

**Simulação computacional da envoltória de edifício público****Computational simulation of the public building envelope**

DOI:10.34117/bjdv5n8-038

Recebimento dos originais: 14/07/2019

Aceitação para publicação: 19/08/2019

**Basilio Baffi**

Civil engineer (1975) and Reabilita specialist at the University of Brasília.

Instituição atual: associado ao CBCS

Endereço: SHIN Q15 CJ9 4 Brasília DF 71505-790

E-mail: basiliobaffi@gmail.com

**Caio Frederico e Silva**

Doutor graduate program at the faculty of architecture and urbanism of the university of Brasília.

Instituição atual: unb

Endereço: Fau-Unb, Campus Universitário Darcy Ribeiro, Brasília-Df, cep 70910-900.

E-mail: caiosilva@unb.br

**Cláudia Naves David Amorim**

Doutora graduate program at the faculty of architecture and urbanism of the university of Brasília.

Instituição atual: unb

Endereço: Fau-Unb, Campus Universitário Darcy Ribeiro, Brasília-Df, cep 70910-900.

E-mail- clamorim@unb.br

**RESUMO**

A questão do consumo predial de energia elétrica tem sido objeto de novas regulamentações no Brasil. De acordo com o EPE de 2015, o setor público responde por 16% do consumo total das edificações, concentradas especialmente nos sistemas de ar condicionado (40-50%) e iluminação (20 e 25%). Entretanto, pouco se conhece do perfil de consumo predial no Brasil. No presente estudo foi analisado o perfil de consumo da sede do Banco Central do Brasil em Brasília (DF). Trata-se de edifício com 35 anos desde a construção e que passou por reformas nos sistema de ar condicionado e iluminação, entretanto, os componentes da envoltória são ainda originais. Na análise verificou-se o padrão de consumo de energia elétrica, o nível de etiquetagem atual e as melhorias necessárias na envoltória para atingir o nível máximo do PBE, segundo o RTQ-C. Além disso, foram verificados também dados de benchmarking divulgados pelo CBCS para escritórios corporativos no Brasil. Os resultados apontam para a possibilidade de redução de 18% do consumo de energia elétrica do ar condicionado central e para um padrão de consumo inferior à mediana dos edifícios corporativos. Assim, conclui-se haver relevante potencial de redução do consumo em edifícios similares, inclusive da própria instituição.

**Palavras chaves:** Entac2016. Simulação. Eficiência. Fachada. Envoltória.

**ABSTRACT**

The issue of energy consumption of buildings has been subject to new regulations also in the Brazilian context. According to EPE (Energy Researches Company, 2015) the public sector accounts for 16% of electricity consumption in the country, especially consumed in the air conditioning (40-50%) and lighting (20-25%). However, the consumption profile of public buildings is little known in Brazil. The object of this study is the headquarters building of the Central Bank of Brazil, located in Brasilia (DF). It is building 35 years since the construction and underwent renovations in the air conditioning system and lighting, however, the envelopment components are still original. In the analysis it was the pattern of electricity consumption, the level of current labeling and improvements needed in the envelope to achieve the maximum level of PBE according to the RTQ-C. Besides that, it was verified benchmarking data released by the CBCS to corporate buildings in Brazil. The results point to the possibility of 18% reduction of the energy consumption of central air conditioning and a pattern of consumption lower than the median of corporate buildings. Thus, it is clear there is a potential of consumption reduction in similar buildings, including the institution itself.

**Keywords:** Entac2016. Simulation. Efficiency. Facade. Envelopment.

**1. INTRODUÇÃO**

A eficiência energética deixou de ser apenas uma medida operacional de máquinas e equipamentos e passou a ser um objetivo comum de todos: empresas, instituições, governos. Essa mudança de foco iniciou-se depois da primeira crise do petróleo nos anos 70. A preocupação acentuada com Eficiência Energética (EE) surgiu com os choques do petróleo de 1973-74 e 1979-81 que trouxeram a percepção de escassez deste recurso energético e forçaram a alta dos preços dos energéticos, abrindo espaço para uma série de ações voltadas à conservação e maior eficiência no uso dos seus derivados. Com a publicação dos estudos do Clube de Roma, com os movimentos em prol do meio ambiente e com os tratados relacionados à mudança climática, a Eficiência Energética foi alçada à condição de instrumento privilegiado e, por vezes, preferencial para a mitigação de efeitos decorrentes das emissões de gases de efeito estufa e destruidores da Camada de Ozônio. (BRASIL, 2011).

O Brasil teve seu primeiro plano em 1981, por meio da Portaria MIC/GM46 foi criado o Programa Conserve, visando à promoção da conservação de energia na indústria, ao desenvolvimento de produtos e processos energeticamente mais eficientes, e ao estímulo à substituição de energéticos importados por fontes alternativas autóctones. O Conserve tinha por objetivo estimular a conservação e a substituição de óleo combustível consumido na indústria, especialmente na indústria siderúrgica, de papel e celulose e de cimento. O incentivo foi dado no sentido de que se aproveitasse a capacidade excedente de geração elétrica hidráulica para a geração de calor nas indústrias (eletrotérmica). (BRASIL, 2011).

Atualmente existe o Plano Nacional de Eficiência Energética – PNEf que unificou as metas para maior eficiência energética nas diferentes áreas de consumo e produção de energia. Nesse período foram criados o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), em 1985, e o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) em 1992. Importante citar também a CICE – Comissão Interna de Conservação de Energia, criada em 1990, que obrigava os órgãos federais, com consumo superior a 600 MWh anuais, a elaborar planos de conservação de energia e divulgar no âmbito de seus respectivos estabelecimentos.

O Balanço energético no Brasil (BEN-EPE-2015) registra os segmentos constituídos basicamente por edificações – comercial, residencial e público – como consumidores de 264 TWh, ou 50% do total consumido de energia elétrica em 2014. O setor público com 42,6 TW representa aproximadamente 16% desse consumo. Estudo da Abesco – Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia com a Abrava – Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento e com a GBC Brasil – Green Building Council Brasil, publicado na revista *Infra* (set 2015), indica a existência de um potencial de redução de 30% do consumo de energia elétrica das edificações no Brasil.

O objetivo deste trabalho é a análise do desempenho energético da envoltória de um edifício institucional público. O objeto é o edifício do Banco Central do Brasil, que está localizado no Setor Bancário Sul, Quadra 3, Bloco B, área central de Brasília, no Distrito Federal (DF). Nessa análise foram consideradas as condições de conforto, o consumo de energia e os materiais da fachada (Lamberts, 1997).

## **2. METODOLOGIA**

Para avaliação da eficiência energética do edifício foram utilizados os Requisitos Técnicos da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C), versão 3 (2015), que divide em faixas os resultados do desempenho térmico da envoltória da edificação.

A classificação do nível de eficiência de edificações, segundo o PBE, é composta pela Envoltória, Iluminação e Condicionamento de Ar. Todos têm níveis de eficiência que variam de A (mais eficiente) até E (menos eficiente). A avaliação pode ser parcial para os sistemas de iluminação e condicionamento de ar. Entretanto, para a envoltória a classificação deve estabelecida para a edificação completa.

**2.1 MÉTODO PRESCRITIVO**

Segundo o RTQ-C, a etiquetagem de eficiência energética de edifícios pode ser realizada pelo método prescritivo ou de simulação. O método prescritivo é baseado na análise de simulações por meio de técnicas de regressão. Nas edificações onde o percentual de abertura total da fachada (PAFt) é elevado, com vidros de alto desempenho e elementos de sombreamento recomenda-se a utilização da simulação ou elementos de simulação simplificada.

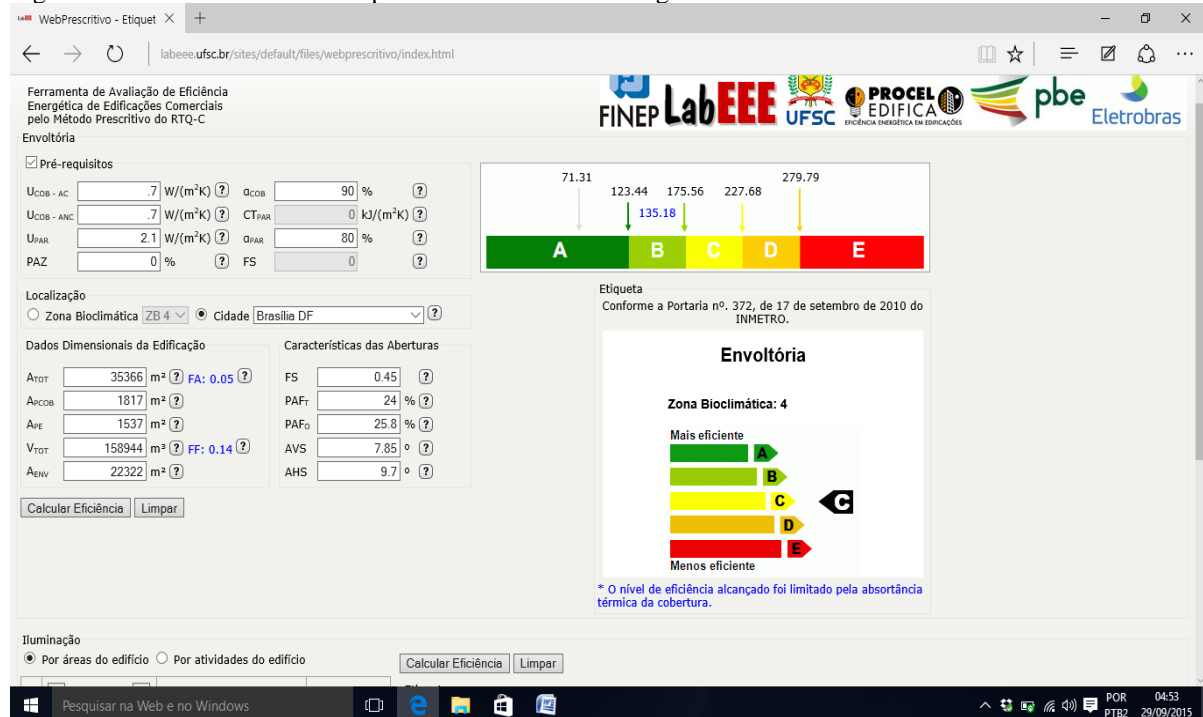
O procedimento de cálculo da envoltória pelo método prescritivo prevê dois passos. Inicialmente são verificados pré-requisitos mínimos referentes ao desempenho térmico dos materiais de revestimento da cobertura e das fachadas. O passo seguinte consiste no cálculo do índice de consumo da envoltória, que leva em conta a relação das áreas de fachada e das aberturas, o fator solar dos vidros, fator de forma e de altura, a orientação solar e o sombreamento. A fórmula de cálculo do índice de consumo está definida no regulamento do RTQ-C e é específico para a zona bioclimática, conforme norma brasileira NBR 15220-3 (ABNT, 2003), que divide o Brasil em oito zonas, sendo que Brasília está na Zona 4. Definido o índice de consumo do edifício, nessas condições, é possível identificar o modelo de referência para determinar o nível de eficiência energética. Assim, a partir dos parâmetros do edifício em estudo foram calculados os dados para construção do modelo de referência. O cálculo tem por base a fórmula específica (1) para a Zona Bioclimática 4 (Brasília), conforme redação da Portaria Inmetro nº 17 de 16/01/2012 e parâmetros definidos no RTQ-C:

**ICenv** (índice de consumo da envoltória) = (1)

$$511,12FA+0,92FF-95,71PAFt-99,79FS-0,52AVS-0,29AHS-380,83FA.FF+4,27/FF+729,20PAFt.FS+77,15$$

A aplicação dessa fórmula é facilitada pela ferramenta desenvolvida pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações – LabEEE, da Universidade Federal de Santa Catarina. A figura abaixo representa o resultado e os dados utilizados para determinar a classe energética.

Figura 1 – Ferramenta do Labeee para cálculo da classe energética



Fonte: LabEEE/Universidade Federal de Santa Catarina

## 2.2 SIMULAÇÃO

Para o desenvolvimento da simulação há necessidade de calcular, pelo método prescritivo as classes energéticas relativas ao modelo em estudo (Lamberts, 2010). As faixas de eficiência, de A a E, foram calculadas conforme figura 1. A partir do limite de cada faixa e dos dados das tabelas 3.2 e 3.3 do RTQ-C, determina-se o PAF<sub>T</sub> (percentual de abertura total das fachadas) de cada modelo de referência para a simulação computadorizada. A classe energética na simulação é obtida do resultado do consumo total de energia, por meio da comparação dos modelos de referência criados pelo método prescritivo e o modelo Real. As simulações foram processadas por meio do programa de computador DesignBuilder (DB), versão 4.2.0.054 (2015). O programa atende às recomendações do RTQ-C para ser utilizado nos cálculos para a classificação de etiquetagem do PBE.

Tabela 1 - Procedimentos para calcular a envoltória pelo DB

1° Passo	Construção do modelo real
2° Passo	Construção dos modelos de referência
Software	Atender aos itens 6.1.1 e 6.1.2 do RTQ -C
Modelos Real e de Referência	Os modelos de referência devem ter a mesma geometria, orientação solar, mesmo padrão de uso e mesma densidade de ocupação (p/m <sup>2</sup> ).
Nível de eficiência energética	Simular o modelo real e cada um dos modelos de referência. A classificação do modelo real será obtido comparando o consumo anual de energia com os modelos de referência.
Zona de ocupação do prédio	São as áreas estanques, separadas por divisórias do piso ao teto, no caso elas coincidem com as zonas do sistema de refrigeração.

Fonte: Autores

Para a comparação dos diferentes modelos da edificação é fundamental manter os mesmos parâmetros nas simulações, tendo em vista que apenas o consumo de energia será comparado. No caso, o consumo de energia do edifício em estudo deve ser igual ou menor do que o modelo de referência. Esse procedimento deve ser repetido para todas as referências até determinar qual o grau de etiquetagem do edifício testado.

Tabela 2 - Opções do DB utilizadas na simulação.

layout	O edifício foi modelado no editor do DB, a partir dos desenhos do projeto original executado.
activity	Modelo (template) conforme ocupação. O padrão de 0,11 pessoas/m <sup>2</sup> foi mantido por corresponder ao índice de ocupação do prédio. O padrão de energia de 11 W/m <sup>2</sup> também corresponde ao real, conforme levantamento feito no local.
construction	Os detalhes da laje de cobertura e do espaço do forro foram ajustados no DB para adequação às características do prédio. As paredes externas de concreto das torres foram definidas pela espessura média e as internas seguiram o padrão do DB. O leiaute do pavimento tipo representa as divisórias piso ao teto, que correspondem às zonas do sistema de ar condicionado.

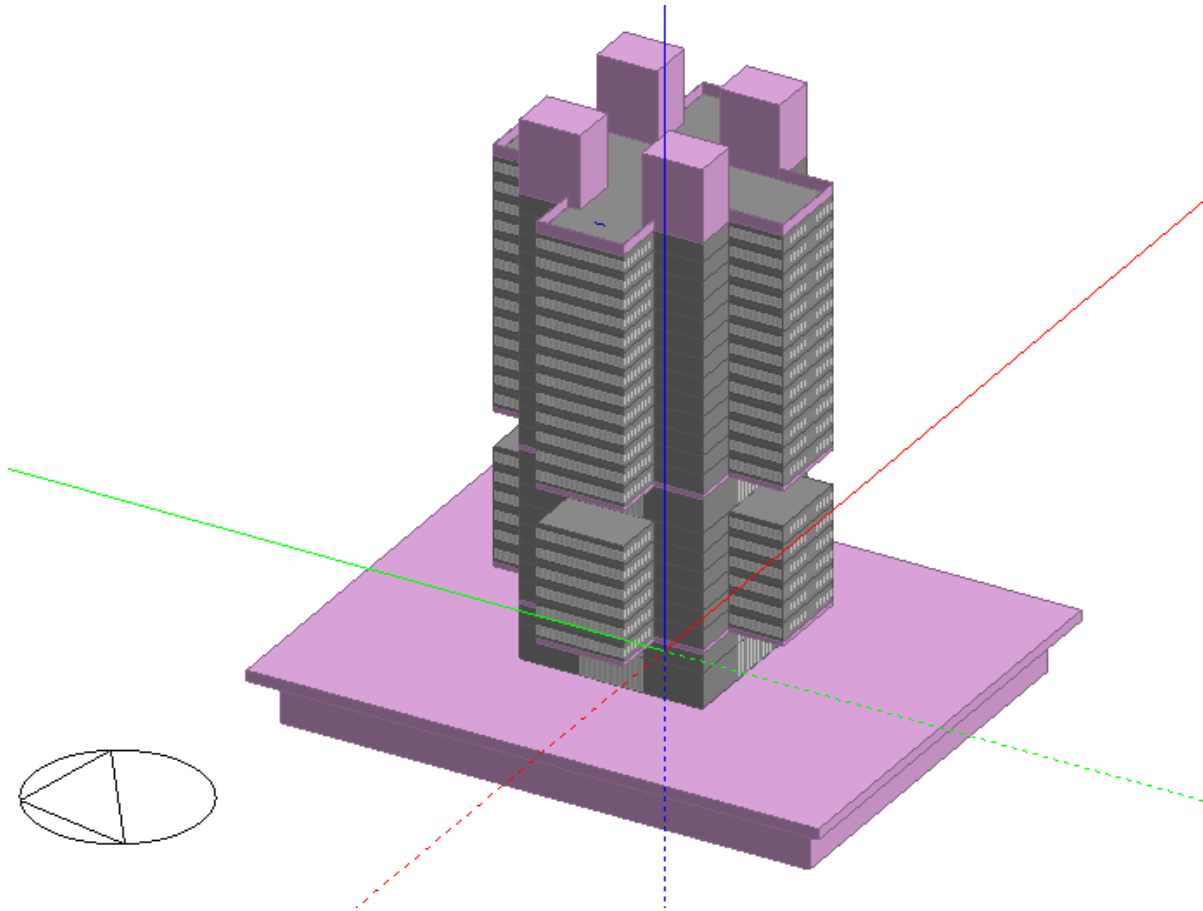
opening	As esquadrias de alumínio foram editadas no DB para ajustar às características do modelo real: largura dos montantes, isolamento térmico, altura do parapeito, altura da janela e a colocação de persianas. Os dados técnicos dos vidros são os informados pela Guardian. Os dados dos vidros existentes foram analisados a partir de estudos científicos e informação de fabricantes.
lighting	Foi utilizado o padrão do DB para a luminária T-5, que é a existente no prédio, inclusive a densidade da luminância.
HVACs	Foi utilizada a opção “simple”, padrão do DB, para o sistema do edifício (fan coil unit). A opção DHW foi desligada porque não existe sistema de aquecimento central de água.

Fonte: Autores

Além da simulação do modelo real e dos modelos de referência, foram simulados também outros tipos de vidro, para avaliação de materiais de maior desempenho. Foram testados os vidros Silver 20 e Silver 32 na cor bronze, além do vidro insulado Neutral 14 “on clear”, todos da linha de fabricação Guardian para a América Latina. O Silver 20 foi testado também com a opção de brises e tela metálica externa. O Neutral foi testado de duas formas: uma com as esquadrias originais e outra com esquadrias tipo “structural glazing”, com os vidros fixados externamente.

### 2.3 O EDIFÍCIO

Figura 2 – Sede do Banco Central do Brasil – modelo 3D gerado na simulação



Fonte: programa de computador DesignBuilder

Tabela 3 - Características da Edificação

Terreno	10.000 m <sup>2</sup>
Estrutura	Concreto armado
Andares superiores	21
Subsolos	6
Área total	100.000 m <sup>2</sup>
Elevadores	16
Área dos andares superiores	35.366 m <sup>2</sup>
Esquadrias de alumínio cor bronze	Cortina de vidro com gaxeta
Vidro temperado cor bronze	10 mm
Ar condicionado central e fan-coils	Água gelada e água de condensação
Iluminação fluorescente	T-5: 9,0 W/m <sup>2</sup> - 400 lumens/m <sup>2</sup>



Piso dos escritórios	Carpete
Forro dos escritórios	Gesso
Divisões internas	MDF em placas
Hall dos elevadores	Placas corta-fogo
Densidade da ocupação	9 m <sup>2</sup> /pessoa

Fonte: Autores

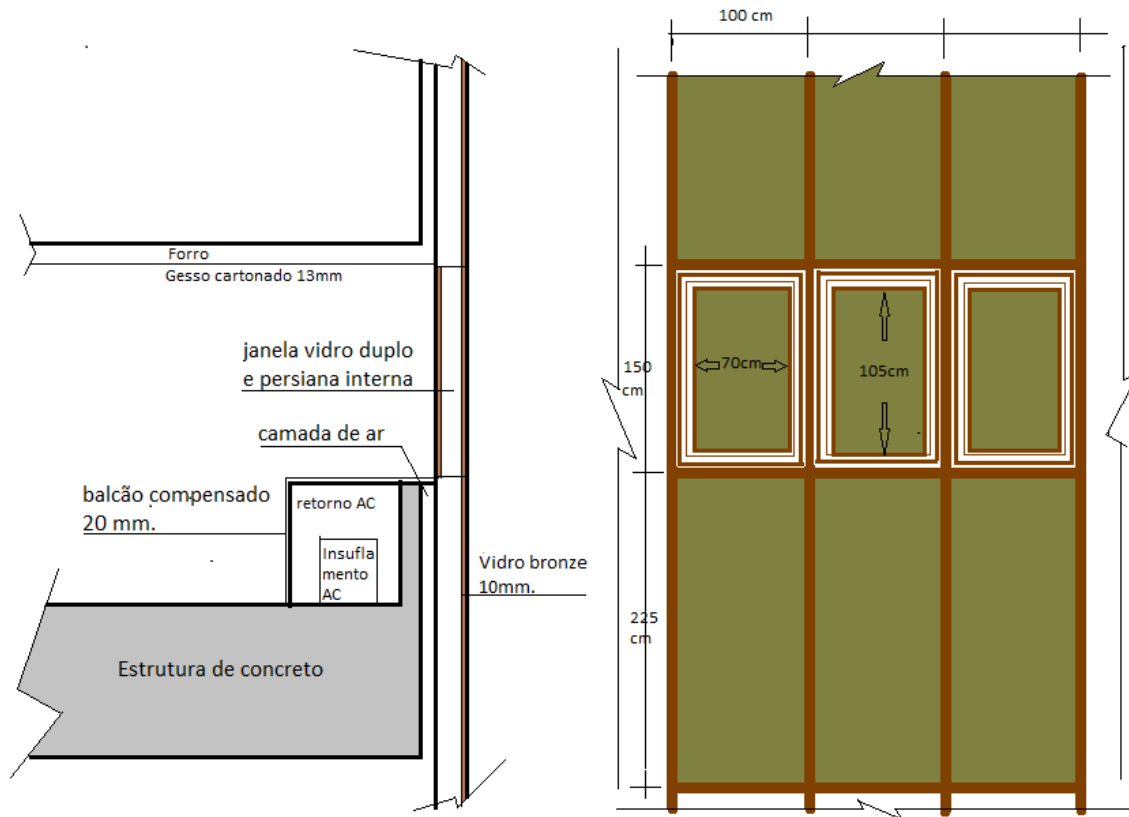
Para testar a eficiência do modelo, simulado no DesignBuilder, foram obtidos dados in loco do consumo de energia elétrica. O consumo anual de energia elétrica é de 6,33 GWh, ou seja, 7,8% superior ao resultado obtido na simulação do modelo real, caracterizando ser suficientemente consistente o modelo gerado no DB.

Importante destacar o perfil de consumo de energia elétrica do edifício, onde o sistema de ar condicionado consome 55% e a iluminação 20%. São dados compatíveis com a simulação do modelo real, que registrou 48% para o ar condicionado e 20% para a iluminação.

#### **2.4 A ENVOLTÓRIA**

As esquadrias do edifício são do tipo cortina, entretanto, somente 40% da área da fachada são efetivamente aberturas. Além disso, a esquadria de alumínio tem montantes de dimensões consideráveis, com 15 centímetros de largura, o que reduz a radiação direta para 20% no local de trabalho. A parte da luz natural, que não irradia diretamente para a área de trabalho, atinge os elementos estruturais de concreto e os dutos do ar condicionado. Desta forma, contribui para aumentar a carga térmica do edifício. Na figura 3, pode-se verificar a localização dos dutos de retorno do ar condicionado na periferia da fachada.

Figura 3 – Corte e vista parcial das esquadrias da fachada com vidros 10mm bronze



Fonte: Autores

Tabela 4 - Características da Envoltória

Zona bioclimática	Z-4
Orientação solar sentido horário	+34°
Transmitância da cobertura	1,0 W/(m <sup>2</sup> K)
Transmitância das paredes externas	1,6 W/(m <sup>2</sup> K)
Absortância da cobertura e paredes	80%
Fator Solar (SHGC) – vidro 10 mm brz	0,5
Fração- esquadrias/fachada	54%
Fração - aberturas/fachada	24%
Fração - alumínio/janela	50%
Fração - alumínio/esquadrias	71%

Fonte: Autores

Nos andares tipo, nas fachadas voltadas para oeste, a temperatura é desconfortável nas proximidades das janelas nos horários mais quentes do dia. Inclusive existem equipamentos de reforço da refrigeração no perímetro da fachada. Medições no local atestam a baixa capacidade de isolamento das esquadrias/vidros.

A proposta economicamente viável para sanar os problemas existentes é a realização dos serviços pelo lado externo do prédio. Existe tecnologia de empresa brasileira para retrofit das esquadrias, denominado envelopamento da fachada, onde os vidros são substituídos pelo lado externo. Os montantes de alumínio originais são mantidos, mas são recobertos por um novo perfil em forma de “U”. Esse procedimento permite a colocação de novos vidros de maior desempenho térmico, assim como outros materiais para reduzir a absorvância e a transmitância térmica nas fachadas (Dornelles, 2013). Entretanto, a preservação das características arquitetônicas da fachada, tem recebido atenção especial da instituição visando o respectivo retrofit. A orientação é manter as características originais do edifício, tais como a cor e a baixa refletividade dos vidros, assim como o alumínio anodizado na cor bronze das esquadrias.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 5 resume a simulação. Cada linha representa a simulação de um tipo de vidro na fachada. Por exemplo, o modelo Real é o vidro existente. Ref. A é o modelo de referência com a menor abertura das janelas (PAFt). Os resultados mostram o total de energia consumida em um ano, em kWh, e a variação percentual para o modelo Real. O consumo de energia elétrica do sistema de ar condicionado foi incluído na comparação porque ele representa o item principal da variação. Os outros itens – iluminação, equipamentos, ventiladores, praticamente não se alteram com as simulações da envoltória.

Tabela 5 – Resultados da simulação do consumo de energia

Modelos da simulação	Consumo Total kWh/ano	Variação Total para Real	Consumo Ar Condicionado kWh/ano	Variação Ar Cond. para Real
Real	5.833.058,55		2.783.206,80	
Ref. A	5.470.847,25	- 6,21%	2.471.615,00	- 11,20%
Ref. B	5.747.582,25	- 1,47%	2.748.350,00	- 1,25%
Ref. C	5.865.247,25	+ 0,55%	2.866.015,00	+ 2,98%
Silver 32	5.378.177,85	- 7,80%	2.328.326,10	- 16,34%
Silver 20	5.320.402,97	- 8,79%	2.270.551,22	- 18,42%
Silver 20 Tela	5.297.816,80	- 9,18%	2.247.965,04	- 19,23%

Silver20 Brise	5.281.166,64	- 9,46%	2.231.314,89	- 19,83%
Neutral14	5.326.211,96	- 8,69%	2.276.360,21	- 18,21%
Neutral14G	5.437.053,35	- 6,79%	2.387.201,60	- 14,23%

Fonte: Autores

Podemos notar que apenas o modelo de referência Ref. C tem variação positiva. Ou seja, o modelo Real tem consumo superior ao limite da Ref. B e inferior ao da Ref. C, correspondendo, portanto à classe C na escala do PBE. Todos os modelos simulados com consumo inferior ao do limite da Ref. A estão, portanto, no nível máximo (A) do PBE.

Nesse sentido, pode-se ver que todos os vidros simulados em substituição ao vidro existente estariam classificados no nível A do PBE. A princípio, uma das simulações chamou a atenção por não corresponder ao resultado esperado, no caso, o vidro insulado Neutral 14 teve melhor desempenho quando instalado na esquadria existente do que com uma eventual substituição das esquadrias pelo "structural glazing", com os vidros fixados externamente. Mas, a explicação deve-se ao maior sombreamento provocado pelos montantes das esquadrias existentes, assim como a respectiva redução da área de radiação solar.

Nas simulações dos vidros Silver e Neutral foram utilizadas a opção com persianas internas refletivas (Lamberts, 2009). No modelo Real não foram adotadas persianas internas, porque, as existentes estão inoperantes e nas referências utiliza-se apenas vidro segundo o RTQ-C.

A utilização de brises e tela metálica externa foram simuladas, alternadamente, com o vidro Silver 20. As duas opções tiveram resultados similares e representariam menos de 1% na redução do consumo de energia. Entretanto a utilização desses materiais externamente alteraria a textura da fachada, além do acréscimo significativo nos custos.

Os resultados mostraram que a opção pelo vidro Silver 20 seria a mais adequada, considerando o desempenho, o custo e a baixa interferência na textura, na cor e na refletância da fachada. Nesse caso a redução do consumo de energia representaria 18,42% do consumo do sistema de ar condicionado e de 8,79% do consumo global dos andares superiores.

Uma eventual análise econômica para substituição dos vidros deve considerar o conjunto de elementos que estão diretamente relacionados ao processo. O investimento estimado de R\$ 10 milhões seria pago em 21 anos, tendo em vista a redução inicial do consumo de energia de R\$ 310 mil/ano e considerando uma projeção de aumento real de 5% a.a., no longo prazo. Nessa estimativa não foi considerada taxa de juros de retorno do investimento, porque há

outras vantagens agregadas com o retrofit, que superam o resultado financeiro e que estão incluídas na estimativa acima, tais como:

- as deficiências de vedação,
- o desgaste natural das esquadrias,
- a redução da demanda de energia do sistema de ar condicionado pela menor carga térmica,
- o risco de queda dos vidros da fachada e a necessidade de atender a norma NBR 7199 (ABNT, 1989).

Além disso, haveria melhores condições de conforto e sustentabilidade com a redução do consumo e da demanda de energia elétrica, fundamental nesse processo de renovação do ambiente já construído. Há que se considerar também que esses ganhos provavelmente terão resultado por um período superior aos 21 anos do retorno do investimento. Atualmente, os componentes da fachada têm mais de 35 anos.

#### **4. CONCLUSÃO**

O propósito deste estudo foi fazer o diagnóstico do desempenho energético da envoltória de um edifício público localizado em Brasília. O edifício é a sede do Banco Central do Brasil. O estudo baseou-se em metodologia científica e análise computacional, assim como normas e artigos sobre eficiência energética.

Os primeiros cálculos para determinar os índices de consumo demonstraram a viabilidade de se obter um nível de classificação energética superior para o edifício. Por exemplo, a utilização do método prescritivo com o fator solar do vidro Silver 20 e com os pré-requisitos de absorvância e transmitância mínima para a cobertura e paredes, constantes do RTQ-C, foi possível verificar, a princípio, a viabilidade da obtenção do nível A do PBE. O passo seguinte, a simulação computacional, resultou também na possibilidade de obter o nível A. Além disso, a simulação permitiu analisar outras estratégias para redução do consumo de energia. Entretanto, ficou evidente, a necessidade de substituir os vidros para obter a classificação máxima do PBE.

Outro registro, que contribui no exame do perfil energético das edificações no Brasil é o consumo por metro quadrado de energia elétrica. As medições feitas in loco na sede do Banco Central resultaram em 166 kWh/m<sup>2</sup>/ano para as áreas de escritório, que poderiam ser reduzidos para 150 kWh/m<sup>2</sup>/ano, no caso de substituição dos vidros da fachada conforme números da simulação.

No contexto brasileiro, quando analisamos os resultados do benchmarking do CBCS (Conselho Brasileiro de Construções Sustentáveis) publicado em 12/3/2015, é possível imaginar o potencial de redução do consumo de edifícios de escritório. O resultado do benchmarking para edifícios de escritório corporativos indicam uma mediana de 191 kWh/m<sup>2</sup>/ano. Portanto, não seria ambicioso acreditar nos números da revista *Infra*, citados na Introdução, da existência de um potencial de redução de 30% do consumo de energia elétrica nas edificações no Brasil.

Finalmente, concluímos que:

- os estudos contribuíram efetivamente para esclarecer dúvidas quanto ao ganho energético da sede do Banco Central do Brasil;
- a substituição dos vidros e a melhoria do isolamento térmico das esquadrias de alumínio e dos materiais da cobertura podem contribuir amplamente no tratamento da envoltória de edificações similares, inclusive da própria instituição; e
- os dados coletados da edificação são importantes no rol de informações sobre o perfil dos edifícios públicos no Brasil e sua utilização com o objetivo de melhores condições de conforto e de sustentabilidade do ambiente já construído.

## REFERÊNCIAS

- Associação Brasileira de Normas Técnicas – Norma Brasileira NBR 7199/89 – Projeto, execução e aplicações de vidros na construção civil. Rio de Janeiro: 1989, 18p.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas – Norma Brasileira NBR 15220-3 – Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social, Rio de Janeiro: 2003, 23p.
- Brasil, Ministério de Minas e Energia (2011). Plano Nacional de Eficiência Energética. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/web/guest/publicacoes-e-indicadores/plano-nacional-de-eficiencia-energetica>. Acesso em: 17 de jul. 2015.
- BRASIL, Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética - EPE. Balanço Energético Nacional 2015 – Ano base 2014: Relatório Síntese. Disponível em: [https://ben.epe.gov.br/downloads/S%C3%ADntese%20do%20Relat%C3%B3rio%20Final\\_2015\\_Web.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/S%C3%ADntese%20do%20Relat%C3%B3rio%20Final_2015_Web.pdf). Acesso em: 4 nov. 2015.
- CARLO, J.; LAMBERTS, R. Parâmetros e métodos adotados no regulamento de etiquetagem da eficiência energética de edifícios – parte 2: método de simulação, *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 10, n. 2, p. 27-40, abr./jun. 2010.

Conselho Brasileiro de Construção Sustentável - CBCS. Disponível em: <http://www.cbcs.org.br/website/> Acesso em: 5 dez.2015.

DORNELLES, Kelen Almeida; CARAM, Rosana Maria; SICHIERI, Eduvaldo Paulo. Absortância solar e desempenho térmico de tintas frias para uso no envelope construtivo. Artigo no XII Encontro Nacional e VIII Latino americano de Conforto no Ambiente Construído - ENCAC/ELACAC Brasília 2013.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O.R. Eficiência energética na arquitetura. UFSC/Procel/Eletróbrás, PW Editores, 1997.

PBE – Edifica. Etiquetagem de Edificações Públicas, regulamentos e manuais do RTQ-C, do RAC e das diretrizes para obtenção de nível A. Disponível em: <http://pbeedifica.com.br/etiquetagem/publica> Acesso em: 23 de jun. 2015.

Pereira, Fabricio; Lamberts, Roberto; Marinoski, Luis D. Determinação do Fator Solar em vidros e elementos de sombreamento para janelas. Relatório de Iniciação Científica - PIBIC/CNPq – BIP/UFSC 2009/201.

Revista Infra, edição de setembro de 2015. Disponível em: <http://www.revistainfra.com.br/portal/Textos/?Entrevistas/15737/-O-consumo-de-energia-el%C3%A9trica-nas-edifica%C3%A7%C3%B5es-no-Brasil-> Acesso em 11 nov.2015.