



6 a 8 de outubro de 2010 - Canela RS

**ENTAC 2010**

XIII Encontro Nacional de Tecnologia  
do Ambiente Construído

## **AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS DOS BRISES NO CONFORTO TÉRMICO E LUMINOSO CONFORME AS RECOMENDAÇÕES DO RTQ-C: ESTUDO DE TRIBUNAL DE JUSTIÇA DE MINAS GERAIS**

**Camila Carvalho Ferreira (1); Roberta Vieira Gonçalves de Souza (2)**

(1) Departamento de Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo – Escola de Arquitetura e Urbanismo –  
Universidade Federal de Minas Gerais – e-mail: [ca\\_lilacf@yahoo.com.br](mailto:ca_lilacf@yahoo.com.br)

(2) Departamento de Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo – Escola de Arquitetura e Urbanismo –  
Universidade Federal de Minas Gerais – e-mail: [roberta@arq.ufmg.br](mailto:roberta@arq.ufmg.br)

### **RESUMO**

O correto dimensionamento dos dispositivos de proteção solar são de grande importância na redução da carga térmica oriunda da radiação solar incidente em superfícies envidraçadas e, conseqüentemente, na utilização do ar condicionado. Não obstante, é preciso também considerar o impacto gerado por tais dispositivos na iluminação natural do ambiente, de forma que esta não seja substituída pela iluminação artificial para se atingir os níveis de iluminação requeridos no ambiente aumentando o consumo de energia por este sistema. Assim, faz-se de importância buscar um equilíbrio entre estas duas variáveis: a iluminação natural e a carga térmica. O presente trabalho se propõe a avaliar os impactos decorrentes das proteções solares sob estes dois aspectos. Para tanto um ambiente do Tribunal de Justiça de Minas Gerais foi avaliado através de simulações nos *softwares* Design Builder® (para análise termo-energética) e RELUX Professional® (para análise da iluminação natural). A partir dos resultados das simulações serão avaliados os impactos gerados, para que algumas proposições relacionadas sejam feitas.

Palavras-chave: simulação, carga térmica, iluminação natural.

# 1 INTRODUÇÃO

Perante a necessidade cada vez maior da racionalização do uso de fontes de energia, promover a qualidade ambiental dos edifícios por meio de soluções passivas, é uma das formas prováveis para se minimizar o impacto das edificações sobre a matriz energética.

As proteções solares exercem papel fundamental na melhoria do desempenho térmico das edificações em climas quentes, como o do Brasil, uma vez que anteparam a incidência de radiação direta e, conseqüentemente, evitam a elevação da temperatura interna do ambiente e promovem redução significativa da necessidade de consumo de energia para condicionamento artificial, maior responsável pelo consumo de energia em edificações comerciais (LAMBERTS, 2007).

No entanto, o correto dimensionamento dos dispositivos de proteção solar não é tarefa simples, uma vez que quando super dimensionados, estes dispositivos podem tornar-se obstruções à luz natural, prejudicando então o aproveitamento da luz natural no ambiente, o que acarretará em um aumento no uso de energia por sistemas de iluminação artificial.

## 1.1 Os Requisitos do RTQ-C

O Regulamento Técnico da Qualidade para Eficiência Energética em Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos, RTQ-C, define ângulos de proteção solar como “ângulos que determinam a obstrução à radiação solar gerada pela proteção solar nas aberturas”, podendo ser estes classificados como ângulo vertical de sombreamento, AVS, referente às proteções horizontais, ou como ângulo horizontal de sombreamento, AHS, referente às proteções verticais. Os ângulos podem variar de 0°, inexistência de proteção, a 45°, proteção máxima.

Os ângulos de obstrução são um dos termos que compõem a equação presente no item 3.2 do Regulamento, para a avaliação no que concerne às envoltórias. A equação determina o Indicador de Consumo (IC), parâmetro que dará o desempenho da envoltória, a partir de uma série de variáveis hábeis em descreverem as características termo-físicas do envelope externo da edificação (BRASIL, 2009).

Todavia, no RTQ-C, para os ângulos de sombreamento utilizados, não se consideram fatores capazes de influenciar significativamente o desempenho destes dispositivos, tais como orientação da fachada, latitude local, horários e época do ano, relacionados com a insolação recebida pela fachada, o que proporcionaria uma proteção específica para cada abertura.

## 1.2 O método da Temperatura Neutra (Tn)

O método da Temperatura Neutra (Tn) foi desenvolvido por Pereira e Souza (2008), para a determinação da necessidade do uso de sistemas de proteção solar em aberturas, gerando assim o dimensionamento das proteções para as aberturas a partir de tal necessidade.

A partir da análise de limites de temperatura obtidos através de índices adaptativos e calculados em função de temperaturas neutras mensais (Tn), estabeleceu-se critérios para a definição dos horários de necessidade de proteção solar baseados na latitude local, na incidência de radiação sobre as fachadas, temperatura (Tn) e no uso da edificação. As Temperaturas Neutras conjugadas a limites de aceitação de radiação solar incidente em aberturas determinam o dimensionamento das proteções para as aberturas.

O dimensionamento dos dispositivos de proteção solar para bloquear a incidência solar, segundo as autoras, deve ser baseado em limites inferiores e superiores, estabelecidos como:

- a temperatura do ar externa for superior a  $T_n + 2^\circ \text{C}$  e a incidência de radiação solar na fachada for superior a  $500\text{W/m}^2$ , se a abertura for inferior a 25% da área do piso,
- a temperatura do ar externa for superior a  $T_n + 2^\circ \text{C}$  ou a incidência de radiação solar na fachada for superior a  $600\text{W/m}^2$ , se a abertura for superior a 25% da área do piso.

A partir dessas recomendações, pode-se identificar os períodos de incidência solar desejável e de necessidade de proteção solar dos edifícios para a cidade de Belo Horizonte (FIG. 1)

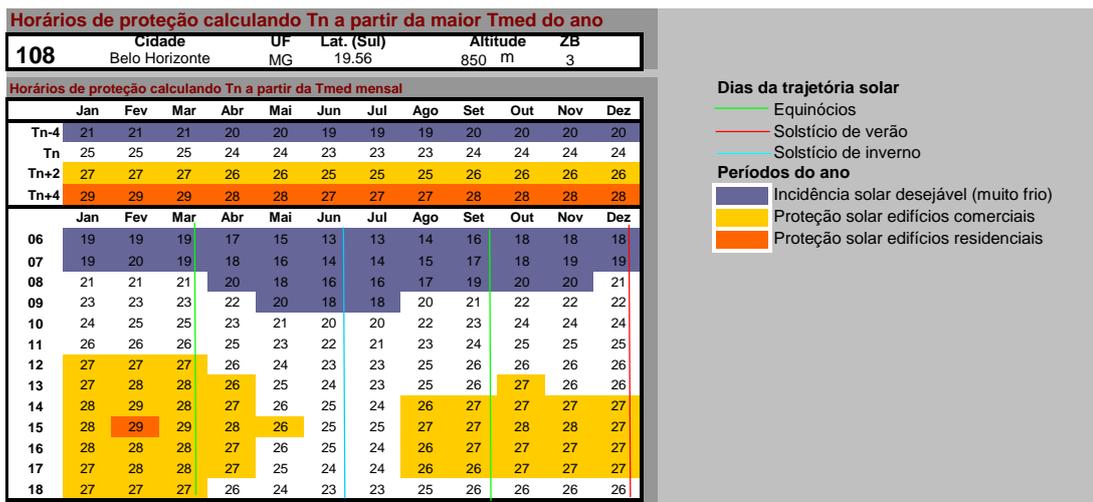


Figura 1 Necessidade de proteção solar para a cidade de Belo Horizonte

### 1.3 Avaliação da envoltória segundo o RTQ-C e simulações para análise

Santos (2009) avaliou o projeto de um edifício condicionado artificialmente, a ser implantado na cidade de Belo Horizonte sob os critérios do RTQ-C para a envoltória e para o sistema de iluminação, a partir de simulações utilizando um modelo base e variações do mesmo, permitindo a análise paramétrica de fatores que influenciam o desempenho energético da edificação. Adicionalmente, foi avaliado o desempenho de proteções solares e de vidros na classificação da envoltória e no consumo de energia de um dos ambientes da edificação estudada. Os dispositivos de proteção adotados por Santos (2009) foram estabelecidos de duas maneiras: pela combinação de ângulos de sombreamento que resultem em um IC mínimo e pelo método da Temperatura Neutra (Tn).

Santos (2009) utilizou um modelo de referência que foi desdobrado em uma série de outros modelos para a análise paramétrica. O modelo de referência se baseia na edificação conforme especificações de projeto. Sua envoltória é de alvenaria e este protótipo não possui proteção solar. Outros protótipos foram criados a partir da adição de proteção solar ao modelo de referência, sem demais alterações na fachada, cujo objetivo é a verificação do potencial de redução no consumo de energia proporcionada por tais dispositivos. Foram adicionados os brises "RTQ", os quais se baseiam no interesse em se obter para a fachada do edifício o menor Indicador de Consumo possível. No outro protótipo, o "Brise TN" adotou-se para cada orientação solar (norte, sul, leste e oeste) uma proteção solar segundo o método da Temperatura Neutra, resultando no conjunto de protótipos "Brise TN". Foram também desenvolvidos outros protótipos com variações do vidro e das características térmicas da envoltória.

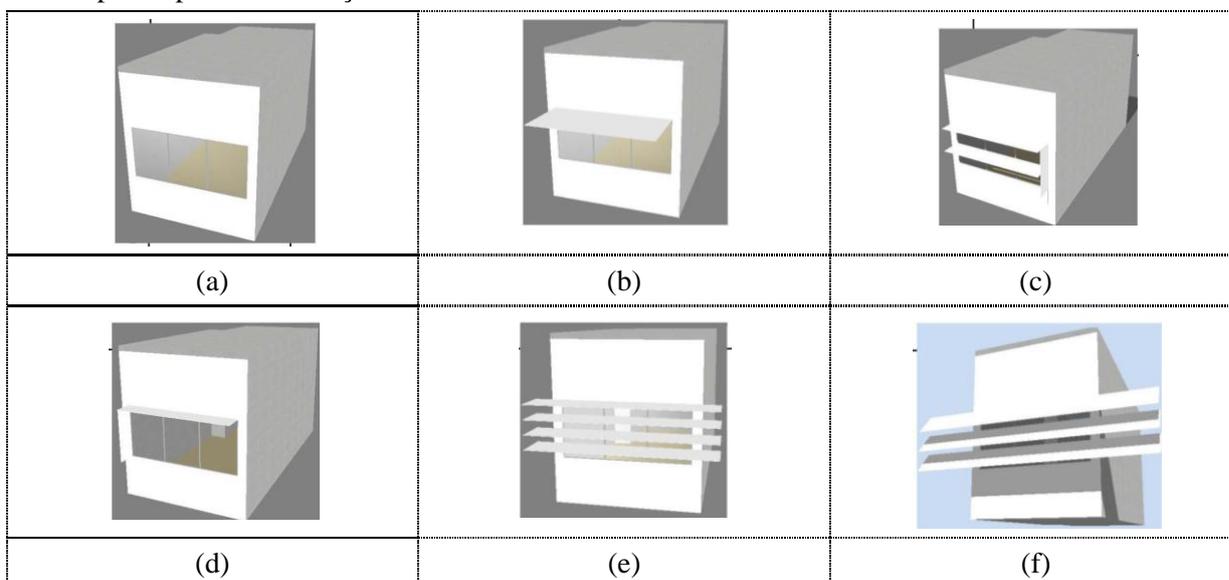


Figura 2 Protótipos utilizados na simulação: (a) modelo de referência; (b) "Brise RTQ"; (c) "Brise Tn norte"; (d) "Brise Tn sul"; (e) "Brise Tn leste"; (f) "Brise Tn oeste"

Pela análise prescritiva, segundo a autora, o prédio avaliado com suas características originais alcançou a classificação “B” no sistema de iluminação e “C” na envoltória.

## **2 OBJETIVO**

Objetiva-se avaliar o balanço entre a carga térmica e a disponibilidade de luz natural em um ambiente que adote dispositivos de proteção solar.

## **3 METODOLOGIA**

O presente trabalho avaliou os impactos no consumo de energia do ar condicionado e do sistema de iluminação artificial de um dado ambiente sem brises e com proteções dimensionadas a partir dos requisitos do RTQ-C e do método da Tn. O comportamento dos modelos em relação ao aproveitamento da iluminação natural será avaliado através de simulações computacionais. Os resultados aí obtidos serão avaliados em conjunto aos obtidos por Santos (2009), em relação ao desempenho térmico, de forma a possibilitar a comparação entre as duas situações (com proteção solar e sem) e suas conseqüências na carga térmica e disponibilidade de luz natural no ambiente.

### **3.1 Apresentação dos modelos de simulação**

A análise do ambiente se dará através do uso de ferramentas de simulação computacional para avaliação das condições de eficiência energética da construção. Para tal utilizou-se dois modelos de simulação: o Design Builder® e o Relux Pro®.

O Design Builder® é um *software* desenvolvido no Reino Unido para simulações do desempenho termo-energético de edificações, utilizando os algoritmos do Energy Plus®. O EnergyPlus® é um programa que simula cargas e sistemas de uma edificação de forma integrada, tendo sido desenvolvido pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos (DOE).

Já o Relux Professional® desenvolvido pela Informatik Ag é um programa para a análise da iluminação natural e artificial, capaz de simular as propriedades das fontes luminosas e dos materiais, além permitir analisar os sistemas de iluminação natural e artificial de forma integrada.

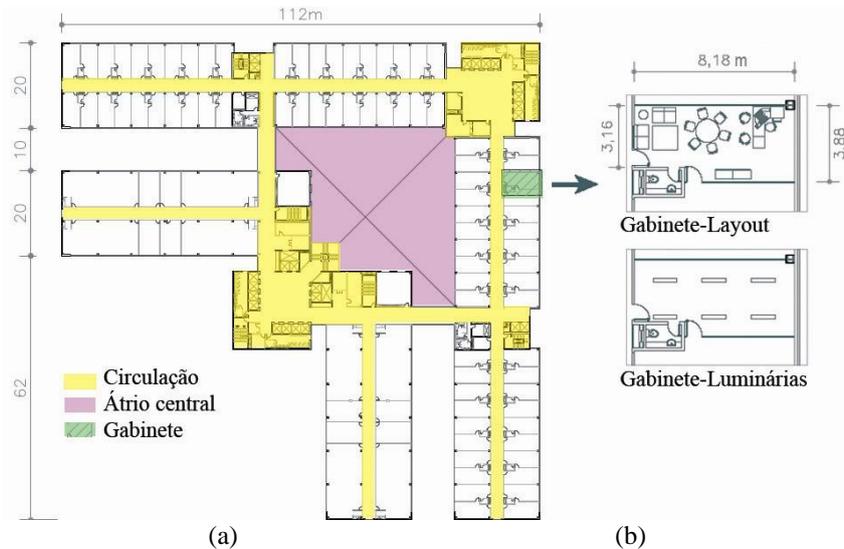
A análise térmica via Design Builder® foi feita a partir das simulações desenvolvidas e baseadas nos resultados obtidos por Santos (2009). Os mesmos modelos desenvolvidos pela autora foram então os adotados na ferramenta de simulação de iluminação e os resultados aí obtidos comparados com os de Santos (2009).

### **3.2 O estudo de caso**

Foi adotado como estudo de caso um ambiente do Edifício Sede do Tribunal de Justiça do Estado de Minas Gerais (TJMG), projetado para a cidade de Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, cuja latitude é 19°55’ sul e a longitude 43°56’ oeste. Conforme o mapa de zoneamento bioclimático brasileiro (NBR 15220-3, 2005), está na Zona Bioclimática 3.

O prédio do TJMG possui uma área total útil de 136.647 m<sup>2</sup>, podendo então esta edificação ser avaliada pelo RTQ-C, de acordo com o estabelecido pelo próprio Regulamento. Na figura 3 está representada a edificação com suas plantas e sua orientação. O ambiente em estudo é um ambiente tipo da edificação, marcado em verde na Figura 3 a. O ambiente possui uma área de 29,5 m<sup>2</sup>, com dimensões de 3,83 x 8,13 m e pé direito de 2,75 m. Possui uma única abertura de 3,83 m x 1,55 m, com peitoril 1,05 m.

Para o ambiente foram especificadas luminárias de embutir com corpo em chapa de aço tratada, pintura na cor branca e aletas para impedir o ofuscamento. Cada luminária contém 2 lâmpadas tubulares T5 de 28 W, distribuídas conforme a Figura 3 b. É importante ressaltar que embora a fileira mais próxima à janela possua acionamento independente para permitir o aproveitamento da luz natural, as luminárias estão posicionadas perpendicularmente em relação à abertura, não sendo esta a posição ideal para o correto aproveitamento da luz natural.



**Figura 3** Plantas do pavimento-tipo e do ambiente em análise: (a) Planta do pavimento-tipo e a localização do ambiente em estudo; (b) Planta do ambiente-tipo em análise com layout e distribuição das luminárias.

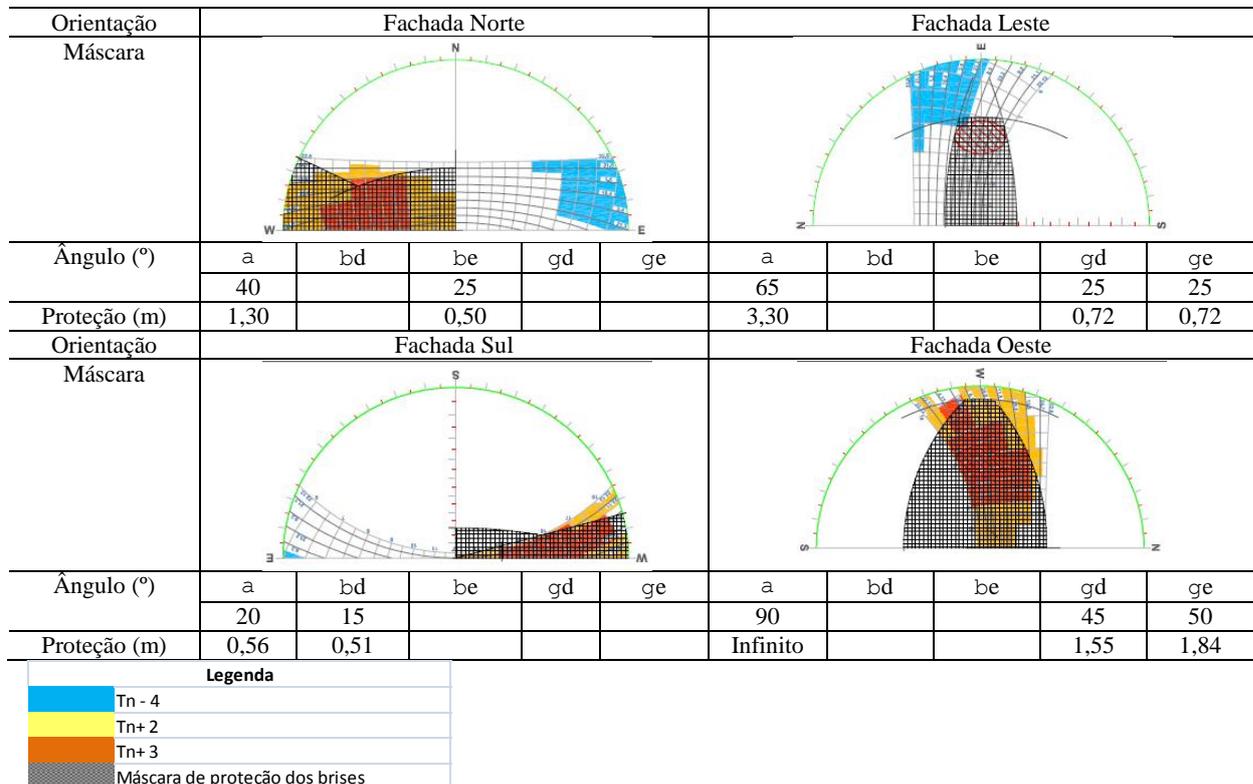
Fonte: SANTOS, 2009.

A tecnologia e os materiais de construção utilizados são convencionais, destacando-se: paredes de alvenaria de tijolo cerâmico furado, revestidas com argamassa de cimento e pintura de cor clara em ambos os lados; lajes de concreto armado; cobertura de telha de fibrocimento; piso interno revestido em cerâmica de cor clara.

As atividades nele exercidas são predominantemente de escritório.

### 3.3 Os dispositivos de proteção solar

As proteções solares adotadas foram dimensionadas por Santos (2009), de acordo com a metodologia desenvolvida por Pereira e Souza (2008), para cada uma das orientações, conforme é apresentado na Figura 4.



**Figura 4** Máscaras para definição de ângulos de sombreamento e suas respectivas dimensões das proteções segundo o método da Tn as quatro orientações do edifício. Fonte: SANTOS, 2009.

### 3.4 A simulação de iluminação natural

A partir das características do ambiente foram definidos os modelos para análise do RELUX Pro®: sem brise (modelo base); com brise dimensionado para obter o IC mínimo (“Brise RTQ”); e com brise dimensionado de acordo com o método de Tn (“Brise Tn”).

Os modelos foram simulados para quatro orientações: norte, leste, sul e oeste, tendo sido o entorno desconsiderado em todas elas.

As refletâncias adotadas para as paredes são equivalentes à 0,50; a do teto à 0,70 e a do piso à 0,20. O Índice do Ambiente (k) correspondente foi de 1,27 e o plano de trabalho estabelecido em 0,70 m do piso.

As simulações foram realizadas para a cidade de Belo Horizonte para os dias de solstício de verão (22/12) e de solstício de inverno (21/06) às 08 hs (horário em que o sol está ainda baixo em relação à linha do horizonte), 09 hs, 12 hs e 15 hs. A partir dos resultados alcançados, fez-se uma média anual das iluminâncias médias do ambiente. Os dados médios anuais para a iluminância interior dos ambientes foram obtidos para a análise em conjunto com os resultados por simulação do consumo anula de energia e do consumo anual de energia com iluminação artificial obtidos por Santos (2009).

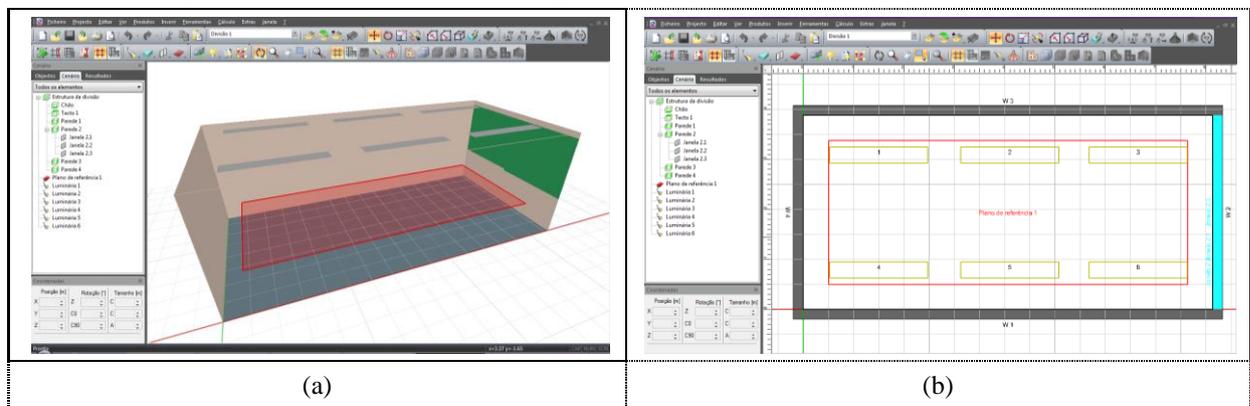


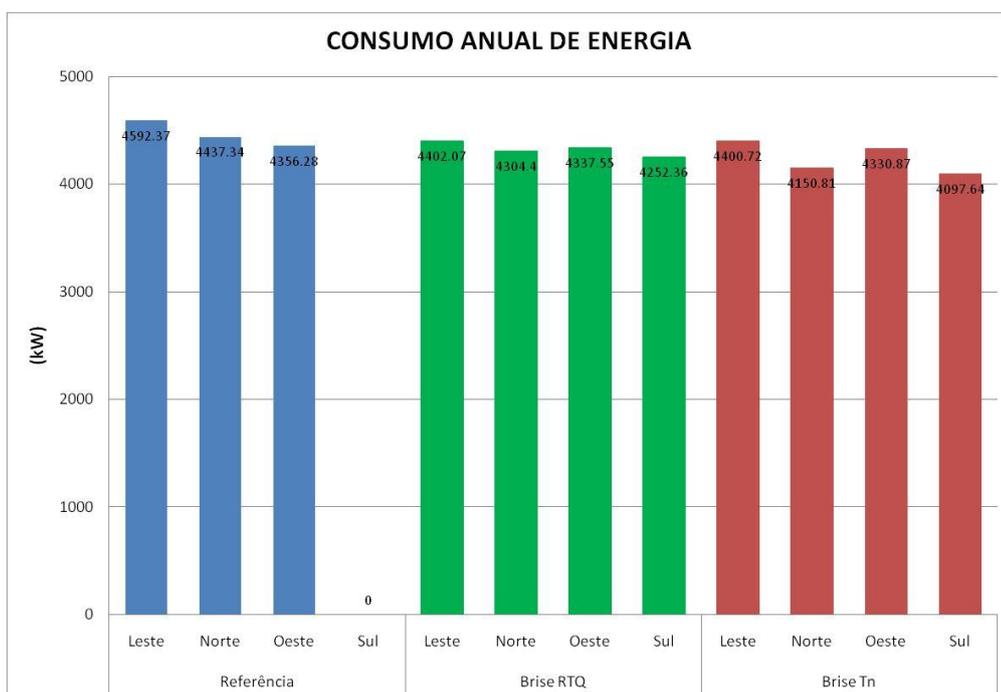
Figura 5 Entrada de dados no Relux Pro®.

Os dados resultantes da simulação foram importados para o software MicrosoftExcel®, onde foram gerados gráficos para análise dos resultados.

## 4 ANÁLISE DE RESULTADOS

Os resultados obtidos foram representados na forma de gráficos, com o objetivo de tornar a leitura mais fácil. Tendo sido avaliados o modelo de referência (representado em azul nos gráficos), o modelo “Brise RTQ” (representados em verde nos gráficos) e o modelo “Brise Tn” (representado em vermelho nos gráficos). Os resultados são apresentados a seguir.

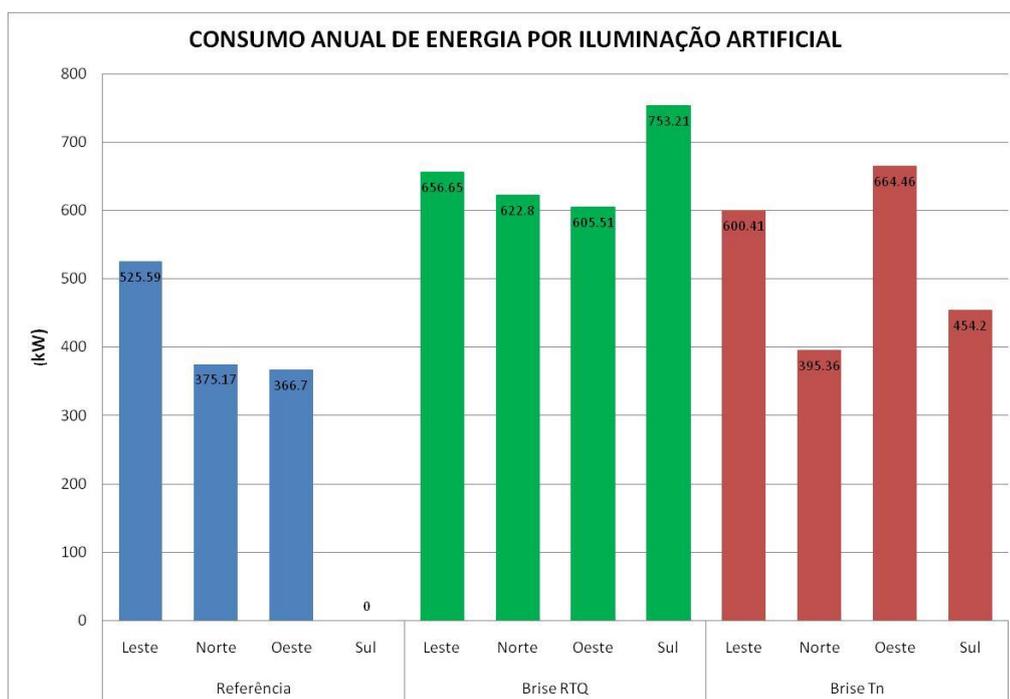
No Gráfico 1 tem-se a comparação do consumo anual de energia total (em kW) de cada um dos modelos em questão com o objetivo de avaliar o impacto dos brises no ar condicionado.



**Gráfico 1** Comparação do consumo anual de energia total para cada um dos modelos.

Através do Gráfico 1 pode-se perceber que as proteções solares impactam no consumo de energia da edificação, através da redução da carga térmica e, conseqüentemente, no consumo do condicionamento de ar. O impacto dos brises na redução do consumo de energia anual correspondeu em média a 3% para o modelo “Brise RTQ” e a 4% no caso do modelo “Brise Tn”. Os dois modelos com brise tiveram comportamento semelhantes para a fachada leste e oeste, representando redução de aproximadamente 4,1% e 0,5%, respectivamente. A maior diferença foi encontrada na fachada norte quando o modelo “Brise RTQ” obteve uma redução de 3%, enquanto o modelo “Brise Tn” obteve uma redução de 6,5%. Tal diferença pode ser justificada pela especificidade do “Brise Tn” no que se refere ao seu dimensionamento, que considera a latitude local e a incidência de radiação.

O Gráfico 2 representa o consumo (em kW) pelo sistema de iluminação artificial.

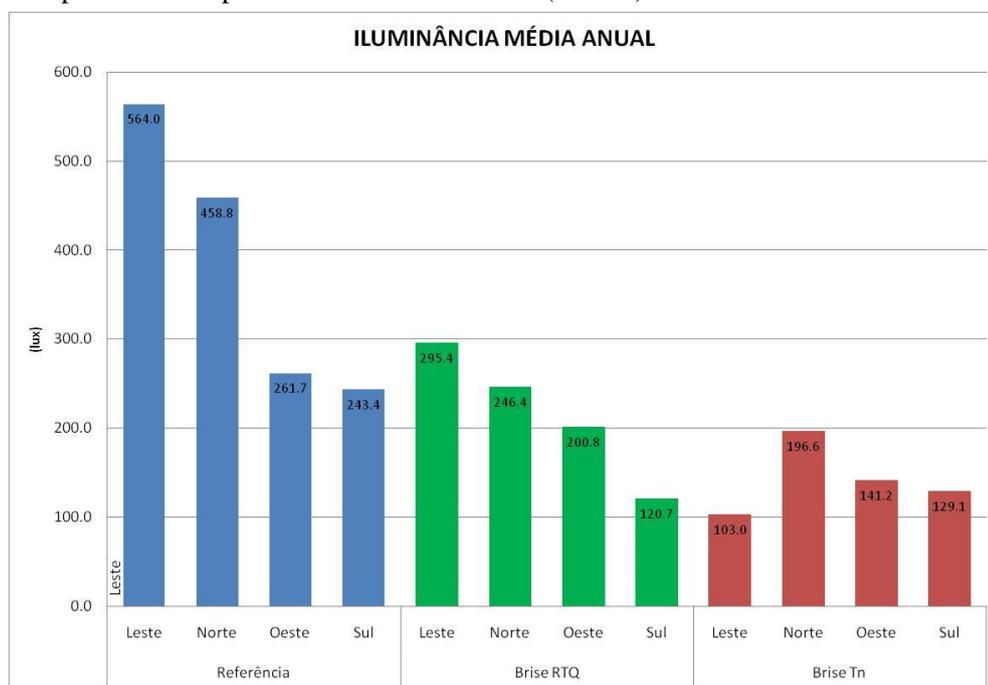


**Gráfico 2** Comparação do consumo pelo sistema de iluminação artificial para cada um dos modelos.

Pelo Gráfico 2 pode-se notar um aumento no consumo de energia pelo sistema de iluminação artificial nos dois protótipos com proteção solar, porém, esse aumento foi mais significativo no modelo “Brise RTQ”, em que ocorreu um aumento de 52% em relação ao modelo de referência, representando um aumento de 5% no consumo total de energia da edificação. No caso do modelo “Brise Tn”, houve um aumento de 33,6% em relação ao modelo de referência e um aumento de 3% no consumo total de energia da edificação. Sendo que a Fachada Norte apresenta um comportamento no consumo de energia destinada à iluminação artificial muito próximo do modelo de referência.

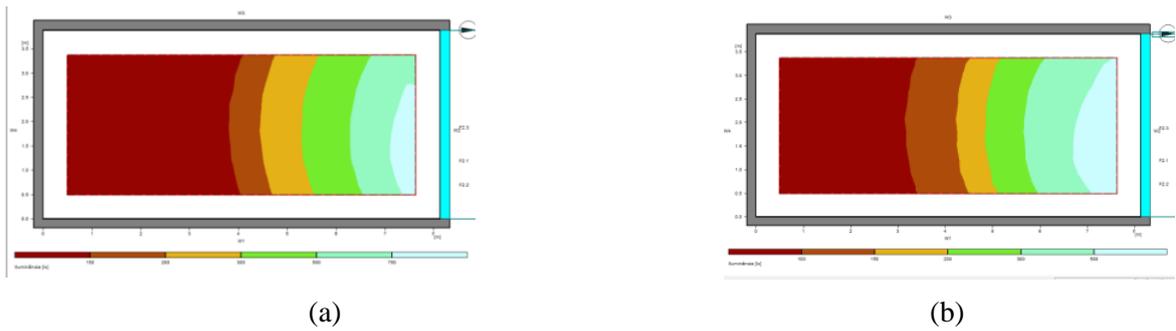
Comparando os resultados obtidos nos Gráficos 1 e 2, os modelos com brises possuem comportamentos opostos no que se refere ao balanço entre redução de consumo de energia por carga térmica e aumento do consumo devido ao sistema de iluminação. No caso do modelo “Brise RTQ”, a redução do consumo de energia proveniente da redução do ganho de carga térmica, 3%, foi inferior ao ganho por uso do sistema de iluminação artificial, 5%. O oposto ocorre no modelo “Brise Tn”, em que o aumento de consumo de energia para iluminação artificial de 3% é inferior à redução do consumo de energia proveniente da redução do ganho de carga térmica de 4%.

O Gráfico 3 apresenta a disponibilidade de luz natural (em lux) no interior do ambiente.

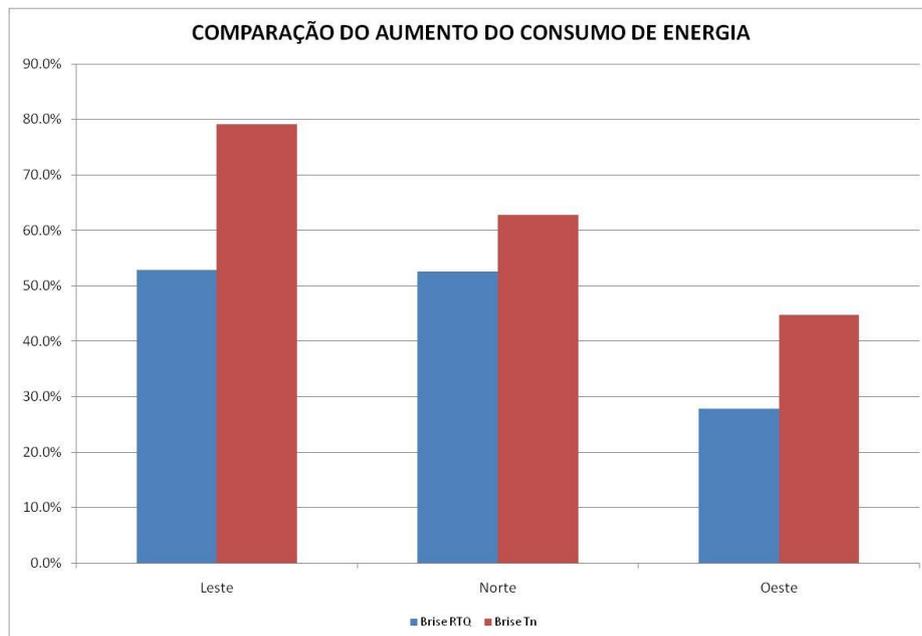


**Gráfico 3** Comparação iluminância média dos ambientes para cada um dos modelos.

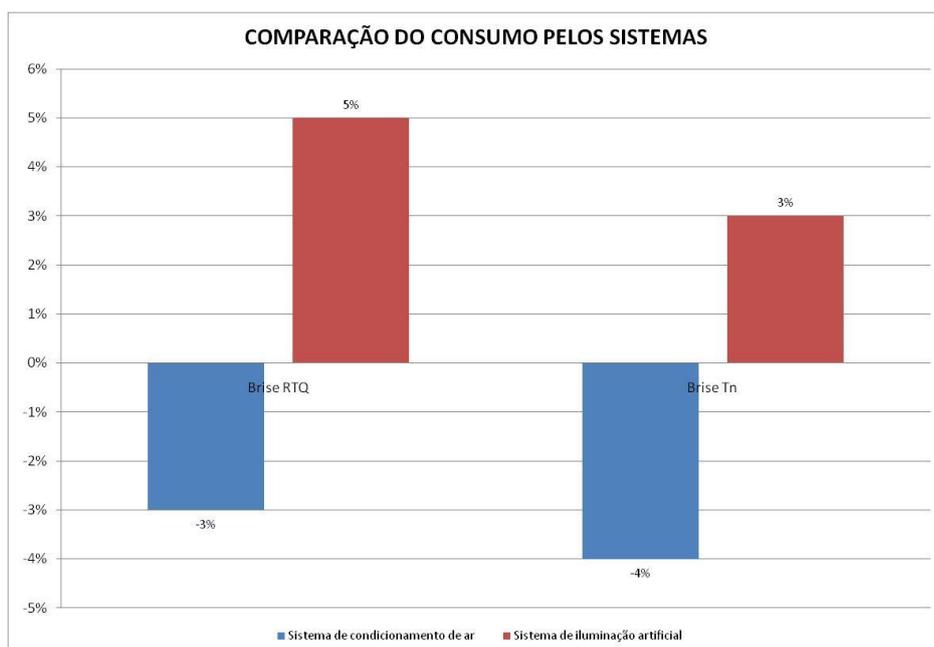
Pelo gráfico pode-se constatar que houve uma redução na disponibilidade de luz natural em todos os ambientes com brise, sendo esta redução mais significativa nas fachadas leste e norte. Para os ambientes “Brise RTQ” essa redução foi de 44,4%, enquanto que para ambientes “Brise Tn” foi de 62,2% em relação ao ambiente de referência. O modelo “Brise RTQ” apresentou, através de simulações um potencial de uso de iluminação natural no período de ocupação do ambiente de 90,2%. Já o modelo “Brise Tn” apresentou um potencial de 98%. Apesar da redução no segundo caso ser maior, ela não reflete no consumo de energia pelo sistema de iluminação artificial, uma vez que as proteções solares dimensionadas, segundo o método da Temperatura Neutra, permitem uma melhor distribuição da luz no ambiente em relação aos brises para se alcançar um IC mínimo, conforme mostram as iluminâncias médias dos ambientes exemplificadas na Figura 6.



**Figura 6** Níveis de iluminâncias dos modelos para as fachadas norte no solstício de verão às 12 hs: (a) modelo “Brise RTQ”; (b) modelo “Brise Tn”.



**Gráfico 4** Comparação no consumo de energia para cada um dos modelos com os brises RTQ e Tn.



**Gráfico 5** Comparação da redução do consumo de condicionamento de ar com o aumento do consumo pelo sistema de iluminação artificial.

De acordo com os Gráficos 4 e 5, as simulações mostraram que no caso do modelo “Brise RTQ” obtiveram uma redução do sistema de ar condicionado (3%) inferior ao aumento no consumo pelo sistema de iluminação artificial (5%). Já no protótipo Brise Tn a redução (4%) foi superior ao aumento (3%), apesar dos valores serem bem próximos.

## 5 CONCLUSÕES

Os resultados gerados a partir das simulações mostraram que em ambos os modelos com brises houve uma redução semelhante no consumo de energia pelo sistema de condicionamento artificial de ar, em torno de 3 a 4%. No entanto, já no que se refere ao consumo de energia pelo sistema de iluminação artificial, o brise dimensionado com o objetivo para atingir o IC mínimo, apresentou um consumo maior de energia (5%) por este sistema do que o brise Tn (3%), apesar dos níveis de iluminância obtidos nos primeiros serem superiores. Porém a distribuição das iluminâncias nos ambientes com o brise Tn mostrou-se mais favoráveis, auxiliando no aproveitamento da iluminação natural nestes ambientes.

Através da análise conjunta dos resultados pode-se concluir que a adaptação da proteção solar para cada caso em particular garante maior economia de energia, reduzindo a carga térmica recebida pela edificação, sem, no entanto, comprometer o aproveitando da luz natural, ao contrário dos brises RTQ em que há uma redução no consumo pela carga térmica, mas também um aumento no consumo de energia pelo sistema de iluminação artificial.

## 6 REFERÊNCIAS

BRASIL (2007) - Ministério das Minas e Energia. BEN - **Balço Energético Nacional – Ano Base 2006**, Brasília. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br>>. Acesso em 01 nov. 2007.

ELETROBRÁS. 2003: **Programa Procel Edifica**. Disponível em <<http://www.eletronbras.gov.br/ELB/procel/main.asp?ViewID=%7BF9A71E97-D6DA-4EB4-84DF-1097E8EC081D%7D>>, Acesso 15/dez/2007.

EUA, Lawrence Berkeley National Laboratory. **EnergyPlus Manual**. Berkeley: Lawrence Berkeley National Laboratory, 2004

LAMBERTS, R. **Avaliação do Mercado de Eficiência Energética no Brasil: Pesquisa Setor Comercial e Prédios Públicos – AT**. PROCEL- Eletrobrás 2007. Ecolatina 2007: slides sobre Eficiência Energética e Mudanças Climáticas. 2007. Disponível em: <[www.ecolatina.com.br/pdf/anais/Forum\\_construcao\\_sustentavel/RobertoLamberts.pdf](http://www.ecolatina.com.br/pdf/anais/Forum_construcao_sustentavel/RobertoLamberts.pdf)> , Acesso em: 15 dez. 2007

NBR 15220-3 - **Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social**. ABNT, 2005.

PROCEL. Disponível em: <<http://www.eletronbras.com/procel>>. Acesso em: 01 nov. 2007.

SANTOS, I. G. **Análise de envoltória e do sistema de iluminação a partir do “Regulamento Técnico da Qualidade para Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos” para avaliação de desempenho de sistemas de fachada e de proteções solares**. 2009. 146 f. . Dissertação (Mestrado em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.