



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

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

Búzios - RJ - 2011

## **ESTUDO PARA REDUÇÃO DO IMPACTO TÉRMICO EM PAREDES DE ALVENARIA: O USO DE UM BRISE SOLEIL DE MATERIAL RECICLADO**

**Ângela T. N. Doebber (1); Luciano P. Specht (2); Ricardo F. Rupp (3); Oleg A. Khatchatourian (4)**

(1) Acadêmica do Curso de Engenharia Civil – Departamento de Tecnologia – UNIJUI, Ijuí, RS – [angela.ijui@bol.com.br](mailto:angela.ijui@bol.com.br)

(2) Doutor, Professor do Departamento de Transportes – Centro de Tecnologia – UFSM, Santa Maria, RS – [luspecht@gmail.com](mailto:luspecht@gmail.com)

(3) Engenheiro Civil, Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – UFSC, Florianópolis, SC, [ricardorupp@gmail.com](mailto:ricardorupp@gmail.com)

(4) Doutor, Professor do Mestrado em Modelagem Matemática – Departamento de Tecnologia – UNIJUI, Ijuí, RS – [olegkha@unijui.edu.br](mailto:olegkha@unijui.edu.br)

Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil, Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, Caixa Postal 476, Florianópolis - SC, 88040-900, Tel.: (48) 3721-5184

### **1. INTRODUÇÃO**

Desde a antiguidade existe uma preocupação muito grande do homem em relação ao conforto do ambiente em que ele vive. Ao longo dos anos o homem buscou encontrar formas inteligentes de utilizar as características do meio em que ele se encontrava para criar habitações mais confortáveis, seguras e estáveis. As edificações eram construídas aproveitando-se a intensidade dos ventos, a incidência da luz solar, a brisa do mar, a sombra das árvores e dos relevos.

A partir da Revolução Industrial, foram surgindo novos materiais, como o aço e o concreto armado que passaram a ser intensamente utilizados na construção civil, devido as suas características que permitiram a construção de edificações mais robustas, resistentes e com um reduzido tempo de execução; passou-se a negligenciar as características do meio no projeto das edificações.

Para resolver os problemas de adequação dos edifícios ao clima, os sistemas de iluminação e ventilação artificial passaram a ser usados largamente. A partir dos anos 70 o crescimento da população das cidades e do uso intenso dos sistemas de iluminação e ventilação artificial contribuiu para a crise de energia. Quando a crise de energia se instaurou de vez, o mundo tomou consciência da necessidade de reduzir o consumo de energia, já que aumentar a produção de eletricidade traria grandes impactos ambientais causados pela construção de novas usinas, além disso, a necessidade de grandes investimentos nesta área implicaria na redução de investimentos em outras áreas como saúde, educação e habitação.

Foi então que os conceitos de isolamento térmico passaram a ter importância nas regiões quentes, onde os gastos com climatização eram altos. De acordo com o Procel (2009), cerca de 16% da produção nacional de energia elétrica são utilizados em edifícios comerciais, e 25% no setor residencial. De acordo com Lamberts, Dutra e Pereira (1997), estudos mostram que 48% do total do consumo de energia elétrica em edificações comerciais são gastos com condicionamento de ar, podendo esse consumo chegar a 70% do total consumido em edifícios comerciais com fachadas envidraçadas. Já nas residências brasileiras o consumo de energia por meio da utilização de aparelhos de ar condicionado vem aumentando nos últimos anos, possivelmente devido ao aumento da renda do brasileiro e às condições inadequadas de desempenho térmico de suas moradias (PEÑA; GHISI; PEREIRA, 2008).

Para melhorar o conforto térmico e ocasionar a satisfação das pessoas em relação a este parâmetro, várias soluções passaram a ser utilizadas no momento da concepção do projeto arquitetônico. Algumas, retomadas do passado e outras como o uso de novos materiais de isolamento surgiram a partir do estudo da tecnologia dos materiais. Rupp (2009) e Specht *et al.* (2010) apresentam a análise experimental e numérica de inúmeras configurações de paredes utilizando tijolos maços, bem como uma análise econômica. Valesan *et al.* (2010) estudaram as vantagens e desvantagens da utilização de peles verdes enquanto que Maragno

(2001), Gutierrez (2004) avaliaram a eficiência do *brise soleil* em edificações. Ainda Abreu e Labaki (2010) pesquisaram o conforto térmico causado por diferentes espécies arbóreas. Vale lembrar que tais alternativas, quando aplicadas, devem levar em conta as demais variáveis intervenientes no ambiente construído: as variáveis climáticas, humanas e arquitetônicas.

Paralelo a este desenvolvimento, a partir da década de 1970, aconteceu o despertar da sociedade para o reaproveitamento dos resíduos sólidos, principalmente os urbanos. Para atender a essa necessidade, foram desenvolvidos programas de conscientização que acabaram por introduzir novos conceitos ambientais, difundindo a importância da reciclagem e reuso de materiais. Cada vez mais a sociedade, vem considerando a preservação do meio ambiente uma das questões fundamentais em seus princípios. Lund (1993) e Grippi (2001) tratam sobre este tema.

## 2. OBJETIVO

O objetivo da pesquisa é avaliar a importância da utilização do *brise soleil* feito a partir da reciclagem de embalagem Tetra Pak na redução do impacto térmico em alvenaria compostas por tijolos maciços e furados.

## 3. MÉTODO

O planejamento da pesquisa contempla a construção de 8 configurações (protótipos) de paredes (conforme Tabela 1) que serão submetidos ao aquecimento através de uma câmara térmica com dimensões internas de 60x40x40cm (descrita em RUPP, 2009); cada protótipo é instrumentado com 10 sensores de temperatura (devidamente calibrados) ao longo da espessura da parede (direção x).

Tabela 1 – Configurações de paredes.

Nº	Configuração
P1	Parede de tijolos maciços, assentados na dimensão de 10cm, revestida com argamassa externa e internamente; espessura total =12,00cm.
P2	Parede de tijolos maciços, assentados na dimensão de 10cm, revestida com argamassa externa e internamente e <i>brise soleil</i> na face externa com espaçamento de 1cm; espessura total =13,50cm
P3	Parede de tijolos maciços, assentados na dimensão de 10cm, revestida com argamassa externa e internamente e <i>brise soleil</i> na face externa com espaçamento de 1cm; espessura total =14,50cm
P4	Parede de tijolos maciços, assentados na dimensão de 10cm, revestida com argamassa externa e internamente e <i>brise soleil</i> na face externa com espaçamento de 1cm; espessura total =15,50cm
P5	Parede de tijolos furados, assentados na dimensão de 9cm, revestida com argamassa externa e internamente; espessura total =11,00cm.
P6	Parede de tijolos furados, assentados na dimensão de 9cm, revestida com argamassa externa e internamente e <i>brise soleil</i> na face externa com espaçamento de 1cm; espessura total =12,50cm
P7	Parede de tijolos furados, assentados na dimensão de 9cm, revestida com argamassa externa e internamente e <i>brise soleil</i> na face externa com espaçamento de 1cm; espessura total =13,50cm
P8	Parede de tijolos furados, assentados na dimensão de 9cm, revestida com argamassa externa e internamente e <i>brise soleil</i> na face externa com espaçamento de 1cm; espessura total =14,50cm

A partir da coleta de dados é possível calcular os fluxos de calor através da Lei de Fourier - Equação 1.

$$q = k \frac{dT}{dx}$$

Equação 1

Onde:

$q$  é o fluxo de calor ( $W.m^{-2}$ );

$k$  é a condutividade térmica ( $W.m^{-1}C^{-1}$ );

$dT$  é a variação de temperatura na direção x;

$dx$  é a distância entre dois pontos na direção x.

Através dos fluxos de calor determina-se a quantidade de calor que passa pela parede por metro quadrado, que pode ser descrita como o balanço geral do calor que entra e que sai pela superfície durante o intervalo de tempo considerado no experimento (Equação 2).

$$QT = q \cdot dt \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

$QT$  é a quantidade de calor que passa pela parede por metro quadrado ( $J/m^2$ );

$dt$  é o intervalo de tempo (s).

Visando avaliar o desempenho térmico e econômico das configurações de parede estudadas, foi usado o índice - Equação 3 -, desenvolvido por Rupp (2009), que é a relação termo-econômica por unidade de área construída de parede. Este índice varia de 0 a 1, sendo que quanto maior for, pior o desempenho termo-econômico da parede.

$$E = \left( \frac{QT}{C} \right) \div N \quad \text{Equação 3}$$

Onde:

$E$  é a relação termo-econômica por metro quadrado de parede ( $J/R\$$ );

$C$  é o custo total de cada parede por metro quadrado ( $R\$/m^2$ );

$N$  é igual a  $-1,7 \times 10^5$ ; através desse fator a relação termo-econômica assume valores positivos entre 0 e 1 (o valor de  $N$  foi definido com base no maior valor observado, para os casos estudados da razão  $QT/C$ ).

A placa plana utilizada como *brise soleil* foi fabricada a partir da reutilização de embalagens Tetra Pak pela empresa Engeplas, é comercializada em diversos tamanhos e tem espessura de 0,5cm. A espessura do reboco e da argamassa de assentamento foram de 1cm. A caracterização física e mecânica dos materiais encontra-se em Doebber (2010).

#### 4. RESULTADOS PARCIAIS

Para estudar o desempenho térmico e a capacidade de isolamento de cada parede, o estudo do fluxo térmico é de extrema importância. Paredes com baixo fluxo térmico tendem a manter as condições do ambiente menos variáveis do ponto de vista térmico.

A partir do cálculo do fluxo de calor em cada parede, foi possível determinar o fluxo máximo de calor, bem como a quantidade total de calor ( $QT$ ) de cada parede após as 10 horas de duração do ensaio (Tabela 2).

Quanto menor forem os valores de  $QT$ , menor será a carga térmica dos ambientes internos. No estudo em questão é de extrema importância a comparação dos valores da temperatura interna e externa das paredes, uma vez que quanto menos calor for transferido da face externa para a face interna da parede, melhor será seu desempenho térmico.

Tabela 2 – Resultados obtidos.

Nº	QT ( $J/m^2$ )	Custo ( $R\$/m^2$ )	E ( $J/R\$$ )
P1	-5909760	83,58	0,416
P2	-2039040	94,26	0,127
P3	-2341440	94,26	0,146
P4	-1883520	94,26	0,117
P5	-9813312	63,83	0,904
P6	-4432320	74,51	0,350
P7	-3265920	74,51	0,258
P8	-2633472	74,51	0,207

Para a composição do custo total por metro quadrado de parede construída, foram utilizados os dados dos preços de insumos e serviços das tabelas do SINAPI (2010). A composição do custo do *brise soleil* se deu pela soma do valor do custo do metro quadrado da placa utilizada como *brise soleil* e a mão-de-obra para instalação do mesmo.

Analisando as informações da relação termo-econômica plotadas na Figura 1, pode-se identificar quais as paredes obtiveram o melhor desempenho. A parede de melhor desempenho dentre as 8 configurações estudadas foi a P4, seguida das paredes P2 e P3, ambas construídas com tijolos maciços e utilizando *brise soleil* na face externa da mesma. Isso ocorre porque estas paredes contam com a combinação de alvenaria de tijolos maciços, que por si só já possui um melhor desempenho térmico do que a alvenaria de tijolos furados, com a

utilização do *brise soleil*, que fornece a parede um isolamento pelo exterior, fazendo com que o calor seja barrado já nas primeiras camadas da parede, além disso, a presença de ar entre o *brise* e a face externa da parede, permite a convecção de ar no espaço entre eles, diminuindo a transferência de calor para o interior.

As paredes P6, P7 e P8, construídas com tijolos de 6 furos e utilizando *brise soleil* na face externa, foram outras 3 configurações de paredes que obtiveram um desempenho termo-econômico considerado alto, pelo mesmo motivo das paredes P4, P3 e P2, só não superando as mesmas por serem construídas com tijolos furados e não maciços, o que por si só, já diminui o desempenho térmico da parede. A parede P1, construída com tijolos maciços, obteve um desempenho abaixo das paredes P6, P7 e P8 e, por fim, a parede P5, construída com tijolos furados, foi a que obteve o pior desempenho termo-econômico.



Figura 1 – Relação termo-econômica das paredes estudadas.

Todas as configurações com *brise* são altamente recomendadas em construções em que exista o interesse de reduzir os gastos com refrigeração do ambiente, aumentando o conforto térmico dos usuários e melhorando a eficiência energética da edificação.

Na perspectiva da continuidade da pesquisa estão previstas etapas que contemplem a avaliação de diferentes cores sobre a alvenaria bem como a modelagem matemática dos processos de transferência de calor e massa dos protótipos estudados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU L. V.; LABAKI L. C. Conforto térmico propiciado por algumas espécies arbóreas: avaliação do raio de influência através de diferentes índices de conforto. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 10, n. 4, p. 103-117, 2010.
- DOEBBER, A. T. **Estudo para redução do impacto térmico em paredes de alvenaria: influência das cores e do brise soleil**. 2010. 119 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Civil) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, 2009.
- GUTIERREZ, G. C. R. **Avaliação do desempenho térmico de três tipologias de brise-soleil fixo**. 2004. 190 p. Dissertação (Mestre em Engenharia Civil, na área de concentração de Edificações) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.
- GRIPPI, S. **Lixo, reciclagem e sua história: guia para as prefeituras brasileiras**. Rio de Janeiro: Interciência, 2001.
- LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. São Paulo: PW, 1997. 188 p.
- LUND, H. **The McGraw Hill recycling handbook**. New York: Mc Graw Hill. 1993.
- MARAGNO, G.V. Eficiência e forma do brise-soleil na arquitetura de Campo Grande – MS. **IV Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído**, 2001, São Paulo, SP.
- RUPP, R. F. **Análise da transferência de calor em paredes compostas por tijolos maciços**. 2009. 119 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Civil) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, 2009.
- SPECHT, L. P., BORGES, P. A., RUPP, R., ZANON, R. V. Análise da transferência de calor em paredes compostas por diferentes materiais. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 10, n. 4, p. 7-18, 2010.
- PEÑA, C. C.; GHISI, E.; PEREIRA, C. D. Comparação entre Necessidade e Disponibilidade de Vento e Radiação Solar para Fins de Análise Bioclimática de Edificações em Florianópolis. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 8, n. 4, p. 87-101, out./dez. 2008.
- PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. Disponível em: <<http://www.procel.gov.br/>>. Acesso em: 19 abr. 2009.
- SISTEMA NACIONAL DE PREÇOS E ÍNDICES PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL. Relatórios de insumos e de serviços por Estado. Disponível em: <<http://www1.caixa.gov.br/download/index.asp>>. Acesso em: 09 jan. 2010.
- VALESAN, M.; FEDRIZZI B.; SATTTLER, M. A. Vantagens e desvantagens da utilização de peles-verdes em edificações residenciais em Porto Alegre segundo seus moradores. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 10, n. 3, p. 55-67, 2010.