



## CONCEPÇÃO DE UM SISTEMA DE FACHADA PARA REABILITAÇÃO ECO-EFICIENTE DE EDIFÍCIOS: ESTUDO DOS TIPOS DE ENVIDRAÇADOS PARA QUATRO CIDADES PORTUGUESAS

**Helenice Sacht (1); Luis Bragança (2); Manuela Almeida (3); Rosana Caram (4)**

(1) Departamento de Engenharia Civil - Universidade do Minho, Portugal - e-mail:  
[hmsacht@civil.uminho.pt](mailto:hmsacht@civil.uminho.pt)

(2) Departamento de Engenharia Civil - Universidade do Minho, Portugal – e-mail:  
[braganca@civil.uminho.pt](mailto:braganca@civil.uminho.pt)

(3) Departamento de Engenharia Civil - Universidade do Minho, Portugal – e-mail:  
[malmeida@civil.uminho.pt](mailto:malmeida@civil.uminho.pt)

(4) Departamento de Arquitetura e Urbanismo - Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade  
de São Paulo, Brasil – e-mail: [rcaram@sc.usp.br](mailto:rcaram@sc.usp.br)

### RESUMO

Há um grande potencial de redução do consumo energético de edifícios habitacionais e de serviços na União Européia (UE). Os sistemas de fachada podem influenciar diretamente na redução de consumo energético, uma vez que contribuem significativamente para a transferência de calor entre exterior e interior. Apresenta-se neste estudo parte do desenvolvimento de um novo sistema de fachadas: “Módulos de Fachada para Reabilitação Eco-Eficiente de Edifícios” destinado inicialmente a Portugal, focando nesta fase, elementos modulares compostos por vidros. Serão apresentados alguns resultados iniciais de simulações computacionais de desempenho térmico para um modelo ( $25m^2$ ), para 4 cidades portuguesas, utilizando módulos compostos por vidros de elevado desempenho. Para o desenvolvimento da pesquisa em questão foi empregado o software *Design Builder* (interface gráfica para o software *EnergyPlus*), considerando: 3 tipos de composição de vidros, 4 orientações solares e 2 tipos de envolvente. Os resultados indicaram uma diminuição das necessidades nominais de aquecimento e arrefecimento com o uso de determinados tipos de vidro.

Palavras-chave: Fachada; Eficiência energética; Reabilitação; Vidros de elevado desempenho; *Design Builder*.

# 1 INTRODUÇÃO

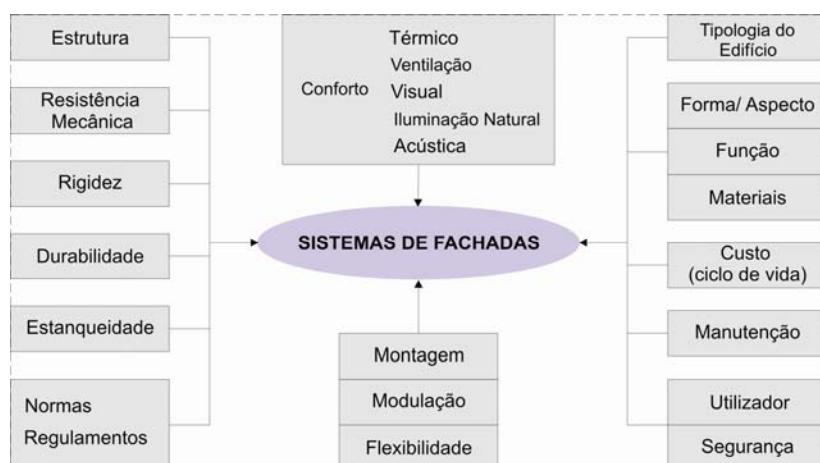
## 1.1 Fachadas e Eficiência Energética

A função principal da fachada é criar condições de habitabilidade para o edifício, protegendo o ambiente interior contra a ação indesejável dos diversos agentes atuantes (calor, frio, sol, chuva, vento, umidade, ruídos, etc.) controlando-os. As fachadas contribuem de forma significativa para a redução dos consumos de energia nos edifícios ao funcionar como uma barreira seletiva em relação às condições climáticas, permitindo manter condições de conforto interiores, sem recurso a sistemas mecânicos de climatização, ou pelo menos, reduzindo ao mínimo a necessidade de recorrer a este tipo de sistemas.

Dentre os diversos elementos constituintes dos edifícios, as fachadas surgem, então, como um meio privilegiado para atuar e propor soluções, uma vez que influenciam no consumo de energia do edifício e no conforto dos seus ocupantes. Assim, atualmente as fachadas têm de ser abordadas como um elemento importante que carece de estudo aprofundado por forma a que sejam encontradas as soluções mais adequadas e que estas possam ser otimizadas.

A complexidade do projeto de fachadas tem alcançado um nível de aperfeiçoamento no qual pode-se citar a chamada “fachada inteligente”. Esse termo refere-se às fachadas que respondem dinamicamente às exigências do ambiente exterior e da ocupação interior, seguindo princípios de consumo consciente de energia. Porém, existe um número variado de elementos, configurações e soluções que podem ser escolhidos, devendo-se na sua análise considerar parâmetros como: custo, estética, orientação, aberturas (janelas), vidros, entre outras questões (OCHOA; CAPELUTO, 2008). Compagno (2002), por exemplo, denomina esse tipo de fachada como “Fachadas Envidraçadas Inteligentes”, nas quais são utilizados vidros de elevado desempenho (reflexivos, auto-limpantes, *low-e*, etc).

O esquema da Figura 1 apresenta alguns dos requisitos e aspectos que devem ser considerados durante a concepção de uma fachada.



**Figura 1** - Esquema ilustrativo dos parâmetros e aspectos que devem ser considerados durante a concepção de uma fachada (Fonte: SACHT, 2010).

## 1.2 Fachadas Inovadoras

Nas últimas décadas as tecnologias de fachadas sofreram avanços significativos, integrando elementos específicos para se adaptarem às condições externas e às exigências do usuário. Esses avanços foram tanto em termos de qualidade de materiais e componentes como na concepção global e design do sistema; incluem soluções passivas, vidros duplos, proteção solar, sistemas de ventilação, etc (CASTRILLÓN, 2009). A seguir serão apresentados alguns exemplos desses tipos de fachadas.

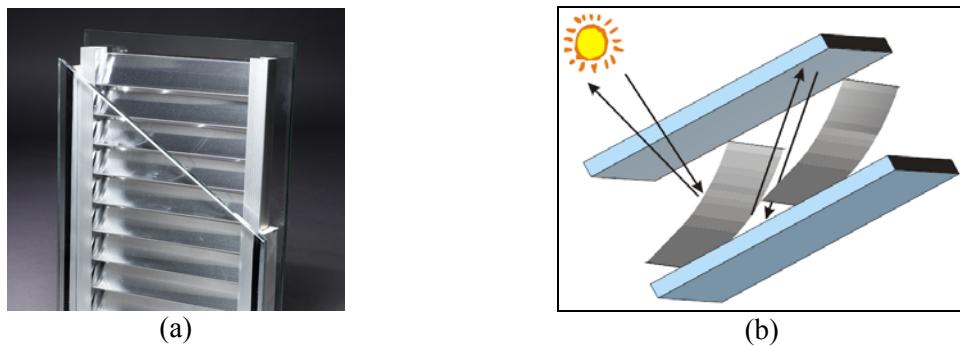
O edifício *Capricorn Düsseldorf* (Figura 2) é composto por uma fachada com componentes ativos. O design da fachada inclui componentes transparentes e opacos, que combinam visibilidade, entrada de

luz natural e redução de ganhos solares, se comparados com a tradicional fachada cortina, e incorporando, além disso, tecnologia e equipamentos para regular o clima interior. O painel metálico interior é perfurado para promover absorção sonora.



**Figura 2 - Capricorn Haus, Düsseldorf** (a) e Detalhe da Secção da Fachada (b) (Fonte: FSL, 2010)

O próximo exemplo (Figura 3a) apresenta um componente para fachadas formado por duas folhas de vidro separadas por um caixilho-espacador de alumínio que abriga uma grelha. A grelha possui superfícies côncavas e convexas que asseguram que toda luz refletida seja difundida, minimizando o efeito “espelho” quando vista externamente. Vista internamente (Figura 3b), a aparência das grelhas é mais ou menos pronunciada, dependendo do ângulo e da distância em que se encontra o observador.



**Figura 3 - O componente para fachadas** (a) e detalhe da grelha e funcionamento(b) (Fonte: IEA, 2000).

A fachada do tipo alternada também é um exemplo de uso de vidro que pode ser citado. Basicamente é uma fachada simples que pode ser convertida em fachada dupla por meio da adição de uma “segunda pele”. No Edifício *Debitel Headquarters* em Stuttgart na Alemanha foi empregada uma fachada simples de vidro seguida de um painel fixo de venezianas (Figura 4).



**Figura 4 - Fachada Alternada, Edifício Debitel Headquarters, Stuttgart, RKW Architektur & Städtebau 2002(a), Detalhe do módulo da fachada (b)** (Fonte: Knaack et al, 2007).

Diante disso, apresentam-se neste trabalho os estudos iniciais sobre os módulos envidraçados de um novo sistema de fachada: “Módulos de Fachada para Reabilitação Eco-Eficiente de Edifícios” em desenvolvimento. Espera-se que este sistema seja uma tecnologia que se enquadra na nova e crescente necessidade de produtos que solucionem as exigências legais, funcionais e estéticas, cumprindo os

objetivos de reduzir os gastos energéticos com a climatização e iluminação nos edifícios, potenciando os benefícios do aproveitamento da radiação solar. E, além disso, ser um produto versátil, inovador e atraente, susceptível de ser aplicado em todo o tipo de edifícios, quer já construídos (soluções de reabilitação) quer a construir (edifícios novos).

## 2 OBJETIVO

Este estudo trata de parte do desenvolvimento de um novo sistema de fachadas: “Módulos de Fachada para Reabilitação Eco-Eficiente de Edifícios” destinado inicialmente a Portugal, focando nesta fase, em elementos modulares compostos por vidros de elevado desempenho. Serão apresentados alguns resultados de simulações computacionais de desempenho térmico executadas para 4 cidades portuguesas, considerando a utilização de tais módulos, de forma a analisar sua influência nas necessidades de aquecimento e arrefecimento de um compartimento tipo.

## 3 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento da pesquisa em questão foi empregado o software Design Builder (interface gráfica para o software *EnergyPlus*), para um modelo ( $25m^2$ ), considerando 3 tipos de composição de vidros, 4 orientações solares e 2 tipos de envolvente: um sistema construtivo convencional português em alvenaria dupla e um sistema *light gauge steel framing* (LGSF)<sup>1</sup>.

### 3.1 Definição das cidades para execução das Simulações

Na definição das cidades para as simulações computacionais foram consideradas i) a localização em diferentes pontos do território, ii) a representatividade das zonas climáticas existentes em Portugal e, além disso, iii) a disponibilidade de arquivos climáticos para utilização no software (Quadro 1). Foram executadas simulações para as orientações norte, sul, leste e oeste para as cidades de Bragança, Coimbra, Évora e Faro, considerando um período anual. As necessidades de aquecimento e arrefecimento para as diversas localidades foram calculadas com base no RCCTE - Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE, 2006) e o valor utilizado posteriormente na análise dos resultados.

**Quadro 1 - Cidades para Simulações computacionais.**

Cidades	Zonas Climáticas	
	Inverno	Verão
Bragança	I <sub>3</sub>	V <sub>3</sub>
Coimbra	I <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>
Évora	I <sub>1</sub>	V <sub>3</sub>
Faro	I <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>

### 3.2 O Software Design Builder

O software *Design Builder* é uma interface gráfica para o programa de simulação térmica *EnergyPlus*, na qual a inserção de dados de soluções mais complexas pode ser feita graficamente. Essa ferramenta permite o desenho, a modelação e obtenção de dados do comportamento físico e ambiental dos edifícios, bem como a obter imagens a qualquer estágio do desenvolvimento do modelo; e alem disso permite a coleta de dados concretos sobre o funcionamento do edifício para utilização no processo de concepção.

---

<sup>1</sup> A definição da composição da envolvente do sistema LGSF estão baseadas no trabalho de Santos et al (2009).

### 3.3 Definição do modelo de simulação

Para a definição do “modelo base” para as simulações, considerou-se um compartimento térreo isolado, com geometria regular 5,0 x 5,0 (25m<sup>2</sup>) (Figura 5) com pé direito de 2,80 m, e uma dimensão total de 2,5 x 2,5 (6,25m<sup>2</sup>) para o conjunto de módulos da fachada. Essas dimensões procuram estar próximas das recomendações do Regulamento Geral das Edificações Urbanas (RGEU, 2007) de Portugal.

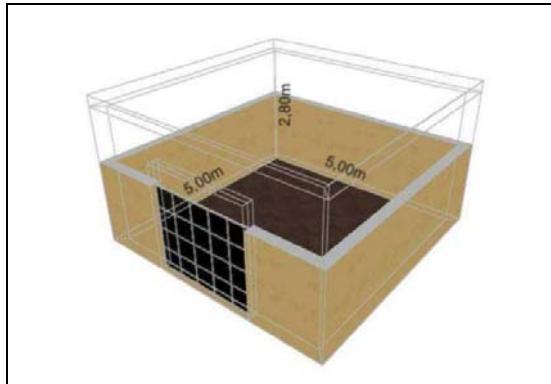


Figura 5 - Modelo Base.

### 3.4 Envolvente

Para a envolvente opaca foi considerado no modelo o uso do sistema construtivo convencional português em alvenaria dupla e do sistema construtivo usualmente empregado no sistema *light gauge steel framing* (LGSF). O sistema convencional considerado é composto por lajes de concreto leves com isolamento (lã de rocha); paredes exteriores em alvenaria de tijolo furado duplo com isolamento interior e reboco em argamassa de cimento. O sistema *light gauge steel framing* também é composto por lajes de concreto leve e outros componentes isolantes (Poliestireno Expandido Extrudido) e as paredes são compostas por EIFS<sup>2</sup> (*Exterior Insulation and Finish System*), placas OSB, lã de rocha e placas de gesso cartonado.

A Tabela 1 apresenta uma síntese da envolvente de acordo com o tipo de sistema e os valores do coeficiente de transmissão térmica (W/m<sup>2</sup> °C).

Tabela 1 - Síntese - Coeficiente de Transmissão Térmica (W/m<sup>2</sup> °C)

Coeficiente de Transmissão Térmica - Sistema Convencional		
Elemento-Envolvente	Espessura (cm)	U (W/m <sup>2</sup> °C)
Paredes Exteriores	0,365	0,49
Laje de Cobertura	0,280	0,56
Coeficiente de Transmissão Térmica - Sistema LGSF		
Elemento-Envolvente	Espessura (cm)	U (W/m <sup>2</sup> °C)
Paredes Exteriores	0,199	0,14
Laje de Cobertura	0,343	0,25

<sup>2</sup> EIFS é um acrônimo de *External Insulation and Finishing System*, termo usado nos Estados Unidos para descrever o reboco térmico pelo exterior. Este sistema de revestimento de fachadas é conhecido na Europa pela sigla ETICS (*External Thermal Insulation Composite Systems*). Na Espanha costuma ser designado por SATE (*Sistema de Aislamiento Térmico Exterior*). Esse termo usualmente aplicado para definir os sistemas compostos que se aplicam pelo exterior dos edifícios e que cumprem duas funções essenciais de proteção, garantindo ainda um bom aspecto estético e fornecendo conforto interno à habitação, eliminando pontes térmicas.

### 3.5 Tipos de Vidros

Em relação à escolha dos vidros para o módulo padrão, os aspectos importantes a serem observados sob o ponto de vista de ganho e perda de calor são: o fator solar, o coeficiente de sombreamento e o coeficiente de ganho de calor solar. Os vidros selecionados para as simulações computacionais sendo todos do fabricante *Saint-Gobain Glass*, principalmente pela disponibilidade de informações sobre os produtos para inserção no software (Tabela 2).

**Tabela 2 -** Vidros para módulo padrão.

Propriedades	Vidros*				
	Cool Lite KNT 155 - Verde	Bioclean	Planilux	Planitherm Total	Planitherm Futur Ultra N
Espessura	4mm	4mm	4mm	4mm	4mm
Factor Solar g	0.45	0.84	0.85	0.66	0.63
Coeficiente de Sombreamento	0.52	0.97	0.98	0.78	0.72
Coeficiente U (W/m <sup>2</sup> K)	5.75	5.87	5.80	5.74	5.73

\* Sendo: “Cool Lite KNT 155 - Verde” um vidro de cor verde com capa de origem metálica que lhe confere características de controle solar; “Bioclean” um vidro auto-limpante com capa de baixa emissividade; “Planilux” um vidro *float* incolor; “Planitherm Total” um vidro com capa de baixa emissividade e “Planitherm Futur Ultra N” um vidro com emissividade extremamente baixa.

A Tabela 3 apresenta uma síntese da combinação dos vidros que foram considerados nas simulações computacionais dos envidraçados, de forma a obter as necessidades energéticas de aquecimento e arrefecimento para diferentes localidades. Em todos os casos foi considerado entre os vidros um espaço de ar de 12mm.

**Tabela 3 -** Síntese dos Enviraçados analisados para todas as cidades.

Módulo de Fachada - Padrão		
Enviraçado	Pano Exterior	Pano Interior
Enviraçado 04	Cool Lite KNT 155 Verde	Planitherm Futur Ultra N
Enviraçado 07	Bioclean	Planilux
Enviraçado 09	Planilux	Planitherm Total

### 3.6 Ganhos Internos

No RCCTE é apresentado um valor de 4W/m<sup>2</sup> para as cargas internas referentes à soma de todos os perfis (ocupação, iluminação e equipamentos) (RCCTE, 2006) porém, devido às possibilidades e opções de simulação oferecidas pelo software *Design Builder*, foram consideradas cargas internas separadas e mais realistas para os perfis de ocupação, iluminação e equipamentos (Tabela 4).

**Tabela 4 -** Ganhos Internos (W/m<sup>2</sup>)

Ganhos Internos	Valores (W/m <sup>2</sup> )
Ocupação	5,6 W/m <sup>2</sup> (2 pessoas)
Iluminação	9,4 W/m <sup>2</sup>
Equipamentos	8 W/m <sup>2</sup>

Como o RCCTE não contempla os perfis (dias da semana e horários) de ocupação, iluminação e uso de equipamento para edifícios de habitação, esses valores foram adotados da pesquisa “Obtenção dos perfis de utilização, iluminação e de equipamentos das habitações residenciais” que é adaptada a realidade portuguesa (SOUSA, 2009).

## 4 ANÁLISE DE RESULTADOS

### 4.1 Necessidades Nominais de Aquecimento

#### 4.1.1 Bragança

Observa-se nos resultados para a cidade de Bragança que os três tipos de envidraçados apresentam necessidades nominais de aquecimento de acordo com o RCCTE para os dois tipos de envolvente. Porém, o envidraçado 07 (Bioclean 4mm - Planilux 4mm) destacou-se com o menor valor, ou seja, a sua utilização representa uma maior economia de energia para aquecimento (Gráfico 1). No entanto, devem ser consideradas também as necessidades de arrefecimento, como se verá adiante.

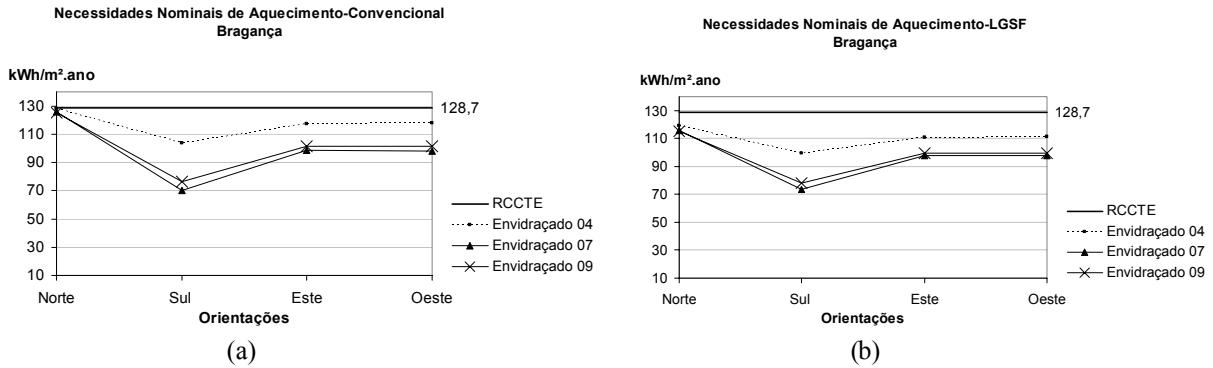


Gráfico 1 - Necessidades Nominais de Aquecimento – Sistema Convencional (a) e Sistema LGSF (b) - Bragança.

#### 4.1.2 Coimbra

Para a cidade de Coimbra o uso dos três tipos de envidraçados no modelo indicou necessidades nominais de aquecimento de acordo com o RCCTE ( $68,14\text{ kWh/m}^2.\text{ano}$ ), isso para ambos os tipos de envolvente (sistema convencional e sistema LGSF). Novamente o menor consumo foi observado para o uso do envidraçado 07 (Bioclean 4mm - Planilux 4mm). Neste caso, ambos os tipos de envolvente apresentam necessidades nominais de aquecimento muito semelhantes (Gráfico 2).

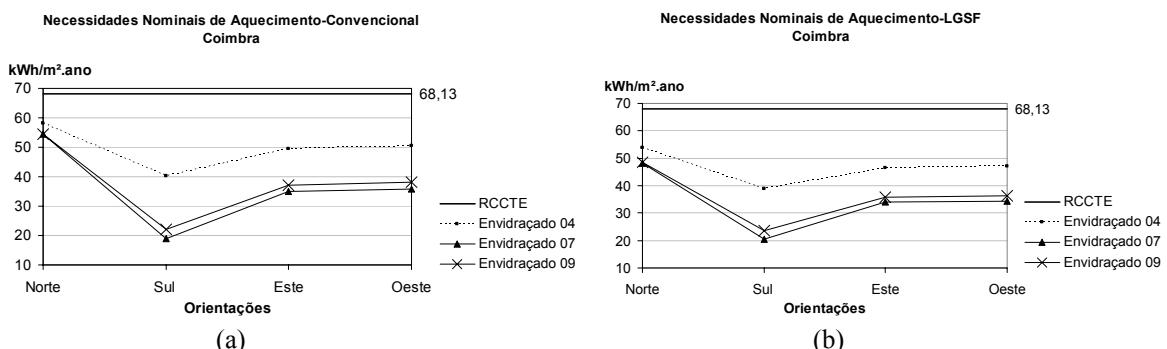


Gráfico 2 - Necessidades Nominais de Aquecimento – Sistema Convencional (a) e Sistema LGSF (b) - Coimbra.

#### 4.1.3 Évora

A modelação dos mesmos três tipos de envidraçados para Évora apresentou também necessidades energéticas de aquecimento de acordo com o RCCTE ( $65,08 \text{ kWh/m}^2.\text{ano}$ ), sendo também o mínimo valor observado para o uso envidraçado 07 (Bioclean 4mm - Planilux 4mm). Os dois tipos de envolvente apresentaram, novamente, valores próximos (Gráfico 3).

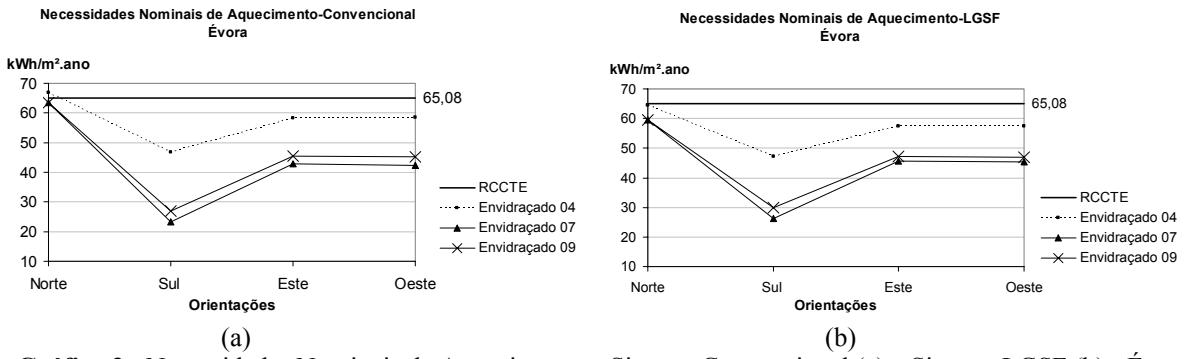


Gráfico 3 - Necessidades Nominais de Aquecimento – Sistema Convencional (a) e Sistema LGSF (b) - Évora.

#### 4.1.4 Faro

Para Faro os três tipos de envidraçados utilizados apresentaram necessidades nominais de aquecimento muito abaixo do valor máximo admitido pelo RCCTE (50,69 kWh/m<sup>2</sup>.ano), isso para ambos os tipos de envolvente. Novamente o menor consumo foi observado com o uso do envidraçado 07 (Bioclean 4mm - Planilux 4mm). Também neste caso ambos os tipos de envolvente apresentaram necessidades nominais de aquecimento próximas (Gráfico 4).

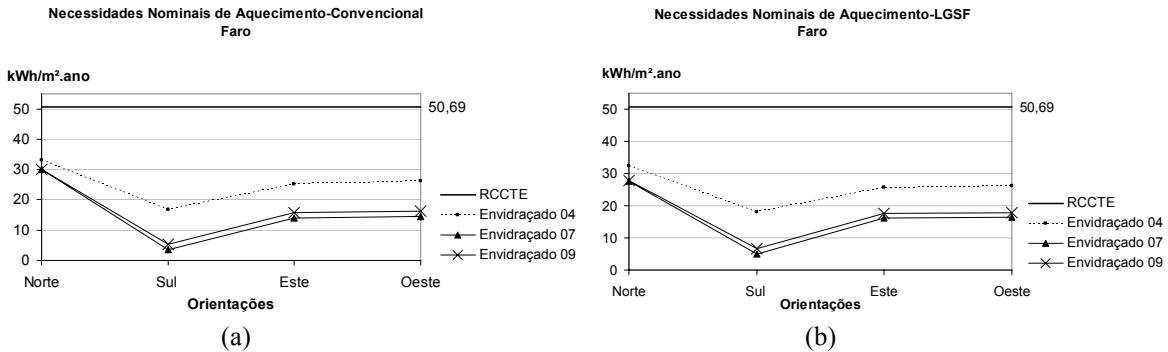


Gráfico 4 - Necessidades Nominais de Aquecimento – Sistema Convencional (a) e Sistema LGSF (b) - Faro.

## 4.2 Necessidades Nominais de Arrefecimento

### 4.2.1 Bragança

Todos os modelos com envolvente do sistema *light gauge steel frame* apresentaram necessidades nominais de arrefecimento de acordo com o RCCTE para Bragança. Para os modelos com envolvente em alvenaria dupla (sistema convencional) apenas o uso do envidraçado 4 (Cool Lite KNT 155 4mm Verde - Planitherm Futur Ultra N 4mm) apresentou necessidades nominais de arrefecimento inferiores a 26kWh/m<sup>2</sup>.ano (Gráfico 5), que é o valor máximo admitido para esta região climática.

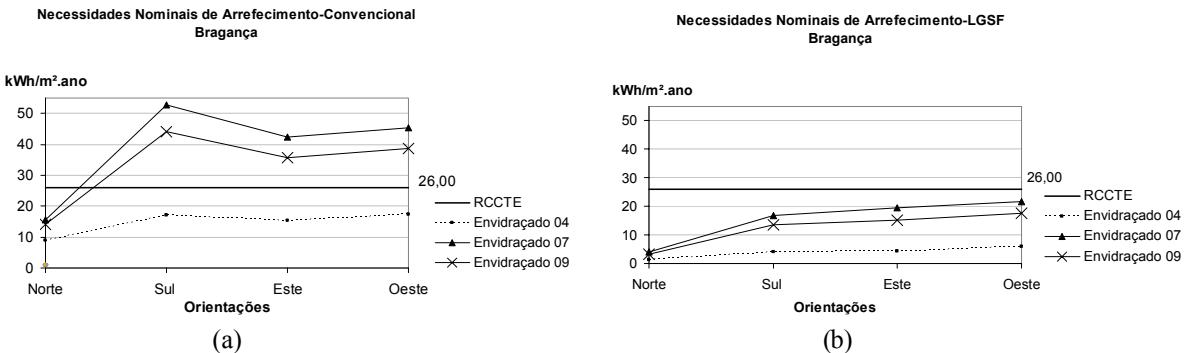


Gráfico 5 - Necessidades Nominais de Arrefecimento – Sistema Convencional (a) e Sistema LGSF (b) - Bragança

Esses resultados indicam que os envidraçados 04 (Cool Lite KNT 155 4mm Verde - Planitherm Futur Ultra N 4mm) podem apresentar melhores resultados para aplicação nos locais para os quais as necessidades de arrefecimento sejam mais elevadas.

#### 4.2.2 Coimbra

Para Coimbra, o consumo energético para arrefecimento apresentou-se mais elevado para a envolvente convencional.

Para o modelo de envolvente do sistema LGSF, o uso de todos os envidraçados apresentaram necessidades nominais de arrefecimento de acordo com o RCCTE, (16,00 kWh/m<sup>2</sup>.ano) (Gráfico 6).

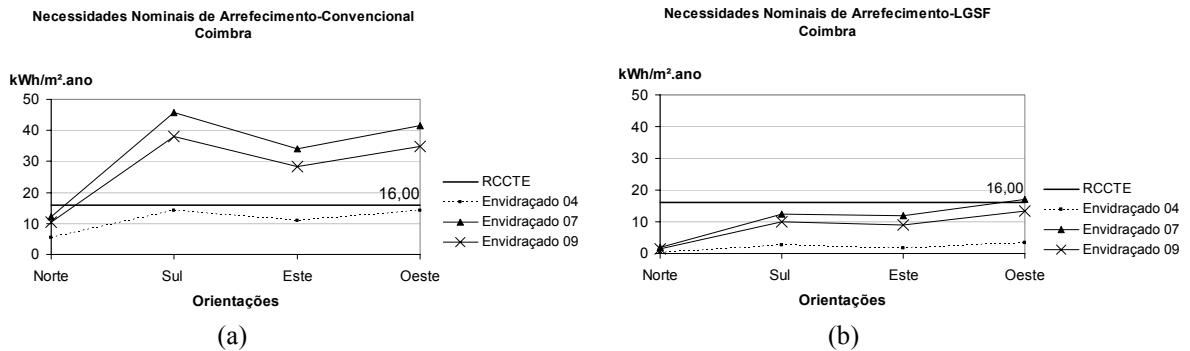


Gráfico 6 - Necessidades Nominais de Arrefecimento – Sistema Convencional (a) e Sistema LGSF (b) - Coimbra.

Para a envolvente do sistema convencional, constatou-se que o envidraçado 04 (Cool Lite KNT 155 4mm Verde - Planitherm Futur Ultra N 4mm) foi o único que indicou valores abaixo do calculado de acordo com o RCCTE (16kWh/m<sup>2</sup>.ano),

#### 4.2.3 Évora

Para a envolvente típica do sistema LGSF, praticamente, o uso dos três tipos de envidraçados apresentou necessidades nominais de arrefecimento abaixo do valor calculado de acordo com o RCCTE (32 kWh/m<sup>2</sup>.ano) (Gráfico 7). Já para a envolvente convencional, somente o uso do envidraçado 04 (Cool Lite KNT 155 4mm Verde - Planitherm Futur Ultra N 4mm) apresentou necessidades nominais de arrefecimento inferiores.

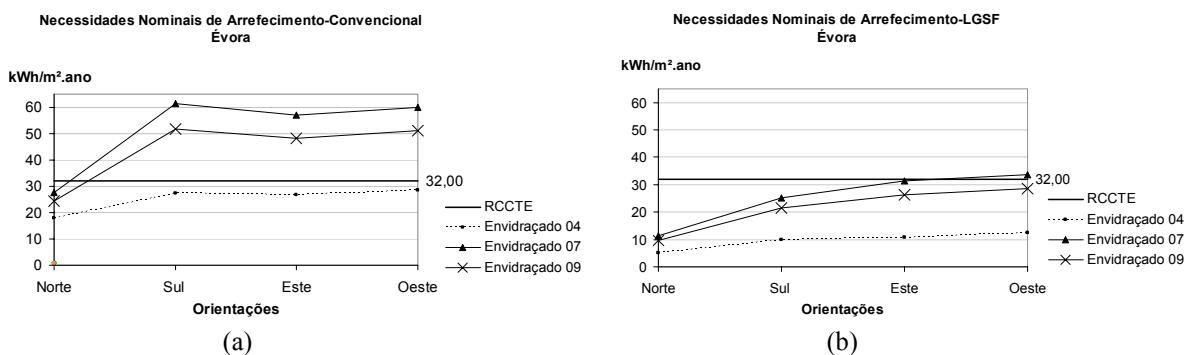


Gráfico 7 - Necessidades Nominais de Arrefecimento – Sistema Convencional (a) e Sistema LGSF (b) - Évora.

#### 4.2.4 Faro

Por meio da análise das necessidades de arrefecimento, para Faro e para a envolvente do sistema convencional, observou-se que o uso do envidraçado 04 (Cool Lite KNT 155 4mm Verde - Planitherm Futur Ultra N 4mm) se destacou por ser o único a apresentar valores de necessidades nominais de arrefecimento inferiores ao valor máximo admitido pelo RCCTE ( $32\text{ kWh/m}^2.\text{ano}$ ). Para a envolvente do sistema LGSF, os três tipos de envidraçados apresentaram valores inferiores ao RCCTE, com exceção do envidraçado 07 para as orientações Leste e Oeste (Gráfico 8).

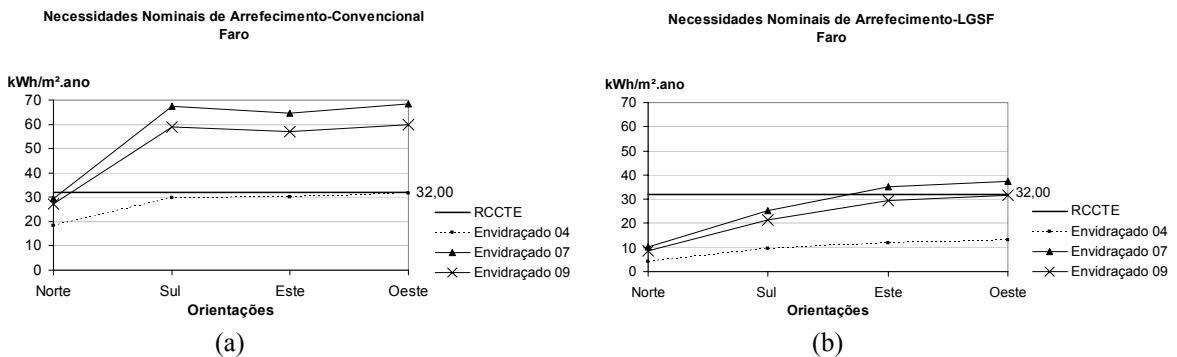


Gráfico 8 - Necessidades Nominais de Arrefecimento – Sistema Convencional (a) e Sistema LGSF (b) - Faro.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Perante os resultados das simulações computacionais para os 3 tipos de envidraçados, observou-se que grande parte dos envidraçados analisados apresentaram necessidades nominais de aquecimento inferiores aos limites máximos (por cidade) admitidos na legislação portuguesa (RCCTE, 2006). Destacou-se o uso do envidraçado 07 (Bioclean 4mm - Planilux 4mm) com necessidades nominais de aquecimento inferiores para todas as localidades analisadas.

Em relação às necessidades nominais de arrefecimento, o uso do envidraçado 04 (Cool Lite KNT 155 4mm Verde - Planitherm Futur Ultra N 4mm) se destacou por apresentar valores bem abaixo do RCCTE. O uso do Envidraçado 04 nos modelos com envolvente em alvenaria dupla (Sistema Convencional Português) em todos os casos foi o único a apresentar necessidades nominais de arrefecimento inferiores ao RCCTE.

Mesmo ao utilizar envolvente de dois tipos de sistemas construtivos (Sistema Convencional Português em alvenaria dupla e Sistema *Light Gauge Steel Framing* - LGSF), essa variação não ocasionou diferenças significativas em termos de necessidades nominais de aquecimento dos modelos simulados. Já em termos de necessidades de arrefecimento foram observadas variações significativas no uso dos dois tipos de envolvente, sendo que as necessidades nominais de arrefecimento foram no mínimo o dobro para os modelos com envolvente do sistema convencional (alvenaria dupla).

Por meio de uma análise, com base no desempenho dos envidraçados, salienta-se que para Inverno as três composições de envidraçados estão adequadas, pois apresentaram necessidades nominais de aquecimento inferiores aos limites máximos admitidos na legislação portuguesa, para ambos os tipos de envolvente. Para Verão somente uma das composições, no caso o envidraçado 04 (Cool Lite KNT 155 4mm Verde - Planitherm Futur Ultra N 4mm) apresentou necessidades nominais de arrefecimento inferiores aos limites máximos admitidos na legislação portuguesa, também para ambos os tipos de envolvente.

Diante dos resultados das simulações para os envidraçados, tendo em consideração que tanto o envidraçado 07 (Bioclean 4mm - Planilux 4mm) como o 09 (Planilux 4mm - Planitherm Total 4mm) não satisfazem só por si as necessidades nominais de arrefecimento (Verão), concluiu-se que o envidraçado mais indicado para uso no sistema de fachadas em questão é o envidraçado 04 (Cool Lite KNT 155 4mm Verde - Planitherm Futur Ultra N 4mm) por satisfazer simultaneamente as necessidades de aquecimento (Inverno) e de arrefecimento (Verão) para todos os climas analisados.

## 6 REFERÊNCIAS

- CASTRILLÓN, R. D'A. Integration of Active and Passive Systems in Glass Façades. Technische Universität Berlin, Berlin, Germany. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SUSTAINABLE ENERGY TECHNOLOGIES, 8, 2009. Aachen, Germany: August 31st to 3rd September, 2009.
- COMPAGNO, A. **Intelligente Glasfassaden: Material.** Anwendung, Gestaltung: Basel: Birkhäuser, 2002.
- EBBERT, T.; KNAACK, U. A flexible and upgradeable facade concept for refurbishment. In: SB07 LISBON - SUSTAINABLE CONSTRUCTION, MATERIALS AND PRACTICES: CHALLENGE OF THE INDUSTRY FOR THE NEW MILLENIUM, 07, 2008., Lisbon. Disponível em: <http://www.irbdirekt.de/daten/iconda/CIB11694.pdf> Acesso em: 10 Nov. 2009.
- FASSADEN SYSTEM LÜFTUNG (FSL). **Project information Capricorn House: Decentralised sill ventilation units FSL-B-ZAU PI/FSL/11/EN/2.** Trox Group Company: 2010. Disponível em: [http://www.troxtechnik.com/xpool/download/en/technical\\_documents/air\\_water\\_systems/projects/pi\\_fsl\\_11\\_en\\_2\\_capricorn.pdf](http://www.troxtechnik.com/xpool/download/en/technical_documents/air_water_systems/projects/pi_fsl_11_en_2_capricorn.pdf) Acesso em: 21 Abr. 2010.
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). Daylight in Buildings: A source book on Daylighting Systems and Components. Lawrence Berkley National Laboratory, 2000. Disponível em: [http://www.iea-shc.org/task21/source\\_book.html](http://www.iea-shc.org/task21/source_book.html) Acesso em: 05 Mai. 2009.
- KNAACK, U.; KLEIN, T. **The future envelope 1: a multidisciplinary aproach.** Research in Architectural Engineering Series. V. 8. Amsterdam: IOS, Delft University, 2008.
- KNAACK, U.; KLEIN, T.; BILOW, M.; AUER, T. **Façades Principles of Construction.** Berlin: Birkhäuser Verlag AG, 2007.
- LAWRENCE BERKELEY NATIONAL LABORATORY (LBNL). **Window 6.2.33.0.** 2009. Disponível em: <http://windows.lbl.gov/software> Acesso em: 12 Abr. 2010.
- OCHOA, C. E.; CAPELUTO, I. G. Advice Tool for Early Design Stages of Intelligent Facades based on Energy and Visual Comfort Approach. **Energy and Buildings**, v. 43, 2008.
- OKALUX. **Glazing with Integral Sun Control Louvres.** Alemanha. Okalux. Disponível em: [http://www.okalux.de/fileadmin/Downloads/Downloads\\_englisch/Infotexte/i\\_okasolar\\_s\\_e.pdf](http://www.okalux.de/fileadmin/Downloads/Downloads_englisch/Infotexte/i_okasolar_s_e.pdf) Acesso em: 20 Ago. 2009.
- REGULAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS DO COMPORTAMENTO TÉRMICO DOS EDIFÍCIOS (RCCTE). 2006. **Decreto-Lei n.º 80/2006.** Diário da República - Série I-A nº. 67. Lisboa: 4 de Abril 2006.
- REGULAMENTO GERAL DAS EDIFICAÇÕES URBANAS (RGEU). 2007. **Decreto-Lei n.º 290/2007,** de 17 de Agosto.
- SACHT, H. M.; BRAGANÇA, L.; ALMEIDA, M. Facades Modules for Eco-Efficient Refurbishment of Buildings: An Overview. In: PORTUGAL SB10 - SUSTAINABLE BUILDING AFFORDABLE TO ALL, 10, 2010, Algarve. **Proceedings.** Algarve, 2010.
- SACHT, H. M. **Módulos de Fachada para Reabilitação Eco-Eficiente de Edifícios.** Plano de Tese - Programa Doutoral em Engenharia Civil. Julho de 2010.
- SANTOS, P., GERVÁSIO, H., SIMÕES DA SILVA, L.; GAMEIRO, A. **Influence of climate change on the energy efficiency of Light steel residential buildings.** Energy Conversion and Management. Elsevier, 2009.
- SOUSA, O. J. S. **Obtenção dos perfis de utilização, iluminação e de equipamentos das habitações residenciais.** Relatório de Projecto Individual. Universidade do Minho, 2009.

## 7 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa Erasmus Mundus ISAC - *Improving Skills Across Continents* pelo apoio financeiro a este trabalho de investigação.