda etapa, assim como variáveis de projeto e sistemas construtivos, que auxiliam no melhor conforto térmico para moradores de habitações de interesse social, que não dispõe de refrigeração ou aquecimento artificial no Brasil tanto no inverno, quanto no verão.

2 CONCEITOS BÁSICOS DE ISOLAMENTO TÉRMICO E SUA NORMATIVA

2.1 Desempenho térmico

“Segundo Lamberts et al¹ (1997 apud MELO, 2007,p. 6) “a eficiência energética pode ser entendida como a obtenção de um serviço com alta economia de energia”, ou seja,” um edifício é eficiente energeticamente quando seu consumo de energia é baixo e suas condições ambientais são confortáveis. Um dos fatores que influenciam a eficiência energética de uma edificação são as trocas térmicas entre esta e o ambiente externo (MELO,2007).

¹LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. Eficiência energética na arquitetura. São Paulo, SP, 188p. 1997.

O sistema construtivo, a densidade da carga interna, o uso, o fator de proteção solar dos brises e vidros, são alguns dos muitos parâmetros que influenciam o desempenho térmico de um edifício. Esses parâmetros, se empregados de acordo com as características climáticas de cada região, podem resultar em um edifício mais eficiente energeticamente.

2.2 Isolamento térmico e inércia térmica

“Isolantes térmicos são materiais ou uma combinação de diferentes materiais que restringem o fluxo de calor em edificações” (MELO, 2007, p.18). O calor se transfere do ambiente mais quente para o mais frio naturalmente. Durante o verão, normalmente, o calor se difunde de fora para dentro. Isso exige a maior utilização do sistema de condicionamento de ar para o resfriamento interno. Durante o inverno, o sentido da transferência de calor é inverso ao do verão, fluindo do ambiente interno para o externo. Isso exige uma maior utilização do sistema de calefação. (MELO, 2007).

Para reduzir a transferência de calor entre corpos diferentes deve-se instalar entre eles um material de baixa condutividade térmica. Embora não existam materiais isolantes perfeitos, que possam barrar completamente a transferência de calor (CUNHA e NEUMANN², 1979 apud MELO, 2007, P. 18)” há no mercado, especialmente nos países mais frios, isolantes com altíssimos valores de resistência térmica.

A propriedade mais importante dos materiais utilizados como isolantes térmicos é a condutividade térmica, que juntamente com a espessura da parede deve resultar em uma elevada resistência térmica. O efeito do isolamento vai depender de como e em que local da parede ou da cobertura este foi instalado (AL-HOMOUD³, 2005 apud MELO, 2007,p.18). Os isolantes térmicos apresentam uma baixa condutividade térmica quando comparados a outros materiais como pode ser observado através da Tabela 1.

² CUNHA, C. G. da. NEUMANN, Walter. Manual de impermeabilização e isolamento térmico – Como projetar e executar. Rio de Janeiro, RJ. 1979.

³ AL-HOMOUD, M.S. Performance characteristics and practical applications of common building thermal insulation material. Building and Environment, v. 40, p. 353-366, 2005.

Tabela 1 - Condutividade térmica dos materiais

Materiais		Condutividade térmica (W/mK)
Isolantes térmicos	Lã de rocha	0,045
	Lã de vidro	0,045
	Poliestireno	0,035
	Poliuretano	0,026
Madeiras	Compensado	0,12
Impermeabilizante	Betume asfáltico	0,17
Plásticos	Borracha sintética	0,40
Tijolos e telhas de barro	-	1,05 - 0,70
Concreto armado	-	1,75
Pedras	Mármore	2,90
	Granito	3,00
Metais	Aço	55,00
	Zinco	112,00
	Alumínio	230,00

(Fonte: MELO, 2007, p. 19)

Al-Homoud⁴ (2005 apud MELO, 2007,p.19) relata que muitos parâmetros devem ser considerados na escolha de um isolante térmico para a utilização em edificações, como: custo, facilidade de manuseio, segurança, durabilidade, absorção acústica, impacto ao meio ambiente e disponibilidade do material. Os materiais mais utilizados para isolar termicamente o envelope de edificações são: mantas e painéis constituídos de fibras minerais ou orgânicas flexíveis, espumas plásticas rígidas de poliuretano ou poliestireno expandido, vermiculita expandida ou perlita em grânulos e flocos de lãs minerais (VITTORINO⁵ et al.,2003 apud MELO,2007,p.19).

Estudos realizados por diversos pesquisadores mostram a relevância da inércia térmica da edificação no seu desempenho térmico, considerando locais que apresentam alta variação da temperatura do ar durante o dia, como é o caso da cidade de São Paulo, com amplitude diária da ordem de 10°C (ABNT NBR 15.575/2013). Nesse caso, a inércia térmica da edificação contribui para o amortecimento da amplitude diária da

⁴ AL-HOMOUD, M.S. Performance characteristics and practical applications of common building thermal insulation material. Building and Environment, v. 40, p. 353-366, 2005.

⁵ VITTORINO, F.; SATO, N. M. N.; AKUTSU, M. Desempenho térmico de isolantes refletivos e barreiras radiantes aplicados em coberturas. In: VII ENCAC – Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído. Anais...Curitiba: ENCAC, 2003.

temperatura do ar interno em relação à amplitude do ar externo e pode contribuir ainda, na redução da temperatura máxima do ar interno. (CHIEPPE, 2013)

A utilização da inércia térmica promove o amortecimento não só da amplitude diária da temperatura do ar interior em relação a do ar exterior, mas também da radiação solar incidente e dos ganhos de calor interno (CORBELL⁶, 2003 apud CHIEPPE, 2013, p.25). Esta estratégia pode contribuir para a redução ou até eliminação do uso do ar condicionado nos países de clima tropical, diferente da utilização de sistemas construtivos leves, como o gesso acartonado, que contribui para a necessidade do aumento das estratégias ativas de condicionamento do ar.

Em estudo apresentado por KOSSENCKA e KOSNY²³ (2002 apud CHIEPPE, 2013, p.31), foi avaliado o efeito do posicionamento da massa e do isolamento térmico da envoltória do edifício no seu desempenho térmico. Foram analisados seis tipos de componentes de vedação externa compostos por camadas múltiplas, com a utilização do isolante térmico posicionado de diferentes formas. A avaliação foi realizada para seis zonas climáticas e considerou a demanda de energia para aquecimento e resfriamento, além da demanda total de energia. As análises indicam que o maior amortecimento da temperatura externa é mais importante para a estabilidade térmica do edifício do que um valor reduzido de transmitância térmica.

ULGEN⁷ (2002 apud CHIEPPE, 2013, p.30) realizou estudos experimentais a fim de avaliar o efeito das propriedades térmicas dos componentes de vedação na resposta térmica da edificação e o atraso térmico e amortecimento promovidos nos espaços interiores com a utilização destes componentes. O autor sugere a utilização de paredes compostas por camadas múltiplas e heterogêneas, incluindo o uso de isolamento térmico, a fim de garantir melhores resultados, em especial, para edifícios que possuam uso contínuo, como residências e escritórios.

⁶ CORBELL, Oscar; YANNAS, Simos. Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos. Rio de Janeiro: Editora Revan, 2003. 288 p.

⁷ ULGEN, Koray. Experimental and theoretical investigation of effects of wall's thermophysical properties on time lag and decrement factor. *Energy and Buildings*, n. 34, 2002, p. 273-278.

Em suma, segundo DOE⁸ (2006 apud MELO, 2007, p.24) a utilização do isolamento térmico pode melhorar a eficiência energética das edificações, da seguinte forma: economia no consumo de energia elétrica; pelo fato do isolamento térmico restringir a entrada de calor; redução do uso do sistema de condicionamento de ar; diminuição da emissão de poluentes para o meio ambiente devido a redução de utilização de sistemas elétricos e mecânicos; aumento do período onde a temperatura interna do ambiente fica mais confortável aos usuários; redução do ruído procedente de ambientes vizinhos e externos; redução da flutuação da temperatura interna

Entre as estratégias de condicionamento passivo, a ventilação natural se mostra adequada, não só como contribuição na qualidade do ar interno, mas também na redução do desconforto térmico devido ao calor. Sabe-se, no entanto, que a ventilação deve ser utilizada somente quando a temperatura externa for menor ou igual à temperatura interna. Caso contrário, esta estratégia vai contribuir para o aumento das horas de desconforto, como acontece durante o dia no período de verão. Ventilar as edificações durante a noite também se mostra uma estratégia com potencial para o resfriamento das edificações, considerando a ocorrência de temperaturas mais baixas durante a noite (RATNAWEERA et al.⁹, 1996; CORBELL e YANNAS¹⁰, 2003; SANTAMOURIS et al.¹¹, 2007; ZHOU et al.¹², 2008 apud CHIEPPE, 2013, p.33).

Outra importante estratégia para melhorar o desempenho térmico de edificações em clima tropical, como é o caso da maior parte do Brasil, é a utilização de elementos de proteção solar nas aberturas (RATNAWEERA e HESTNES¹³, 1996 apud CHIEPPE,

⁸ DOE – DEPARTMENT OF ENERGY.

⁹ RATNAWEERA, Chandani; HESTNES, Anne Grete. Enhanced cooling in typical Sri Lankan dwellings. *Energy and Buildings*, n. 23, 1996, p. 183-190.

¹⁰ CORBELL, Oscar; YANNAS, Simos. Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos. Rio de Janeiro: Editora Revan, 2003. 288 p.

¹¹ SANTAMOURIS, M.; PAVLOU, K.; SYNNEFA, A.; NIACHOU, K.; KOLOKOTSA, D. Recent progress on passive cooling techniques: Advanced technological developments to improve survivability levels in low-income households. *Energy and Buildings*, n. 39, 2007, p. 859-866.

¹² ZHOU, Junli; ZHANG Guoqiang; LIN, Yaolin; LI, Yuguo. Coupling of mass and natural ventilation in buildings. *Energy and Buildings*, n. 40, 2008, p. 979-986.

¹³ ¹³ RATNAWEERA, Chandani; HESTNES, Anne Grete. Enhanced cooling in typical Sri Lankan dwellings. *Energy and Buildings*, n. 23, 1996, p. 183-190.

2013, p.33). ATAÍDE e SOUZA¹⁴ (2009 apud CHIEPPE, 2013, p.33) avaliaram o comportamento térmico de edifício histórico em Mariana (MG) e estimaram que a utilização desta estratégia proporcionaria uma melhoria do desempenho térmico da edificação em torno de 25%.

2.3 Normas

Atualmente, a maioria dos países têm normas e legislações que controlam parâmetros importantes que influenciam a eficiência energética de um edifício. A Sociedade Americana de Aquecimento, Refrigeração e Engenharia de Condicionamento de Ar (ASHRAE) nos Estados Unidos da América (EUA) desenvolveu normas difundidas internacionalmente, que serviram de base para várias outras. A norma americana ASHRAE 55 (2004) e a norma europeia EN 15251 (2007) apresentam a proposta do modelo de conforto adaptativo, que foi baseada em pesquisas de conforto em edificações reais, ventiladas naturalmente. A ASHRAE Standard 55 (2004) estabelece as condições térmicas do ambiente para ocupação em relação às combinações do ambiente interno e fatores pessoais que influenciam na aceitabilidade das condições de conforto térmico (MELO, 2007). Para esta pesquisa foram estudadas com profundidade as normas de eficiência energética da Espanha e de Portugal. Verificou-se que para todas as zonas bioclimáticas dos três países é obrigatório o uso de isolamento térmico nas fachadas, a fim de garantir a eficiência energética do edifício e temperaturas internas adequadas, tanto para as estações de verão e de inverno. Os países da União Europeia reavaliam constantemente seus parâmetros de eficiência energética e os níveis de isolamento térmico são cada vez maiores.

No Brasil, a norma que vigora é a NBR 15 220 “Desempenho Térmico de Edificações”, publicada em 2005. Essa norma se refere aos métodos de cálculo e medição de propriedades térmicas dos componentes construtivos das edificações, assim como ao zoneamento bioclimático brasileiro e às diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social (SORGATO, 2009). Além da NBR 15220, vigora desde

¹⁴ ATAÍDE, Élen S.; SOUZA, Henor A. Avaliação de desempenho térmico utilizando o programa EnergyPlus: Estudo de caso do prédio da Prefeitura Municipal de Mariana – MG. In: Simpósio brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído. IX Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projeto na construção de Edifícios. 2009, São Carlos, SP.

2013 a NBR 15 575 “Edificações Habitacionais – Desempenho”. A norma institui nível de desempenho mínimo ao longo da vida útil dos principais elementos como estrutura, vedações, instalações elétricas e hidrossanitárias, pisos, fachada e cobertura de toda e qualquer edificação habitacional. Outro parâmetro importante é o “Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações – PROCEL EDIFICA”, que foi instituído em 2003 pela ELETROBRAS/PROCEL. Com o objetivo de promover o uso racional da energia elétrica em edificações, com a criação do PROCEL EDIFICA, as ações foram ampliadas e organizadas com o objetivo de incentivar a conservação e o uso eficiente dos recursos naturais (água, luz, ventilação etc.) nas edificações, reduzindo os desperdícios e os impactos sobre o meio ambiente (PROCEL, 2014). A partir da análise da norma brasileira NBR 15220 e dos parâmetros estabelecidos pelo PROCEL, notou-se que para nenhuma zona bioclimática do país foi sugerido o uso de isolamento térmico nas fachadas das edificações. Verificou-se também que o uso do isolamento térmico só é indicado para as coberturas. Entretanto, todos os valores mínimos de transmitância térmica (U) recomendados pelas normas brasileiras são maiores (menos isolantes) que os valores mínimos de transmitância térmica (U) recomendados pelas normas internacionais, tanto para coberturas quanto para fachadas.

3 ESTUDOS DE CASO

São poucos os estudos que tratam do desempenho térmico de edificações ventiladas naturalmente e da influência do isolamento térmico aplicado em fachadas, por meio de simulações computacionais. Existe uma gama maior de pesquisas realizadas em edifícios comerciais condicionados artificialmente. Além disso, muitas simulações se restringem à análise da influência da cobertura, da ventilação, do fator de proteção das janelas no desempenho térmico de edifícios residenciais ventilados naturalmente, dando pouca importância à influência do isolamento térmico na fachada.

3.1 Estudos de caso internacionais

Chvatal et al.¹⁵ (2005b apud MELO, 2007, p.22) analisaram o desempenho térmico de edifícios residenciais e comerciais em Portugal com relação ao aumento do isolamento térmico do envelope, empregando ventilação noturna. Foram adotados diversos parâmetros, os quais foram simulados através do programa TRNSYS para o período de verão. Observou-se que os resultados encontrados com o aumento do isolamento térmico e a utilização da ventilação noturna vão depender do fator de proteção das janelas. Para a edificação residencial nota-se que quando as janelas possuem um baixo fator de proteção, o desconforto aumenta conforme se aumenta o isolamento térmico das paredes. Entretanto, quando se aumenta a proteção das janelas, o desconforto diminui com o aumento do isolamento térmico. Com a utilização da ventilação noturna, o desconforto diminui ainda mais pelo fato de que esta alternativa contribui para remover o calor acumulado dentro da edificação durante o dia. De acordo com a norma de desempenho energético de Portugal, as paredes devem ser isoladas termicamente em todas as zonas bioclimáticas do país. A pesquisa analisa a influência da proteção solar e da ventilação noturna no aumento do conforto térmico.

Liping e Hien¹⁶ (2007 apud SORGATO, 2009, p.63) investigaram o impacto das estratégias de ventilação e da fachada no desempenho térmico de edifícios residenciais, ventilados naturalmente em Singapura, que tem clima tropical parecido com o clima da região Norte do Brasil. O estudo investigou quatro estratégias de ventilação com diferentes combinações de materiais dos componentes do envelope, sombreamento e áreas de janela, que foram simulados no programa Thermal Analysis Software (TAS). Foram testados 14 tipos de paredes, com diferentes valores de condutividade, inércia térmica e quatro estratégias de ventilação (constante, não ventilado, diurna e noturna). A estratégia de ventilação constante foi a que apresentou menor número de horas de desconforto. Os resultados indicaram que os componentes

¹⁵ CHVATAL, K. M. S.; MALDONADO, E. A. B.; CORVACHO, M. H. P. The impact of envelope insulation and ventilation on summer performance. In: PALENC – Passive and Low Energy Cooling for the Built Environment, Santorini, 2005. Proceedings...Santorini: PALENC, 2005b.

¹⁶ LIPING, W.; HIEN, W. N. The Impacts of Ventilation Strategies and Facade on Indoor Thermal Environment for Naturally Ventilated Residential Buildings in Singapore. Building and Environment, v.42, n.1, p. 4006-4015, 2007.

do envelope não isolados e com inércia térmica são escolhas ideais para edificações ventiladas naturalmente, em climas quentes e úmidos, condição que se aplica a toda região Norte e grande parte da região Nordeste do Brasil.

Nota-se que os resultados obtidos variam de acordo com as características do clima local, tais como, temperaturas máximas, no inverno e no verão, umidade relativa do ar, presença de ventilação natural e amplitude térmica diária.

Na tentativa de compreender melhor a diferença entre os países europeus e o Brasil na questão da obrigatoriedade, por norma, do uso de isolamento térmico em fachadas de edifícios residenciais foi entrevistado o Professor Jorge Gil Saraiva, especialista e pesquisador chefe do INETI – Lisboa. SARAIVA (2013) justifica que o uso de isolante térmico nos países europeus é extremamente importante por conta das amplitudes térmicas e da inclinação do sol, que incide diretamente nas fachadas devido às altas latitudes. No caso do Brasil, devido às baixas latitudes, a inclinação do sol é menor. Consequentemente, a radiação solar incide diretamente na cobertura, justificando a notável melhoria obtida no desempenho térmico do edifício, quando utilizado o isolante térmico na cobertura. SARAIVA (2013) também comentou que em Portugal, a grande maioria dos edifícios é condicionada artificialmente, a fim de obter temperaturas internas confortáveis (exigidas por norma) tanto para o inverno quanto para o verão (informação verbal)¹⁷. Em São Paulo, de acordo com a dissertação de mestrado de Clarice Chieppe, as temperaturas mínimas e máximas internas exigidas por norma podem ser atingidas apenas com a escolha adequada dos sistemas construtivos e a adoção de algumas estratégias de projeto, como por exemplo, o sombreamento e a ventilação natural. Outro aspecto importante levantado por SARAIVA (2013) é que as normas portuguesas são muito mais exigentes com relação às temperaturas consideradas confortáveis, comparando-se com os padrões de exigências das normas brasileiras. Ou seja, as temperaturas mínimas e máximas que atendem à norma brasileira não seriam consideradas confortáveis pela norma portuguesa. Isso, portanto,

¹⁷ Informação fornecida por Jorge Saraiva em entrevista realizada na FAUUSP em São Paulo, em outubro de 2013.

pode justificar a não adoção de sistemas de condicionamento artificial em edificações residenciais no Brasil e a não recomendação do uso de isolamento térmico por parte da norma brasileira. No entanto, salienta SARAIVA (2013), que se as temperaturas no verão, no Brasil continuarem a subir, o fechamento do edifício, o isolamento térmico e condicionamento artificial serão necessários nas edificações residenciais brasileiras, a exemplo dos países europeus, que tem invernos amenos como Portugal e Espanha (informação verbal)¹⁸.

3.2 Estudos de caso nacionais

“No Brasil, a maioria das habitações são residências unifamiliares. Essas residências apresentam um grande potencial para utilizar sistemas passivos de baixo custo energético para proporcionar conforto térmico aos usuários” (SORGATO, 2009,p.VII). Marcio José Sorgato, em sua dissertação de mestrado, investigou a influência das áreas de superfície expostas ao exterior e do tamanho dos ambientes no desempenho térmico das edificações residenciais unifamiliares ventiladas naturalmente, em quatro diferentes tipologias na cidade de Florianópolis, através de simulação computacional, utilizando o programa EnergyPlus.

As tipologias analisadas que dispunham de área construída de 36m² e 63m², representaram habitações de interesse social e as tipologias de 150m² e 300m² representaram habitações para classe média e alta, respectivamente. Foram simulados casos com diferentes propriedades térmicas da envoltória (paredes e coberturas), variando as transmitâncias e absortâncias dos componentes construtivos. Para essas variações foram calculados os graus-hora de desconforto dos ambientes. Com isso, foi possível verificar a correlação entre os graus-hora de desconforto com as propriedades térmicas da envoltória, a partir das quais se verificou que a envoltória é determinante no desempenho térmico das edificações, ventiladas naturalmente. A combinação da transmitância e da absortância da cobertura apresentou grandes influências nos graus-hora de resfriamento para os quatros modelos. Porém, os graus-hora de aquecimento não apresentaram correlações com os componentes da envoltória. Observou-se que o aumento do tamanho do ambiente resultou em uma quantidade maior de graus-hora de aquecimento. Através das análises do balanço térmico, identificou-se que a ocupação predomina nos ganhos internos de calor dos ambientes, sendo mais significativa nos modelos com ambientes menores e menos relevante nos modelos com ambientes maiores. A cobertura foi um dos principais componentes construtivos nos ganhos e perdas de calor. Nos ambientes menores as paredes demonstraram maior influência que nos ambientes maiores. Através da ventilação, ocorreram as maiores perdas de

¹⁸ Informação fornecida por Jorge Saraiva em entrevista realizada na FAUUSP em São Paulo, em outubro de 2013.

calor em todos os modelos, e, geralmente, em todas as estações, com exceção do inverno. As diferenças encontradas no desempenho térmico dos ambientes estudados podem ser explicadas pelas diferentes áreas de superfície expostas ao exterior, pelo tamanho dos ambientes, pelas superfícies em contato com o solo e com a cobertura. (SORGATO, 2009, p.VII)

Pereira e Ghisi¹⁹ (2009 apud SORGATO, 2009, p.65) investigaram a influência das propriedades térmicas do envelope no desempenho térmico de edificações residenciais unifamiliares ocupadas e ventiladas naturalmente, também para a cidade de Florianópolis, SC, através de simulação computacional, utilizando o programa EnergyPlus. Os modelos com e sem ventilação e ocupação, para todos os tipos de envelope, apresentaram um aumento nas horas de desconforto por calor com a introdução da ventilação e ocupação. Os resultados mostraram que existe uma influência do envelope sobre o desempenho térmico da edificação ocupada e ventilada naturalmente. Os casos que apresentaram menores horas de desconforto foram os que possuíam maiores valores de capacidade e atraso térmico.

Clarice Chieppe (2013), em sua dissertação de mestrado analisou a influencia do projeto de arquitetura no comportamento térmico dos edifícios. Foram avaliados inúmeros sistemas de vedação com diferentes valores de transmitância térmica, espessura, com ou sem isolamento térmico nas faces internas, externas e intermediárias, uso duplo ou simples do material, a fim de analisar a influência desses sistemas construtivos na resposta térmica em residências térreas e assobradadas na cidade de São Paulo. Entre os sistemas de vedação simulados estão: painel de concreto, bloco de concreto, bloco cerâmico vazado e tijolo cerâmico maciço.

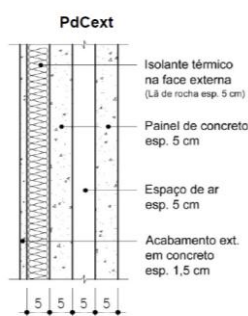
Na primeira etapa foram realizadas simulações computacionais da habitação térrea e do sobrado para avaliação do seu desempenho térmico em um dia típico de verão e em um dia típico de inverno. Nesta etapa considerou-se a condição padrão, ou seja, sem isolante na cobertura, sem sombreamento e ventilação a 1 Ren/h (renovação de ar por hora), e foram avaliados todos os componentes de vedação selecionados inicialmente e reunidos por grupos. A partir dos resultados, os componentes de vedação de cada grupo foram avaliados entre si e selecionados, em cada grupo, aqueles com melhor e pior

¹⁹ PEREIRA, C.D.; GHISI, E. A influência do envelope no desempenho térmico de edificações residenciais unifamiliares ocupadas e ventiladas naturalmente. In: In: X ENCONTRO NACIONAL E VI ENCONTRO LATINO DE CONFORTNO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2009, Natal. Anais...Natal 2009. CD-ROM

desempenho térmico para realização de novas simulações. No caso do grupo dos painéis de concreto, optou-se por selecionar três componentes: dois entre os painéis duplos, em função da presença e posicionamento do isolante térmico, e o painel de concreto com espessura de 10 cm, entre os painéis simples, considerando este último um componente já incorporado na construção civil. Na segunda etapa foram realizadas simulações computacionais das mesmas tipologias habitacionais selecionadas na etapa anterior (habitação térrea e sobrado), considerando os componentes de vedação selecionados, além da utilização de isolante térmico na cobertura. Nesta etapa, foi escolhido o dia típico de verão, por apresentar condições mais críticas do ponto de vista do comportamento térmico das edificações, para a cidade de São Paulo, avaliando-se a influência de variáveis de projeto presentes na norma ABNT NBR 15.220. Nesta etapa de simulações, foi realizada uma comparação entre todos os sistemas construtivos avaliados, não mais entre os componentes de um mesmo grupo (CHIEPPE, 2013, p.55).

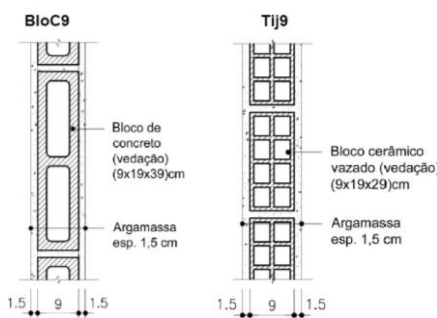
Por meio dos resultados das simulações pôde-se considerar que o isolante térmico na cobertura, o contato do ambiente com o solo, a utilização de cores claras nas paredes externas, tamanho das aberturas, ventilação e sombreamento contribuíram para a melhoria das respostas térmicas das edificações. Além disso, concluiu-se que os sistemas construtivos com painel duplo de concreto com isolante térmico na face externa registraram as menores temperaturas máximas do ar no ambiente avaliado.

Figura 1– Sistema construtivo de melhor desempenho: painel duplo de concreto com isolante térmico na face externa. (CHIEPPE, 2013, p.45)



No entanto, os sistemas construtivos com bloco de concreto e bloco cerâmico vazado com espessura de 9cm apresentaram desempenho térmico mínimo, não atendendo o nível mínimo da norma ABNT NBR 15 575.

Figura 2 - Sistemas construtivos de pior desempenho: bloco de concreto e bloco cerâmico vazado com espessura de 9cm. (CHIEPPE, 2013, p.45, 46)



Na avaliação dos componentes de vedação, foram registradas respostas térmicas semelhantes das edificações, com a utilização de componentes com propriedades térmicas diferentes, como os painéis de concreto com isolante térmico entre os painéis, com isolante térmico na face externa e o tijolo cerâmico maciço com espessura de 20 cm, considerando a cor média nas paredes externas. Estes resultados mostram que com a adequada utilização do isolante térmico no componente de vedação, a redução da capacidade térmica das paredes pode ser compensada com o aumento da resistência térmica para a adequada inércia térmica da edificação, o que depende também da isolamento térmica da cobertura. Foram também obtidas respostas semelhantes com a utilização do painel monolítico de concreto com espessura de 10 cm, bloco de concreto com espessura de 14 cm, tijolo cerâmico maciço com espessura de 10 cm e bloco cerâmico vazado de 14 cm (CHIEPPE, 2013, p.114).

Notou-se que a ventilação contribuiu na redução das temperaturas máximas do ar interno, apenas quando utilizados sistemas construtivos de baixa inércia térmica.

“O sombreamento, no entanto, contribuiu para a redução da temperatura máxima do ar interno e aumento da inércia térmica nas duas tipologias, com a utilização de todos os sistemas construtivos avaliados na segunda etapa de simulações” (CHIEPPE, 2013, p.116).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

São poucos os estudos que analisam a influência do isolamento término em fachadas no desempenho térmico de edificações habitacionais ventiladas naturalmente no Brasil. A maior gama de estudos está focada na região Sul e Sudeste. A combinação de alta inércia da envoltória, sombreamento da fachada e ventilação noturna são as estratégias mais indicadas pelas pesquisas feitas em edifícios residenciais localizados em cidades da região Sudeste e Sul do Brasil.

Grande parte dos trabalhos encontrados na literatura indica que a utilização de isolamento térmico torna a edificação mais eficiente energeticamente. Entretanto, analisando a região onde a maioria dos trabalhos foi desenvolvida

observa-se que o clima frio (inverno) é predominante. A utilização do isolante térmico nas paredes de edificações localizadas em climas com invernos rigorosos torna a edificação mais confortável internamente pelo fato de manter a temperatura interna por mais tempo constante, gerando assim uma redução no valor da conta de energia elétrica. Outras pesquisas, entretanto mostram que dependendo do clima, padrão de uso e de outros parâmetros relacionados à edificação, a utilização de isolamento térmico poderá aumentar o consumo de energia da edificação. Nas regiões mais quentes, uma envolvente muito isolada dificulta a dissipação dos ganhos internos e solares para o exterior. Este fato contribui para a elevação da temperatura interna, exigindo a utilização de sistema de condicionamento de ar. (MELO, 2007, p.25)

No entanto, outros pesquisadores afirmam que a utilização de isolantes térmicos no envelope da edificação origina uma redução do consumo de energia em razão da diminuição da utilização do sistema de condicionamento de ar. Este fato está relacionado com a diminuição da carga térmica, pois os isolantes térmicos têm a capacidade de diminuir o fluxo de calor que atravessa as paredes, cobertura e piso.

A pesquisa de Clarice Chieppe (2013) comprova, através de simulações computacionais, que o uso de painel duplo de concreto com isolante térmico na face exterior foi o sistema construtivo que registrou melhor temperatura máxima e mínima em habitações de interesse social térreas e assobradadas na cidade de São Paulo. E que, entre as variáveis de projeto, a utilização do isolante térmico na cobertura e sombreamento promoveram aumento significativo na inércia térmica das edificações e melhoria no seu desempenho térmico, além de atenderem a NBR 15575. Esta recente informação é de extrema relevância para normas de desempenho e eficiência energética, quando aplicadas nas regiões Sudeste e Sul do Brasil. Estas normas deveriam ser reavaliadas.

De um modo geral, pode-se concluir que cada situação deve ser exclusivamente analisada através de simulação computacional, considerando aspectos como a zona bioclimática, cargas internas, sistemas construtivos, tamanho das aberturas, orientação solar, absorvância das paredes externas, ventilação, sombreamento, entre outros, para que a edificação alcance o melhor desempenho térmico e energético possível. Paralelamente, a atualização dos arquivos de dados climáticos é fundamental para a

veracidade dos resultados das simulações computacionais, que visam avaliar o desempenho térmico e energético de uma edificação.

5 REFERÊNCIAS

AL-HOMOUD, M.S. Performance characteristics and practical applications of common building thermal insulation material. *Building and Environment*, v. 40, p. 353-366, 2005.

ASHRAE – AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. ANSI/ASHRAE Standard 90.1-2004: Energy Standard for Building Except Low-Rise Residential Buildings. Atlanta, 2004.

CHVATAL, K. M. S.; MALDONADO, E. A. B.; CORVACHO, M. H. P. The impact of envelope insulation and ventilation on summer performance. In: PALENC – Passive and Low Energy Cooling for the Built Environment, Santorini, 2005. Proceedings...Santorini: PALENC, 2005b.

CORBELLA, Oscar; YANNAS, Simos. Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos. Rio de Janeiro: Editora Revan, 2003. 288 p.

CUNHA, C. G. da. NEUMANN, Walter. Manual de impermeabilização e isolamento térmico – Como projetar e executar. Rio de Janeiro, RJ. 1979.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. Eficiência energética na arquitetura. São Paulo, SP, 188p. 1997.

LIPING, W.; HIEN, W. N. The Impacts of Ventilation Strategies and Facade on Indoor Thermal Environment for Naturally Ventilated Residential Buildings in Singapore. *Building and Environment*, v.42, n.1, p. 4006-4015, 2007.

MELO, A.P. Análise da influência da transmitância térmica no consumo de energia de edificações comerciais. Florianópolis, 2007.

PEREIRA, C.D.; GHISI, E. A influência do envelope no desempenho térmico de edificações residenciais unifamiliares ocupadas e ventiladas naturalmente. In: X ENCONTRO NACIONAL E VI ENCONTRO LATINO DE CONFORTNO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2009, Natal. Anais...Natal 2009. CD-ROM

RATNAWEERA, Chandani; HESTNES, Anne Grete. Enhanced cooling in typical Sri Lankan dwellings. *Energy and Buildings*, n. 23, 1996, p. 183-190.

SANTAMOURIS, M.; PAVLOU, K.; SYNNEFA, A.; NIACHOU, K.; KOLOKOTSA, D. Recent progress on passive cooling techniques: Advanced technological developments to improve survivability levels in low-income households. *Energy and Buildings*, n. 39, 2007, p. 859-866.

SORGATO, M.J. Desempenho Térmico de edificações Residenciais unifamiliares ventiladas naturalmente. Florianópolis, 2009.

ULGEN, Koray. Experimental and theoretical investigation of effects of wall's thermophysical properties on time lag and decrement factor. *Energy and Buildings*, n. 34, 2002, p. 273-278.

VITTORINO, F.; SATO, N. M. N.; AKUTSU, M. Desempenho térmico de isolantes refletivos e barreiras radiantes aplicados em coberturas. In: VII ENCAC – Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído. Anais...Curitiba: ENCAC, 2003.

ZHOU, Junli; ZHANG Guoqiang; LIN, Yaolin; LI, Yuguo. Coupling of mass and natural ventilation in buildings. *Energy and Buildings*, n. 40, 2008, p. 979-986.

WEBSITE:

DOE – DEPARTMENT OF ENERGY. Disponível em: <http://www.eren.doe.gov> Acesso em: 4 agosto. 2006.

PROCEL - Programa Nacional de Eficiência Energética. Disponível em:

<http://www.procelinfo.com.br/data/Pages/LUMIS623FE2A5ITEMIDC46E0FFDBD124A0197D2587926254722LUMISADMIN1PTBRIE.htm>. Acesso em: Novembro de 2013.