

Luciana Alves de Oliveira  
Silvio Burrattino Melhado

# P

## ROJETO DE FACHADAS LEVES: ESPECIFICAÇÕES DE DESEMPENHO

272

pós-

### RESUMO

O desenvolvimento adequado de um projeto de fachadas leves implica, entre outros, em estabelecer indicadores de desempenho, visando minimizar prejuízos com relação à qualidade e custo de execução e manutenção do empreendimento. O objetivo deste artigo é discutir e propor os requisitos e critérios de desempenho a serem especificados em um projeto de fachadas leves para edifícios comerciais de múltiplos pavimentos. Serão discutidos e propostos aqueles requisitos e critérios que expressam os níveis de segurança e sustentabilidade da fachada. O desenvolvimento do presente artigo, parte da pesquisa de uma tese de doutorado em desenvolvimento, baseou-se no estudo e na análise comparativa entre normas e bibliografias nacionais e internacionais que discutem questões de desempenho. Conclui-se que os requisitos e critérios de desempenho devem ser discutidos e definidos no início do processo de projeto e os autores deste artigo propõem que as questões de desempenho sejam tratadas em três níveis: definição dos requisitos prioritários para a fachada; adoção dos critérios de desempenho para os respectivos requisitos; e especificação de como realizar a avaliação de desempenho da fachada e de seus componentes, para, posteriormente, projetar a tecnologia a ser empregada.

### PALAVRAS-CHAVE

Desempenho, projeto, fachadas leves, segurança e sustentabilidade.

## RESUMEN

El desarrollo adecuado de un proyecto de fachadas ligeras implica, entre otros, establecer indicadores de desempeño, buscando minimizar perjuicios relacionados con la calidad y el costo durante las fases de ejecución y mantenimiento del edificio. El objetivo de este artículo es el de discutir y presentar requisitos y criterios de desempeño que deben ser especificados en un proyecto de fachadas ligeras para edificios comerciales de varios pisos. específicamente, serán discutidos y propuestos aquellos requisitos y criterios relacionados a los niveles de seguridad y sostenibilidad de la fachada. este artículo está basado en el estudio y el análisis comparativo entre normas y bibliografías tanto brasileñas como internacionales relacionadas con el tema de desempeño, y forma parte de una investigación de doctorado actualmente en desarrollo. finalmente, se concluye que los requisitos y criterios de desempeño deben ser discutidos y definidos al inicio del proyecto. los autores proponen que las cuestiones relativas al desempeño sean tratadas en tres niveles: definición de los requisitos prioritarios para la fachada; atribución de criterios de desempeño para cada requisito seleccionado; y especificación de cómo realizar la evaluación del desempeño de la fachada y sus componentes para, posteriormente, proyectar la tecnología que será empleada.

## PALABRAS CLAVE

Palabras clave: Desempeno, proyecto, fachadas ligeras, seguridad, sostenibilidad.

## LIGHTWEIGHT FAÇADE DESIGN: PERFORMANCE DEFINITIONS

### ABSTRACT

The proper design of lightweight façades implies, among other aspects, establishing performance requirements to minimize losses in building quality and cost, as well as maintenance. This article discusses and suggests performance, safety, and sustainability requirements and criteria that should be specified in a lightweight façades design for commercial multi-story buildings.

The current article is part of a doctoral research project in progress. It is based on studies and comparative analyses of different building standards, as well as Brazilian and international literature on the subject of performance. The results show that performance requirements and criteria should be discussed and defined early in the design phase, and performance issues should be dealt with at three levels: defining key façade requirements; identifying performance criteria for these requirements; and specifying the performance review of the façade and its components. Only later should the technology to be employed and defined.

### KEY WORDS

Performance, design process, lightweight façades, safety and sustainability.

## I. INTRODUÇÃO

A fachada, incluindo esquadrias e revestimentos, é um dos mais relevantes subsistemas do edifício, sendo responsável pelas condições de habitabilidade e podendo apresentar um papel importante com relação à sustentabilidade, especialmente quando projetada para contribuir na eficiência energética do edifício. Além disso, os custos de execução e de manutenção das fachadas são expressivos com relação aos dos outros subsistemas.

Várias bibliografias e estudos apontam que parte dos problemas patológicos dos edifícios, os quais comprometem seu desempenho, podem ser provenientes de falhas no subsistema “fachada”. Essas falhas podem ter origens diversas: falhas provenientes de especificações de projeto, problemas com relação à durabilidade e qualidade dos materiais, falta ou insuficiência de operações de manutenção, entre outros. Parte dessas falhas pode ser minimizada com o incremento da qualidade do projeto, uma vez que este pode conter informações as quais auxiliam a tomada de decisões nas fases de execução e de uso de um edifício. Por isso, o desenvolvimento adequado de um projeto de fachadas é importante, especialmente quando se empregam tecnologias “inovadoras”, como as fachadas em elementos pré-fabricados leves (tecnologias carentes de normalização técnica nacional).

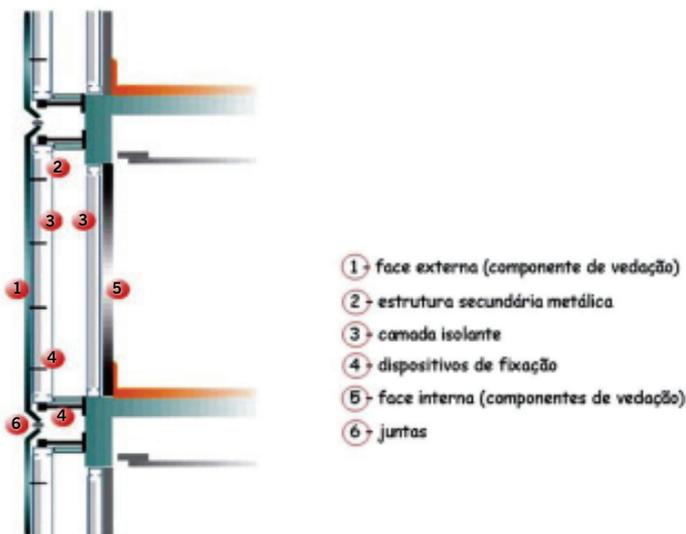
Entretanto, um desenvolvimento adequado de projetos, implica, entre outros, em estabelecimento de definições de qualidade e controle. Tais definições, independente de sua origem, objetivam que a execução do projeto atenda às expectativas para a produção e uso de um edifício, com desempenho e qualidade esperados. Por isso, parte das informações que um projeto deve conter diz respeito ao desempenho do edifício ou de suas partes.

A adoção do conceito de desempenho, especialmente desde a fase de concepção de projetos, implica definir quais condições devem ser satisfeitas pelo produto, tanto em nível qualitativo (requisito) quanto quantitativo (critério), quando submetido a condições normais de uso (ABNT NBR 15.575-1, 2008). Tais condições expressam os níveis de segurança, habitabilidade e sustentabilidade do produto edifício ou de suas partes.

Assim, o objetivo deste artigo é discutir e propor os requisitos e critérios de desempenho a serem priorizados e especificados no desenvolvimento de um projeto de fachadas leves para edifícios comerciais de múltiplos pavimentos. Serão discutidos e propostos os requisitos e critérios que expressam os níveis de segurança e sustentabilidade da fachada. O desenvolvimento do presente artigo baseou-se no estudo e na análise de normas e bibliografias internacionais, a abordarem aspectos de desempenho, comparados às normas e bibliografias nacionais.

Este artigo é parte da pesquisa de uma tese de doutorado em desenvolvimento, intitulada *Metodologia para desenvolvimento e implementação de projetos de fachadas leves: Aplicação à construção e renovação de edifícios*.

Figura 1: Esquema em corte do elemento de fachada leve  
Ilustração: Autores



## 2. CARACTERIZAÇÃO DAS FACHADAS LEVES

O subsistema fachada pode ser constituído de elementos pesados ou leves, moldados no local ou pré-fabricados. São considerados como elementos leves aqueles cujo peso específico é menor de 100kgf/m<sup>2</sup> (AFNOR NF P 28 001, 1990). O objeto de estudo deste artigo limita-se às fachadas constituídas de elementos leves. O elemento de fachada leve, segundo a AFNOR NF P 28 001 (1990) e o SCI-P247 (1998), é constituído dos seguintes componentes (Figura 1):

- Componentes de fechamento ou revestimento: placas de vidro, placas cimentícias, placas metálicas, placas de rocha, painéis de material sintético, etc. Os componentes de fechamento são fixos à estrutura auxiliar por fixação mecânica (aparafusamento ou encaixe), por colagem, ou mista (parte colada parte fixa);
- isolantes térmicos: placas de poliestireno, painéis em lã mineral, etc.;
- estrutura secundária metálica: compostas de perfis metálicos e seus acessórios (parafusos, porcas, presilhas, arremate, luva, etc.);
- dispositivos de fixação: componentes de fixação (parafusos, ancoragens, etc.);
- componentes de preenchimento das juntas: selantes e gaxetas em perfis termoplásticos.

A AFNOR NF P 28 001 (1990) classifica as fachadas leves segundo seu posicionamento com relação à estrutura principal do edifício em:

- **Fachada-cortina:** fachada leve, constituída de uma ou mais camadas, posicionada totalmente externa à estrutura do edifício, formando uma pele sobre o mesmo (Figura 2). Em francês essa classificação é conhecida pela expressão *façade rideaux* e, em inglês, *curtain-wall*.

- **Fachada semicortina:** fachada leve, constituída de uma ou mais camadas, cuja camada exterior é posicionada externa à estrutura do edifício e à camada interior interna e entre pavimentos (Figuras 1 e 3). Essa norma considera que a camada interior, não obrigatoriamente, deve ser leve; existem casos em que a camada interior é uma parede em alvenaria, ou em concreto, e a camada exterior um revestimento não-aderido. Em francês, essa classificação é conhecida como *façade semi-rideaux*. Algumas bibliografias americanas e inglesas tratam essa classificação como *cladding wall*.



Figura 2: Fachada-cortina constituída de quadros estruturantes em perfis de alumínio, placas de vidro insulado (parte superior) e placas de alumínio (parte inferior) intercaladas por isolante  
Foto: Autores, Paris, 2007



Figura 3: Fachada semicortina (após renovação), cujos componentes de fechamento são placas cimentícias com acabamento incorporado  
Foto: Autores, Paris, 2007

Nas operações de renovação de fachadas, a tendência é empregar tecnologias de fachadas leves, classificadas como fachadas semicortina, por serem mais convenientes para aqueles casos nos quais se pretende aproveitar a parede existente que, em função de diversos problemas, já não atende, integralmente, à sua função como vedação vertical externa. Assim, sobre a parede existente adiciona-se outras camadas (isolantes, componentes de revestimento, etc.), cujo conjunto (camadas adicionadas e parede existente) deve atender aos requisitos de desempenho estabelecidos para uma fachada.

Quando fachadas leves são empregadas, as funções de vedação e estrutura tornam-se desvinculadas: o elemento de fachada não é estrutural nem pode assumir papel de contraventamento da estrutura, devido às folgas necessárias para sua própria movimentação e montagem. O componente de fechamento não conta com as vantagens de isolamento térmico e acústico atreladas à massa, e o desempenho das juntas é fundamental para garantir o desempenho do conjunto.

Existem várias tecnologias que podem ser consideradas como fachadas leves, além de existirem várias alternativas e combinações possíveis entre os componentes. Por isso, objetiva-se, neste artigo, tratar dos pontos em comum entre essas tecnologias, especialmente no que diz respeito aos requisitos e critérios de desempenho que devem ser levados em conta no desenvolvimento de projetos.

### 3. DESEMPENHO DO SUBSISTEMA FACHADA

A fachada para desempenhar suas funções deve atender a determinados requisitos, os quais são agrupados, neste artigo, em três grupos: segurança, sustentabilidade e habitabilidade (sendo objeto de discussão somente os dois primeiros). Os requisitos de desempenho da fachada, seja ela leve, seja pesada, são especificados em função de legislações e normas técnicas específicas ou de objetivos do empreendedor (programa de necessidades do empreendimento).

Requisitos	
Segurança	1 – Segurança estrutural Resistência mecânica e estabilidade das estruturas secundárias e dos componentes de fechamento, eficiência dos dispositivos de fixação e capacidade de deformação das juntas Resistência do elemento a impactos externos e internos
	2 – Segurança ao fogo Reação ao fogo dos componentes de fechamento Resistência ao fogo dos elementos de fachada, no caso de serem elementos de compartimentação horizontal <sup>1</sup> Resistência ao fogo dos dispositivos de fixação Garantia da compartimentação vertical <sup>2</sup> do pavimento
	Minimização de impactos ambientais (este artigo somente tratará do requisito referente à eficiência energética da fachada, a qual será analisada com o requisito de desempenho térmico, por serem assuntos interligados)
	3 – Desempenho térmico e eficiência energética Respeito às características térmicas mínimas dos elementos de fachada Respeito às taxas mínimas de ventilação Minimização de entrada de calor em função da orientação do edifício Minimização de entrada de calor em função da seleção de componentes envidraçados com fator solar adequado Diminuição da entrada de calor em função do respeito à relação entre área transparente e área opaca
	4 – Durabilidade e Manutenibilidade Definição da VUP (vida útil de projeto) da fachada e de seus componentes Seleção de materiais e componentes em função da VUP, bem como estabelecimento de prazos para inspeção e troca de materiais Facilidade de manutenção e conservação (racionalização dos custos associados às operações de manutenção e limpeza)

(1) Compartimentação horizontal: medida de proteção, constituída de elementos construtivos resistentes ao fogo, separando ambientes, de tal modo, que o incêndio fique contido no local de origem e evite sua propagação no plano horizontal (CB-IT 03, 2001).

(2) Compartimentação vertical: medida de proteção que dificulta a propagação do fogo no plano vertical (CB-IT 03, 2001).

Tabela 1: Requisitos de desempenho de fachadas leves  
Fonte: Adaptado da AFNOR XP 28-004,1995; ISO 6241, 1984; ISO 7361, 1986

Observando que os requisitos de segurança são sempre essenciais e as exigências de sustentabilidade variam com as características de exposição do edifício, fixas a partir do equilíbrio entre circunstâncias econômicas e ambientais. Os requisitos de desempenho, a serem discutidos neste artigo, são apresentados na Tabela 1.

### 3.1 Segurança estrutural

#### 3.1.1 Resistência mecânica e estabilidade

A norma francesa (AFNOR XP 28-004, 1995) recomenda que o elemento construtivo o qual forma a fachada leve seja projetado de forma à sua resistência mecânica assegurar sua estabilidade, e as deformações, devidas às cargas atuantes, não comprometerem a estabilidade dos componentes. Para tanto, ainda segundo essa norma, o projeto deve:

- Determinar as solicitações sobre o elemento fachada (determinar as cargas estáticas e dinâmicas atuantes), sejam elas permanentes, sejam acidentais: peso próprio, cargas horizontais devidas ao vento; variações de temperatura e de higrotermia, solicitações provenientes da estrutura principal, as quais devem ser absorvidas pelas fixações e juntas e outras cargas devidas ao uso e manutenção do edifício;

- verificar os valores admissíveis de deformação de cada componente (dispositivos de fixação, estrutura secundária e componentes de fechamento) ao considerar os efeitos de cada solicitação ou da combinação das solicitações.

Os dispositivos de fixação devem apresentar:

- Resistência mecânica para transmitir as cargas de vento e peso próprio dos componentes da fachada para a estrutura principal;

– capacidade de absorver deformação: as fixações precisam apresentar um ajuste dimensional mínimo que acomode deformações (variações volumétricas dos componentes somadas ao ajuste às suas tolerâncias de fabricação e montagem).

A estrutura secundária tem a função de suportar as cargas dos componentes de fechamento e transmiti-las à estrutura principal. O *Cahier du CSTB 2383* (1990) recomenda que os perfis das estruturas secundárias, sob solicitação de cargas de pressão e depressão de vento, sejam projetados para apresentarem deslocamentos máximos de  $L/300$  do vão ( $L$  = comprimento livre do perfil).

A ABNT NBR 10821 (2000) define que os deslocamentos máximos para os perfis de fachadas-cortina envidraçadas, sob pressão de vento, não devem ser maiores de  $L/175$  do vão; entretanto, em nenhum caso esse deslocamento pode ser superior a 2 cm.

Já os componentes de fechamento ou revestimento devem ser capazes de transmitir aos seus pontos de apoio (estrutura secundária) todo o carregamento proveniente de seu peso próprio, da ação do vento e outras solicitações, sem romper ou deformar-se excessivamente, observando que, em painéis com espessura reduzida, o efeito dos ciclos de aquecimento e/ou molhagem pode ser mais significativo que a ação do vento (ISO 7361, 1986; *Cahier du CSTB 2383*, 1990). A BS 8200 (1985) recomenda que os deslocamentos dos componentes de fechamento respeitem as condições da Tabela 2.

Portanto, existe uma norma brasileira (ABNT NBR 10821, 2000) que trata dos critérios da resistência mecânica e estabilidade das fachadas, porém esses critérios dizem respeito aos deslocamentos máximos dos perfis da estrutura secundária. Os critérios da norma brasileira, com relação a esses deslocamentos, apesar de menos rigorosos do que os especificados na norma francesa, têm um limite máximo de 2 cm; por isso, podem ser adotados sem prejuízo da segurança, independente de a fachada ser envidraçada ou em material opaco.

Com relação à resistência e estabilidade dos componentes de fechamento, não existem normas ou manuais brasileiros que especifiquem seus deslocamentos máximos; por isso, os autores deste artigo propõem a adoção dos critérios especificados pela BS 8200 (1985), uma vez que esses foram dimensionados em função da estética da fachada (desvios de alinhamento admissíveis) e da capacidade de o material deformar-se sem ocorrência de fissuras.

### 3.1.2 Resistência a impactos

Os elementos da fachada devem apresentar resistência contra ação de choques para assegurar segurança, tanto aos ocupantes do edifício quanto às pessoas que, eventualmente, estão na proximidade do edifício. Dessa forma, o elemento de fachada não pode ser atravessado nem empurrado para fora de sua posição e não deve haver quedas de objetos para fora do edifício, os quais

Tabela 2: Máximos deslocamentos permitidos

Componente/painel de revestimento	Deslocamento máximo entre dois pontos de apoio
Painéis não-translúcidos (opacos)	$1/90$ a $1/500$ (função do material) adotando-se $1/350$
Painéis em vidro simples	$1/125$
Painéis em vidro duplo	$1/175$

Fonte: BS 8200, 1985

possam causar lesões corporais às pessoas encontradas no exterior do edifício (AFNOR XP 28-004, 1995; DTU 39, 1993; NBR 10821, 2000).

A resistência aos choques é expressa pela resistência aos impactos de corpo mole, e o elemento de fachada deve ser avaliado para uma altura de segurança de 1m do piso (altura mínima de um guarda-corpo ou peitoril), internamente ao pavimento (NBR 10821, 2000; DTU 39, 1993), exceção feita ao pavimento térreo, no qual a resistência do elemento deve ser avaliada tanto interna quanto externamente.

O DTU 39 (1993) especifica que os elementos de fachada até a altura de 1m, especialmente quando os componentes de fechamento são painéis de vidro, devem resistir a impactos de 600 joules, sem ruptura ou perda de estabilidade do elemento.

A norma brasileira de guarda-corpo (ABNT NBR 14.718, 2008) especifica que os elementos de fachada, na altura de guarda-corpo, não devem romper sob impacto de 700 joules (impacto interno). A norma de desempenho brasileira (ABNT NBR 15.575-4, 2008) recomenda que o elemento de fachada leve, com função de guarda-corpo, deve resistir a uma energia de até 480 joules para impacto interno. Apesar de essa norma ser destinada para edifícios habitacionais, ela pode ser considerada como referência para outros tipos de edifícios, pois, independente do tipo e altura do edifício, a preocupação com a segurança contra queda de um usuário, ou de um objeto, deve ser igual.

### 3.2 Segurança ao fogo

Os elementos de fachada, considerados como elementos de compartimentação, devem apresentar resistência ao fogo por um período de tempo suficiente para possibilitar a saída dos ocupantes da edificação em condições de segurança e evitar danos a edificações adjacentes.

Na França, os requisitos de segurança contra incêndio de fachadas leves são expressos por: reação ao fogo dos componentes da fachada, resistência ao fogo do elemento da fachada, resistência ao fogo dos dispositivos de fixação, garantia da compartimentação vertical e isolamento com relação aos edifícios vizinhos (aspecto não-abordado neste artigo). No Brasil, esses requisitos também são abordados por normas técnicas e legislações do Corpo de Bombeiros, conforme comparação feita na Tabela 3.

Conforme descrito na Tabela 3, as Figuras 4 e 5 ilustram as dimensões de peitoris, ou abas (prolongamento de lajes), exigidas pelo Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo, visando dificultar a propagação do fogo para pavimentos superiores, ou edificações vizinhas, quando são empregadas tecnologias de fachada-cortina.

Conclui-se que as exigências da legislação brasileira possuem vários pontos convergentes com as legislações francesas, especialmente no que diz respeito à necessidade de proteção dos dispositivos de fixação, a selagem das juntas e a introdução de detalhes construtivos (peitoris e/ou projeção da laje) para dificultar a propagação do fogo por entre pavimentos.

Porém, a legislação francesa especifica exigências de resistência ao fogo para elementos de fachada de qualquer edifício, independente de sua área construída, ou altura. Já a legislação e a normalização brasileira apresentam exigências

Requisitos	Critérios de desempenho	
	França ( <i>Cahier du CSTB 2383</i> , 1990; Cabinet Casso et Cia, C3280, 2004)	Brasil (CB – Decreto Estadual-SP, 46076/2001 - IT08/01; CB – IT 10, 2001; CB IT 09, 2001)
Reação ao fogo dos componentes (incombustibilidade ou baixa propagação de chama, gases e fumaça)	As camadas externas das fachadas devem ser projetadas com componentes de revestimento classe M2, para edifícios com $h < 28$ m e classe M0 para edifícios com $h > 28$ m, sendo os materiais classificados em: M0 (incombustíveis), M1, M2, M3, M4 (grau crescente de combustibilidade)	O material de revestimento e isolamento das faces externas da fachada devem ser classificados como Classe I (incombustível) a Classe II-B (combustível com índice de propagação de chamas menor de 25). Os materiais transparentes das esquadrias devem ser incombustíveis, exceção feita aos vidros laminados
Resistência ao fogo do elemento de fachada (integridade, estanqueidade, isolamento)	Os elementos de fachada, quando considerados elementos de compartimentação, devem ser classificados como corta-fogo 1 hora para edifícios cuja $h \leq 28$ m; e 2 horas para edifícios com $h > 28$ m	Os elementos de compartimentação devem apresentar tempo de resistência ao fogo (TRRF), no mínimo, igual ao da estrutura principal. Essa é uma exigência para edifícios com área construída maior de $750\text{m}^2$ , ou altura maior de 12 m. O TRRF é determinado em função do tipo de ocupação e da altura da edificação, como exemplifica a Erro! Fonte de referência não encontrada.
Resistência ao fogo dos dispositivos de fixação	A fixação deve apresentar um tempo mínimo de resistência ao fogo, que é função da resistência ao fogo especificada para o elemento de fachada, devendo ser, no mínimo, de 1 hora	As fachadas pré-fabricadas devem ter seus dispositivos de fixação devidamente protegidos contra a ação do incêndio
Garantia da compartimentação vertical (as fachadas não devem constituir um meio de propagação do fogo para os pavimentos superiores nem para as edificações vizinhas)	Deve existir separação na fachada entre aberturas de pavimentos consecutivos, por meio de vigas e peitoris (C), ou prolongamento de lajes, além do alinhamento da fachada (D): a soma das dimensões desses componentes deve ser $\geq 1$ m (para edifícios com $h \leq 28$ m) e $> 1,20$ m (para edifícios com $h > 28$ m). Os componentes incluídos na avaliação do “C” devem ser, pelo menos, pára - chamas $\frac{1}{2}$ hora	Os peitoris, ou prolongamento de vigas, devem ter altura $\geq 1,2$ m (Erro! Fonte de referência não encontrada. ), ou as abas medirem 0,9 m de comprimento (Erro! Fonte de referência não encontrada. ). Além disso, as frestas entre elementos de fachada e elementos da estrutura devem ser devidamente seladas, de forma a evitar a propagação do fogo por entre as juntas entre pavimentos

Tabela 3: Comparação entre critérios franceses e brasileiros de segurança ao fogo  
Crédito: Autores

pós- 281

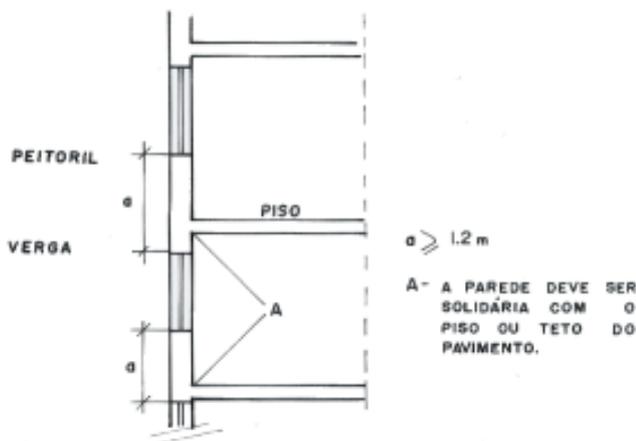


Figura 4: Compartimentação vertical – verga e peitoril – Esquema em corte da fachada  
Fonte: Corpo de Bombeiros (CB – IT 09, 2001)

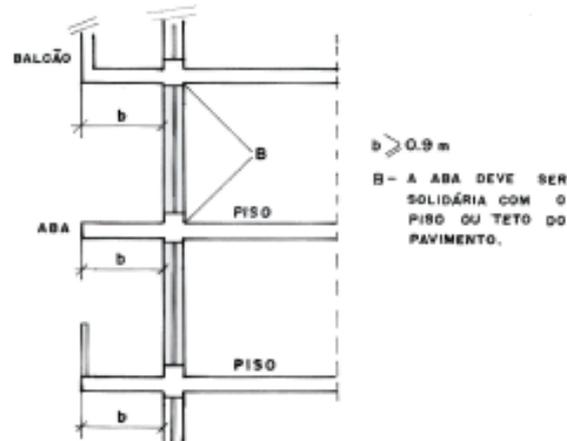


Figura 5: Compartimentação vertical – projeção da laje – Esquema em corte da fachada  
Fonte: CB – IT 09, 2001

Tabela 4: Tempo requerido de resistência ao fogo (TRRF) para elementos estruturais e de compartimentação  
Fonte: Adaptado de CB – Anexo A IT08/2001

Grupo	Ocupação/Use	Altura da edificação (m)			
		Classe P3 $12 \leq h \leq 23$	Classe P4 $23 \leq h \leq 30$	Classe P5 $30 \leq h \leq 80$	$h > 80$
B	Serviços de hospedagem	60 min.	90 min.	120 min.	*
C	Comercial varejista	60 min.	90 min.	120 min.	*

(\*) Análise deve ser feita individualmente para cada projeto

somente para edifícios com área construída maior de 750 m<sup>2</sup>, ou altura maior de 12 m. Assim, os autores deste artigo propõem a adoção de resistência ao fogo de, no mínimo, 30 minutos também para edificações, com altura menor de 12 m, independente de sua área construída.

### 3.3 Desempenho térmico e eficiência energética

A Regulamentação Procel (2008) especifica que para avaliar a eficiência energética de um edifício faz-se necessário a análise das características da envoltória, do sistema de iluminação e do sistema de ar-condicionado, sendo a participação relativa de cada um desses aspectos de 30%, 30% e 40%. Neste trabalho se discute somente a questão da envoltória, particularmente das vedações de fachada.

As fachadas, tanto nos países europeus quanto no Brasil, devem ser projetadas para contribuir seja no conforto térmico, seja na eficiência energética do edifício, não esquecendo, entretanto, que, na região Sudeste do Brasil, a média de temperatura é de 18°C<sup>3</sup> e, nos países europeus, por exemplo, na França, é de 9°C<sup>4</sup>. Essa diferença entre as médias de temperatura mostra que os critérios para uma fachada contribuir no conforto e na eficiência energética de um edifício brasileiro são diferentes daqueles de um edifício europeu.

A legislação francesa de desempenho térmico (RT 2005 – Arrêté du 24 mai 2006) considera que o desempenho térmico do edifício deve ser avaliado de forma sistêmica, considerando, basicamente, três fatores: a) cálculo do consumo de energia de referência; b) respeito às características térmicas mínimas, como o isolamento do invólucro do edifício; e c) conforto no verão (requisito válido para edificações sem climatização, o qual não será tratado neste trabalho).

O cálculo do consumo de energia de referência leva em conta:

– O nível de isolamento do edifício (coeficiente de transmitância térmica do edifício –  $U_{bat}$ ): soma dos coeficientes de transmitância térmica dos elementos de fachada, de cobertura, de pisos em contato com solo e do coeficiente de transmissão térmica linear;

- a orientação das fachadas;
- o fator solar das partes transparentes ou translúcidas da fachada;
- a permeabilidade ao ar (taxas mínimas de ventilação natural); e
- a eficiência dos equipamentos (item que não será abordado por este trabalho).

Assim, o consumo de energia projetado para o edifício deve ser menor do de referência, o qual, por sua, vez deve ser menor que um valor de consumo máximo, estabelecido pela RT 2005.

Os coeficientes máximos de transmitância térmica para elementos de fachada estabelecidos pela RT 2005 a edifícios climatizados são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5: Coeficiente de transmissão térmica máximo – U (RT 2005)

Tipos de fachada	U máximo (W/m <sup>2</sup> .K)
Elementos opacos em contato com o exterior	0,45
Esquadrias em contato com o exterior	2,60
Elemento de fachada-cortina envidraçada	2,60

Fonte: RT 2005

(3) Dados para consulta no Ministério da Ciência e Tecnologia. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/clima>. Acesso em: ago. 2007.

(4) Dados climáticos. Disponíveis em: <http://www.brcactaceae.org/clima.html>. Acesso em: set. 2007.

Os valores de transmitância térmica estabelecidos pela RT 2005 não podem ser recomendados para o Brasil, em razão das diferenças climáticas desses países. Além disso, conforme Eicker (2007), um alto índice de isolamento térmico em países quentes não é aconselhável, porque o calor interno, gerado por cargas térmicas, não poderá ser dissipado pelas envoltórias, quando a temperatura interior for maior que a exterior. Observa-se que, no caso de edifícios totalmente condicionados artificialmente, o isolamento térmico é importante para reduzir ao máximo as trocas térmicas – isso ocorre, principalmente, em edifícios do tipo comercial, de serviços e públicos.

Ainda segundo Eicker (2007), elementos considerados médios isolantes são mais aconselháveis em países quentes, pois podem controlar a entrada de calor durante o dia; e, à noite, o ar quente deve ser removido mais por ventilação do que por transmissão. Observando que a ventilação noturna somente é possível em climas com amplitude térmica, no verão, maior que 6 °C.

Para climas nos quais a amplitude térmica diária é alta ( $\pm 10^\circ\text{C}$ ), caso da região metropolitana de São Paulo, a massa da envoltória (capacidade térmica) é um requisito importante para promover um amortecimento térmico entre as temperaturas externas e internas (YILMAZ, 2007). Além das aberturas que precisam ser cuidadosamente estudadas para garantir o resfriamento das estruturas do edifício.

A norma brasileira de desempenho (NBR 15575-4, 2008) especifica critérios mínimos de desempenho térmico para elementos de fachada de edifícios habitacionais não-climatizados. Os critérios especificados por essa norma referem-se à transmitância e capacidade térmica de paredes externas (Tabelas 6 e 7), em função das zonas bioclimáticas brasileiras (O Brasil é dividido em oito zonas bioclimáticas, conforme ABNT NBR 15220-3, 2005; a região metropolitana de São Paulo pertence à zona 3).

A regulamentação nacional do Procel (2008) também especifica critérios mínimos de transmitância térmica para os elementos de fachada, para edifício comercial, de serviços e público, com área total útil mínima de 500 m<sup>2</sup>, independente de serem climatizados ou não (Tabela 8).

Tabela 6: Transmitância térmica de paredes externas  
Fonte: ABNT NBR 15575-4, 2008

Nível de desempenho	Transmitância térmica <sup>(1)</sup> (U, em W/(m <sup>2</sup> .K))		
	Zonas 1 e 2	Zonas 3, 4, 5, 6, 7 e 8	
		$\alpha^{(2)} < 0,6$	$\alpha^{(2)} \geq 0,6$
Mínimo	$U \leq 2,5$	$U \leq 3,7$	$U \leq 2,5$

<sup>(1)</sup> valores de transmitância térmica (U); considerando-se a resistência superficial interna com valor de 0,13 m<sup>2</sup>.K/W e a resistência superficial externa com valor de 0,04 m<sup>2</sup>.K/W

<sup>(2)</sup>  $\alpha$  é absorvância à radiação solar da superfície externa da parede

Tabela 7: Capacidade térmica de paredes externas  
Fonte: Idem Tabela 6

Nível de desempenho	Capacidade térmica (C <sub>T</sub> , em kJ/(m <sup>2</sup> .K))	
	Zona 8	Zonas 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7
M	$\geq 45$	$\geq 130$

Tabela 8: Transmitância térmica para paredes de fachadas, edifícios comerciais, de serviços e públicos  
Fonte: Procel, 2008

Nível de desempenho	Transmitância térmica (U, em W/(m <sup>2</sup> .K))		
	Zonas 1, 2, 3, 4, 5 e 6	Zonas 7 e 8	
A (mais exigente)	$U \leq 3,7$	$U \leq 3,7$	$U \leq 2,5$
		$C_T \geq 80 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$	$C_T \geq 80 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$

Tabela 9 – Valores recomendados de transmitância térmica de paredes

Característica do elemento do edifício	U (W/m <sup>2</sup> °C)
Parede de cor média	0,71
Parede de cor leve	1,66

Fonte: Adaptado de Givoni, 1998

Givoni (1998) propõe alguns valores de transmitância térmica para edifícios climatizados (Tabela 9), partindo da existência de ventilação natural (estudos realizados para a Califórnia). Os valores de transmitância, propostos por esse autor, podem ser analisados para o Brasil, em especial para São Paulo, pois o clima, em algumas regiões da Califórnia, por exemplo, nas cidades de San Diego e Los Angeles, comporta temperaturas médias anuais<sup>5</sup> similares à temperatura de São Paulo.

Assim, no Brasil, especialmente para a região metropolitana de São Paulo, o projeto de fachadas deve considerar: a orientação das fachadas; as características térmicas dos elementos de fachada (transmitância e capacidade térmica, cores e absorvância solar), as taxas mínimas de ventilação e o fator solar das partes transparentes, além dos protetores solares. Os autores deste artigo propõem a adoção de indicadores de transmitância térmica, ao menos iguais aos estabelecidos pela NBR 15.575-4 e pelo Procel (valores menores de 3,7 W/ m<sup>2</sup>°C ) e maiores de 0,70 W/ m<sup>2</sup>°C (valor recomendado por GIVONI, 1998), isso para os elementos de fachada, da zona bioclimática 3, serem, ao menos, médios isolantes.

(5) Dados disponíveis em:  
<http://www.city-data.com/states/California-Climate.html>.

### 3.3.1 Taxas mínimas de ventilação

A taxa mínima de ventilação é a permeabilidade ao ar que ocorre voluntariamente, segundo especificações de projeto: posicionamento, dimensão e tipo de abertura de janelas, efeito chaminé, no caso de fachadas ventiladas, etc.

Duas são as formas em que a ventilação natural é realizada. A mais efetiva ocorre pela pressão do vento sobre o edifício: o ar penetra pelas aberturas na fachada de pressão positiva e sai pelas de pressão negativa (ventilação cruzada). A outra forma de renovação de ar se dá por meio de forças de convecção ou efeito chaminé: a penetração do ar ocorre pelas aberturas inferiores do edifício e, a saída, pelas superiores, podendo haver combinações entre efeito de pressão de vento e de convecção (PRADO, 2003).

Para a manutenção da qualidade do ar interno, conforme Givoni (1998), a taxa de ventilação depende do número de pessoas/m<sup>3</sup> do ambiente, do estilo de vida e sensibilidade. Garde et al (1999) sugere, para dissipação de ganhos internos e resfriamento de elementos construtivos externos, 40 trocas de ar por hora (tah). Esse mesmo autor conclui que, para alcançar 40 tah no ambiente, com temperaturas externas raramente acima de 32°C, a permeabilidade externa da fachada deve ser em torno de 25% (razão entre a soma das áreas abertas em janelas e a área total da fachada).

Resfriar um edifício durante a noite consiste em manter as condições de conforto com o mínimo de dispêndio de energia; entretanto, para edifícios condicionados, cuja fachada não apresenta massa térmica, como é o caso da maioria das fachadas leves, essa condição nem sempre é viável. Por isso, alguns autores, como Andrade (2005) e Benedetto (2006), propõem o modo misto, ou seja, um sistema de condicionamento ambiental que une as vantagens do uso do

ar-condicionado às vantagens da ventilação natural. Dessa forma, esses autores propõem aliar os sistemas ativos (ar-condicionado) aos passivos (características térmicas da fachada), sugerindo que o ar-condicionado seja desligado no período noturno e a ventilação natural seja responsável pelas trocas de ar e pelo resfriamento do edifício.

Cabe considerar, entretanto, que janelas ou aberturas projetadas, especificamente, com o propósito de promover ventilação, podem constituir pontos frágeis de penetração de ruído no interior do edifício. Portanto, no projeto de fachada é necessário ponderar as áreas de ventilação com os níveis de ruídos a que o edifício será submetido.

No caso de fachada semicortina, se a câmara de ar (camada entre parede e revestimento não-aderido) for contínua em toda a altura do edifício, tendo aberturas nas extremidades (primeiro e último pavimentos), ela será ventilada, ocorrendo o fenômeno conhecido como “efeito chaminé”, o que, dependendo das condições climáticas, pode, ou não, ser benéfico para o conforto térmico do edifício. Entretanto, em razão de exigências do Corpo de Bombeiros (compartimentação entre pavimentos), nem sempre essa câmara de ar pode ser ventilada.

### 3.3.2 Orientação das fachadas

Um dos princípios que influencia na eficiência energética do edifício é sua orientação, pois uma localização adequada do edifício com relação ao Norte pode evitar ganhos de calor em função do deslocamento do sol (ROULET, 2001). As fachadas que recebem incidência solar de forma mais perpendicular, e, portanto, de difícil controle, são as fachadas leste-oeste. Dessa forma, grande parte das janelas de edificações comerciais e públicas de países tropicais deve estar localizada nas fachadas norte-sul, evitando entrada de calor por radiação solar através das janelas.

### 3.3.3 Fator solar

Um dos parâmetros a serem considerados para a seleção de elementos transparentes de fachada é o fator solar, definido como a soma da porcentagem da transmissão solar direta que ocorre através do vidro, mais a parcela da energia absorvida pelo vidro e reirradiada para o interior, cuja fórmula simplificada é dada a seguir (CARAM, 2002):

$$F.S. = \tau + (1/3)\alpha$$

onde: F. S.= Fator Solar;  $\tau$  = coeficiente de transmissão;  $\alpha$  = coeficiente de absorção

Quanto maior o fator solar, mais o vidro permite a passagem de energia. A RT 2005 estabelece como referência fatores solares da ordem de 40%. O IECC (2006) é mais conservador e recomenda, para as regiões mais quentes dos EUA, fator solar da ordem de 35%.

No Brasil, em razão da maior incidência de radiação solar comparada aos países europeus e aos EUA, seria interessante que os elementos envidraçados tivessem fator solar menor que os estabelecidos nesses países. Entretanto, como não existe critério estabelecido por norma técnica específica, os autores deste artigo propõem que projetistas adotem vidros, ao menos, com fator solar igual, ou menor, de 40%, conforme recomendado pela RT 2005.

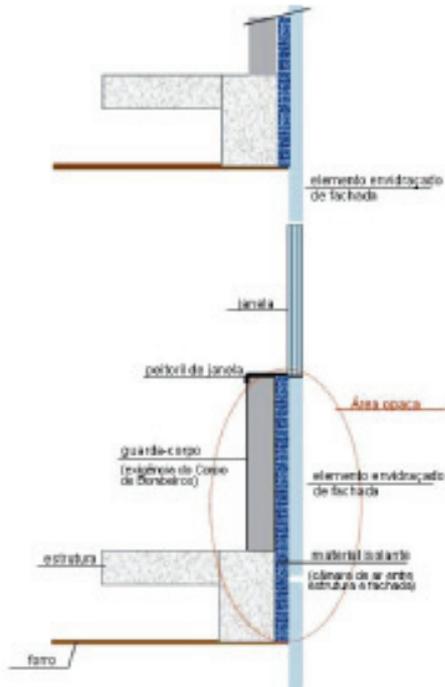


Figura 6: Esquema em corte da fachada – área a ser considerada como elemento opaco  
Ilustração: Autores

### 3.3.4 Relação entre área transparente e área opaca em fachadas

A ASHRAE 90, 2004, recomenda que a área envidraçada na fachada (Window Wall Ratio – WWR) do edifício seja menor de 50% da área de fachada total. O IECC (2006) é mais conservador e recomenda que essa razão deve ser menor de 40%.

No Brasil, os autores deste artigo sugerem que as fachadas atendam, ao menos, à recomendação da ASHRAE 90, 2004, ou seja, tenham ao menos 50% de sua área de fachada constituída de elementos opacos. Observa-se que a parte da fachada envidraçada posicionada na frente de guarda-corpos (elementos internos ao edifício) é considerada como elemento opaco, se a câmara de ar entre guarda-corpo e elemento de fachada estiver contida entre peitoril de janela e forro, e preenchida com material isolante, como mostra esquema da Figura 6, minimizando troca de calor com o ambiente, tanto por condução quanto por convecção.

## 3.4 Durabilidade e Manutenibilidade

Os requisitos e critérios de durabilidade que devem ser levados em conta com relação às fachadas são:

- Vida útil do elemento de fachada e de seus componentes: os elementos da fachada, submetidos a intervenções periódicas de manutenção e conservação, segundo instruções específicas de projeto, devem manter sua capacidade funcional durante a vida útil prevista em projeto (VUP). A NBR 15.575-1 (2008) (destinada para habitações) recomenda que as fachadas tenham uma vida útil mínima de 40 anos. Entretanto, em edifícios comerciais a vida útil deve ser definida no programa de necessidades do empreendimento;

- durabilidade dos materiais e componentes: os materiais e componentes utilizados nas fachadas devem ter vida útil compatível com a prevista em projeto. No projeto devem constar prazos para inspeção e troca de materiais. Em razão do objeto de estudo deste artigo, atenta-se para: durabilidade de componentes metálicos, proteção contra corrosão bimetalica dos perfis da estrutura secundária e dos dispositivos de fixação, durabilidade dos componentes de fechamento e durabilidade dos materiais de preenchimento de juntas;

- manutenibilidade das fachadas: o projeto deve considerar a segurança para manuseio, conservação e limpeza das fachadas. Assim, por exemplo, a acessibilidade para inspeção dos elementos de fachada deve ser prevista em projeto. Considerar também a questão da segurança no uso e na manutenção, prevendo-se e verificando-se, em projeto, a resistência dos elementos de fachada para cargas provenientes de equipamentos de limpeza. Além disso, em projeto, deve-se prever materiais e processos de limpeza possíveis para a tecnologia empregada, bem como planejar as operações de manutenção preventiva.

Assim, no projeto deve ser especificada a vida útil do elemento de fachada, que pode ser função de acordo entre cliente e projetistas, ou de normas e

legislações vigentes. Posteriormente, faz-se a seleção das tecnologias as quais, potencialmente, atendem à exigência de vida útil estabelecida e prevê-se manutenções preventivas que ajudarão a garantir essa vida útil. A racionalização dos custos, associados às operações de manutenção e limpeza, pode ser um condicionante para a seleção da tecnologia a ser adotada.

## 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tabela 10 – Requisitos e critérios de desempenho propostos para serem discutidos e definidos no início do processo de projeto  
Crédito: Autores

As questões de desempenho precisam ser encaradas como parte das decisões estratégicas do processo de projeto do empreendimento. A seleção da tecnologia a ser empregada na fachada depende da definição das exigências de desempenho estabelecidas para o empreendimento. A Tabela 10 resume os requisitos e critérios de desempenho propostos pelos autores deste artigo para serem considerados no projeto de fachadas, bem como os métodos para avaliar o atendimento a essas exigências.

Item	Requisito	Critério	Método de avaliação
A	<b>Segurança</b>		
A.1	Segurança estrutural		
A.1.1	Resistência mecânica e estabilidade		
	Elementos de fixação: resistência mecânica para transmitir as cargas de vento e peso próprio dos componentes da fachada à estrutura e capacidade de absorver deformação	Projetar as fixações com furos oblongos, permitindo ajuste dimensional mínimo que acomode as deformações	Análise de projeto e conferência na fase de execução
	Estruturas secundárias: resistência a cargas de vento e às cargas dos componentes de fechamento	Considerar deslocamento máximo de L/175 do vão, mas inferior a 2 cm (critérios adotados da NBR 10821, 2000)	Análise de projeto (memorial de cálculo) ou realização de ensaio
	Componentes de fechamento: resistência ao peso próprio, à ação do vento e a outras solicitações, sem romper ou deformar-se em excesso	Deslocamentos máximos: painéis não-translúcidos (opacos) – 1/350; painéis em vidro simples – 1/125; painéis em vidro duplo – 1/175 (critérios adotados da BS 8200, 1985)	Análise de projeto, baseada nas características do material e eventual realização de ensaios
A.1.2	Resistência a impactos	O elemento fachada, com função de guarda-corpo, deve resistir a uma energia de até 480 joules para impacto interno (critério adotado da NBR 15.575-4, 2008)	Realização de ensaios em protótipo ou análise comparativa de elementos de fachadas já ensaiados (dados fornecidos pelos fabricantes)
A.2	Segurança ao fogo		
A.2.1	Reação ao fogo dos componentes: os materiais e componentes empregados nas fachadas não devem favorecer o desenvolvimento nem a propagação do fogo, ou produzir gases tóxicos	Classe I – para edifícios h≥30,0 m e Classe II – A ou Classe II-B para edifícios h<30,0 m (critério adotado da CB – IT 10, 2001)	Análise de projeto e verificação das características dos componentes de fechamento a serem empregados na fachada
A.2.2	Resistência ao fogo do elemento de fachada, quando esse é considerado como elemento de compartimentação horizontal	Os elementos de fachada de um edifício c/ h ≤12 m, devem ter um TRRF ≥30 min; c/ 12>h> 23,0 m TRRF ≥1 hora; c/ 23≥h> 30,0 m TRRF ≥1,5 hora; e h> 30,0 m TRRF ≥ 2,0 horas (critério adaptado da legislação francesa e brasileira)	Realização de ensaios em protótipo ou análise comparativa de elementos de fachadas já ensaiados (dados fornecidos pelos fabricantes)
A.2.3	Resistência ao fogo dos dispositivos de fixação	Os dispositivos de fixação devem apresentar um TRRF, no mínimo, de 1 hora (critério adotado do <i>Cahier du CSTB 2383</i> , 1990)	Análise de projeto (verificar espessura de proteção da fixação – pintura intumescente, ou material isolante)
A.2.4	Dificuldade de propagação de chamas e fumaça (garantia de compartimentação vertical)	Prever altura de peitoril mínima de 1,2 m, conforme Figura 4. As juntas situadas entre o elemento de fachada e a estrutura devem ser seladas com material isolante (critério adotado da CB – IT 09, 2001)	Análise de projeto e conferência na fase de execução
		Considerar acessibilidade para inspeção dos elementos de fachada Considerar a segurança no uso e na manutenção, prevendo-se e verificando-se, em projeto, a resistência dos elementos de fachada para cargas provenientes de equipamentos de limpeza, que, eventualmente, serão fixos à fachada	Análise de projeto

Item	Requisito	Critério	Método de avaliação
<b>B</b>	<b>Sustentabilidade</b>		
<b>B.1</b>	<b>Desempenho térmico e eficiência energética (*)</b>		
B.1.1	Características térmicas dos elementos das fachadas	Considerar transmitância térmica, ao menos igual ao estabelecido pela NBR 15.575-4 e pelo Procel (valores menores de $3,7 \text{ W/m}^2\text{C}$ ) e maiores que $0,70 \text{ W/m}^2\text{C}$ (valor recomendado por Givoni, 1998), isso para elementos de fachada localizados na zona bioclimática 3	Análise de projetos; realização de ensaios e/ou análise comparativa de elementos de fachadas já ensaiados (dados fornecidos pelos fabricantes)
B.1.2	Taxas mínimas de ventilação Propõe-se aliar os sistemas ativos (ar-condicionado) aos passivos (características da fachada), sugerindo que o ar-condicionado seja desligado no período noturno e a ventilação natural seja responsável pelas trocas de ar e pelo resfriamento do edifício	Permeabilidade externa da fachada de, no mínimo, 25% (razão entre a soma das áreas ventiladas e a área total da fachada) (critério adaptado de Garde et al, 1999)	Avaliação de projetos, especialmente das características térmicas dos elementos das fachadas, das áreas de janelas e dos tipos de ventilação possíveis
B.1.3	Orientação da fachada: minimizar a entrada de calor pelas fachadas	Posicionar grande parte das janelas das edificações comerciais, de serviço e públicos de países tropicais nas fachadas norte-sul	Análise de projeto arquitetônico
B.1.4	Fator solar	Considerar elementos envidraçados com fator solar menor de 40%, (critério baseado na RT 2005)	Análise de projeto e avaliação das características dos painéis de vidros a serem adotados
B.1.5	Relação entre área transparente e área opaca	A área envidraçada na fachada do edifício deve ser menor de 50% da área de fachada total (critério adotado da ASHRAE 90, 2004)	Análise de projeto e das características dos elementos de fachada
<b>B.2</b>	<b>Durabilidade e manutenibilidade</b>		
B.2.1	Vida útil de projeto (VUP) do elemento de fachada e de seus componentes	Definir VUP, baseado em acordos feitos entre clientes e projetistas, sugerindo-se, no mínimo, VUP de 40 anos (critério adotado da NBR 15.575, 2008). O período de tempo a partir do qual se iniciam os prazos de vida útil deve pautar-se pela data da expedição do Auto de Conclusão de Edificação	Análise de projeto
B.2.2	Durabilidade dos materiais e componentes	Os materiais e componentes projetados para serem empregados nas fachadas devem ter vida útil, compatível com a prevista em projeto	Análise de projetos e memoriais, incluindo avaliação da garantia dos componentes (item que deve ser fornecido pelo fabricante do componente)
B.2.3	Manutenibilidade das fachadas	Prever, em projeto, materiais e processos de limpeza possíveis para a tecnologia empregada, bem como planejar e projetar "como" realizar as operações de manutenção preventiva	Análise de projeto e do manual do usuário
		Considerar acessibilidade para inspeção dos elementos de fachada	Análise de projeto
		Considerar a segurança no uso e na manutenção, prevendo-se e verificando-se, em projeto, a resistência dos elementos de fachada para cargas provenientes de equipamentos de limpeza, que, eventualmente, serão fixos à fachada	
(*) Para se conhecer qual será o real comportamento térmico de um edifício, em razão das diversas variáveis presentes, fazem-se necessárias análises por meio de simulações matemáticas			

Tabela 10 – Requisitos e critérios de desempenho propostos para serem discutidos e definidos no início do processo de projeto  
Crédito: Autores

Os autores deste artigo propõem, também, que as questões de desempenho sejam tratadas em três níveis: definição dos requisitos prioritários para a fachada; adoção dos critérios de desempenho para os respectivos requisitos, baseados em normas técnicas ou pesquisas existentes; e adoção de métodos para avaliar o atendimento a essas exigências de desempenho para, posteriormente, projetar a tecnologia a ser empregada.

## BIBLIOGRAFIA

ANDRADE, C. M. *Avaliação de desempenho em edifícios de escritório: O ambiente de trabalho como meio para o bem-estar produtivo*. 2005. Tese (Doutorado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. *Caixilhos para edificação – janelas – NBR 10 821*. Rio de Janeiro: ABNT, 2000.

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. *Desempenho de edifícios habitacionais até 05 pavimentos – Desempenho – Requisitos gerais*. Parte 1 – NBR 15.575-1. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.
- \_\_\_\_\_. *Desempenho de edifícios habitacionais até 05 pavimentos – Sistemas de vedações verticais internas e externas*. Parte 4 – NBR 15.575-4. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.
- \_\_\_\_\_. *Guarda-corpo para edificações*. NBR 14718. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.
- \_\_\_\_\_. *Desempenho térmico de edificações: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social*. Parte 3 – NBR 15220-3. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.
- ASSOCIATION FRANCAISE DE NORMALISATION – AFNOR – NF P 28 001 – *Façade légère – définitions – classification – terminologie*. Paris: AFNOR, 1990.
- \_\_\_\_\_. *Façades légères. Façades rideaux, façades semi-rideaux, façade panneaux. Performances de l'ouvrage fini*. XP P 28-004. Paris: AFNOR, 1995.
- AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE & AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. *Energy standard for buildings except low-rise residential buildings*. Atlanta: ANSI – ASHRAE 90, 2004.
- BENEDETTO, G. S. *Avaliação da aplicação do modo misto na redução da carga térmica em edifícios de escritórios nas cidades de São Paulo e Rio de Janeiro*. 2006. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
- BRITISH STANDARDS INSTITUTION. *Code of practice for design of non-loadbearing external vertical enclosures of buildings*. BS 8200. Londres: BSI, 1985.
- CABINET CASSO ET CIA. *Securité contre l'incendie dans le ERP. Technique de l'ingénierie, revue on line*, code C3280, França, 2004.
- CARAM, R. M. A. *Estudo e caracterização de fachadas transparentes para uso na arquitetura; ênfase na eficiência energética*. 2000. Tese (Livre-Docência) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2002.
- CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BÂTIMENT – CSTB - Documents Technique. *Travaux de bâtiment. Travaux de miroiterie-vitrerie*. DTU 39.1. Paris: CSTB, 1993.
- \_\_\_\_\_. *CAHIER TECHNIQUE DU CSTB 2383. Exigences applicables aux façades légères à ossature en bois ou en métal comportant en revêtement extérieur une peau de bardage*. Paris: Livraison 437, 1990.
- CORPO DE BOMBEIROS – CB – Decreto Estadual SP, n. 46076/2001. *Instrução técnica n. 08/01. Segurança estrutural nas edificações – Resistência ao fogo dos elementos de construção*. São Paulo, 2001. Disponível em: < <http://www.polmil.sp.gov.br/ccb>> Acesso em: 05 fev. 2001.
- \_\_\_\_\_. INSTRUÇÃO TÉCNICA – IT, n. 03. *Terminologia de proteção contra incêndio*. São Paulo, 2001.
- \_\_\_\_\_. INSTRUÇÃO TÉCNICA – IT, n. 09. *Compartimentação horizontal e compartimentação vertical*. São Paulo, 2001.
- \_\_\_\_\_. INSTRUÇÃO TÉCNICA – IT, n. 10. *Controle de materiais de acabamento e revestimento*. São Paulo, 2001.
- EICKER, U. et al. Facades and summer performance of buildings. *Energy and buildings*. Londres, v. 40, n. 4, p. 611, 2008.
- GARDE, F. et al. Elaboration of global quality standards for natural and low energy cooling in French tropical island buildings. *Building and environment*, Nova York, v. 5, n. 34, p. 71-83, 1999.
- GIVONI, B. *Climate considerations in building and urban design*. Nova York: Van Nostrand Reinhold, 1998.
- INTERNATIONAL ENERGY CONSERVATION CODE – IECC. *Commercial Envelope Requirements of the 2006 International Energy Conservation Code*. Nova York: Department of Energy Building Energy Codes Program, 2006.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION – ISO. *Performance standards in buildings – Principles for their preparation and factors to be considered*. ISO 6241. Genebra: ISO, 1984.
- \_\_\_\_\_. *Performance standards in building – Presentation of performance of facades made of components*. Genebra: ISO 7361, 1986.

PRADO, R. T. A. *Contribuição ao estudo do papel da engenharia nas interações entre o homem, o edifício e o ambiente*. 2003. Tese (Livre-Docência) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA – PROCEL. *Regulamentação para etiquetagem voluntária do nível de eficiência energética de edifícios comerciais, de serviços e públicos*. 2008. Disponível em: <[http://www.labeee.ufsc.br/eletrobras/Regulamentacao\\_Versao10\\_2008.pdf](http://www.labeee.ufsc.br/eletrobras/Regulamentacao_Versao10_2008.pdf)>.

ROULET, C. A. Indoor environment quality in buildings and its impact on outdoor environment. *Energy and Buildings*, Londres, n 33, p. 183-191, 2001.

RT 2005 (Arrêté du 29 novembre 2000). *Texto geral do Ministère de l'emploi, de la cohésion sociale et du logement français*. Disponível em: <http://www.legifrance.gouv.fr>>. Acesso em: ago. 2007.

STEEL CONSTRUCTION INSTITUTE – SCI. *Overcladding of existing building using light steel*. Berkshire: SCI, 1998.

YILMAZ, Z. Evaluation of energy efficient design strategies for different climatic zones: Comparison of thermal performance of buildings in temperate-humid and hot-dry Climate. *Energy and Buildings*, Londres, n. 39, p. 306–316. 2007.

### **Nota do Editor**

Data de submissão: setembro 2008

Aprovação: fevereiro 2009

---

### **Luciana Alves de Oliveira**

Doutoranda da Escola Politécnica da USP – Departamento de Engenharia de Construção Civil – EPUSP/PCC

Avenida Professor Almeida Prado, 53. Cidade Universitária

05508-901– São Paulo, SP

luciana.alves@poli.usp.br / luciana@ipt.br

### **Silvio Burrattino Melhado**

Prof. Dr. da Escola Politécnica da USP – Departamento de Construção Civil – PCC

Avenida Professor Almeida Prado, 532. Cidade Universitária

05508-901 – São Paulo, SP

silvio.melhado@poli.usp.br