



**EIXO TEMÁTICO:**

- Ambiente e Sustentabilidade     Crítica, Documentação e Reflexão     Espaço Público e Cidadania  
 Habitação e Direito à Cidade     Infraestrutura e Mobilidade     Novos processos e novas tecnologias  
 Patrimônio, Cultura e Identidade

## **Sombreamento e transferência de calor na envoltória da edificação**

*Shading and heat transfer through the building envelope*

*Protección solar y transferencia de calor en la envolvente del edificio*

LEDER, Solange Maria (1);

LIMA, Amanda V. Pessoa (2)

(1) Professora Doutora, Universidade Federal da Paraíba, UFPB, PPPGAU, João Pessoa, PB, Brasil; e-mail: solangeleder@yahoo.com.br

(2) Graduanda, Universidade Federal da Paraíba, UFPB, João Pessoa, PB, Brasil; e-mail: mandavieira@hotmail.com

## **Sombreamento e transferência de calor na envoltória da edificação**

*Shading and heat transfer through the building envelope*

*Protección solar y transferencia de calor en la envolvente del edificio*

### **RESUMO**

Diversos países têm adotado mecanismos reguladores do consumo de energia das edificações, no Brasil a classificação de desempenho energético das edificações pode ser realizada utilizando o Regulamento Técnico da Qualidade para Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C). Esse sistema de classificação é baseado na análise de três variáveis: o sistema de ar-condicionado, o sistema de iluminação natural e a envoltória, dentre essas, a envoltória é a variável ligada às decisões do arquiteto. Esse trabalho analisa a influência de variáveis relacionadas com a envoltória, mais especificamente, a absorvância (cor) e o sombreamento das superfícies externas, no desempenho térmico e energético da edificação. O método utilizado foi a simulação computacional, com o programa Design Builder. A partir dos resultados pode-se observar que o sombreamento pode resultar em desempenho superior à adoção de baixo coeficiente de absorção nas superfícies externas - sendo esta última uma recomendação obrigatória do RTQ-C para a obtenção do nível A e B. Os resultados evidenciam uma limitação no método prescritivo do regulamento, posto que o sombreamento é um item de pouca relevância.

**PALAVRAS-CHAVE:** Eficiência Energética, sombreamento, projeto

### **ABSTRACT**

*Many countries have adopted regulatory mechanisms in order to reduce the energy consumption of buildings. In the Brazilian case, the Technical Regulation on Quality for Energy Efficiency of Commercial, Public and Services Buildings (RTQ-C) is based on the analysis of three variables: air conditioning system, lighting system and envelope of the building. Considering building's envelope as a variable directly linked to architect decisions, this paper proposes the analysis of variables related to the envelope, more specifically, the absorption and shade of external surfaces. The research method was computer simulation, using the Design Builder software. From the results it can be seen that shading may outcome higher energy efficiency than using lightened colors on exterior surfaces. These suggest a limitation in the prescriptive method of the Brazilian regulation for energy efficiency of buildings, since shading elements are considered of little importance.*

**KEY-WORDS:** Energy Efficiency, shading, architectural design

### **RESUMEN**

*Muchos países han adoptado mecanismos de regulación con el fin de reducir el consumo energético de los edificios. En el caso brasileño, el Reglamento Técnico da Qualidade para Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) se basa en el análisis de tres variables: el sistema de aire acondicionado, el sistema de iluminación y la envoltura física del edificio. Teniendo en cuenta que la envoltura del edificio es una variable directamente relacionada con las decisiones del arquitecto, este trabajo se propone el análisis de las variables relacionadas con la absorvancia y la protección solar de las superficies externas. El análisis se realizó mediante simulación computacional, teniendo como herramienta el software Design Builder. De los resultados se puede observar que la protección solar puede resultar en una mayor eficiencia energética que el uso de baja absorvancia solar en las superficies exteriores. Estos sugieren una limitación en el método prescritivo de la reglamentación brasileña para la eficiencia energética de los edificios, ya que los elementos de protección solar tienen un papel poco relevante.*

**PALABRAS-CLAVE:** Eficiencia energética, protección solar, diseño

## 1 INTRODUÇÃO

O sombreamento é uma variável de considerável impacto na redução do consumo de energia e no aumento do conforto ambiental das edificações. Elementos como marquises, brises e beirais, ou mesmo o entorno (edificações vizinhas, vegetação e topografia) podem proporcionar sombreamento da edificação. O entorno arborizado pode resultar em redução de 5% do consumo de energia elétrica com ar-condicionado (DONOVAN; BUTRY, 2009), assim como, outras estratégias associadas ao controle da radiação solar, orientação favorável e baixa absorvância de fechamentos externos podem representar economia de até 25% (VENANCIO e PEDRINI, 2008; LIMA e PEDRINI, 2008). O sombreamento pode ainda proteger da chuva e dos ventos indesejáveis. Contudo, o excesso do mesmo pode trazer desvantagens como a redução de aproveitamento da iluminação natural nos ambientes internos e a perda do contato visual com o ambiente externo, sendo de extrema importância o planejamento do sistema de proteção solar, para que este não seja demasiado, nem, tampouco, excessivo. Para o dimensionamento dos elementos de proteção solar, métodos gráficos, como a máscara de sombra, permitem identificar períodos do ano (horas, dias) em que o ponto em análise estará recebendo radiação solar direta (OLGYAY, 1998; BITTENCOURT, 2004). Com o advento dos computadores pessoais, as ferramentas usuais para arquitetos e projetistas, como o Sketchup e Autocad, incorporaram aplicativos para o estudo do sombreamento de forma rápida e confiável (CORDEIRO, LEDER e CASTRO, 2010). Considerando programas mais específicos para estudos de adequação da arquitetura ao clima e conforto ambiental, destaca-se o programa Ecotect, que possui uma ferramenta (Solartool) direcionada para o estudo detalhado do sombreamento proporcionado por um determinado sistema de controle da radiação direta. Complementarmente, os softwares de simulação térmico-energética são ferramentas que possibilitam avaliações em relação ao impacto que um elemento de sombreamento pode exercer sobre conforto ambiental e, principalmente, no consumo de energia. Esses programas permitem a comparação entre diferentes soluções de projeto.

Em relação ao consumo de energia, sabe-se que as edificações são grandes consumidoras, principalmente na manutenção de condições internas adequadas ao conforto dos usuários. Objetivando reduzir o consumo de energia, programas de certificação energética das edificações foram introduzidos em vários países nas últimas décadas. Essa ação tem como consequência a introdução de uma nova geração edilícia – os edifícios “verdes” ou edifícios certificados energeticamente, associados a melhor qualidade ambiental interna, baixo impacto ambiental e menor consumo energético (Newsham, 2012). No Brasil, o Regulamento Técnico da Qualidade para Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos – RTQ-C, aprovado pelo INMETRO em fevereiro de 2009 (INMETRO, 2009), representa uma das ações da Eletrobrás que tem como objetivo a redução do consumo de energia elétrica nas edificações (FONSECA, COSTA E KRUGER, 2008). O regulamento apresenta duas metodologias para a classificação da eficiência energética de uma edificação: método prescritivo e método de simulação computacional. Em relação a variável sombreamento é importante destacar que o método considera apenas algumas variáveis nas aberturas. Conforme o manual do RTQ-C (ver Fig. 1), na classificação da envoltória deve-se atender a determinados pré-requisitos, os níveis mais altos têm requisitos mais restritos, dentre eles estão a transmitância térmica e a absorvância dos fechamentos. O RTQ-C pode ser aplicado tanto para projetos de edificações quanto para edificações existentes.

Edificações com elevado coeficiente de absorção não podem obter a classificação B ou C pelo método prescritivo, mesmo que os fechamentos verticais (opacos e transparentes) estejam sombreados. Como é o caso do edifício administrativo do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Esse edifício, nas condições atuais, só poderia obter classificação C para a obtenção do nível A, as superfícies externas da edificação, em concreto e tijolo maciço, aparente teriam que ser revestidas por um acabamento de baixa absorvância,

apesar da existência de um sistema de sombreamento (vertical e horizontal) que protege tanto os fechamentos transparente quanto opacos (LIMA, LEDER, 2010).

Quadro 1: Pré-requisitos do RTQ-C para a classificação da envoltória

Nível de eficiência	Transmitância térmica da cobertura e paredes exteriores	Cores e absorvância de superfícies
A	X	X
B	X	X
C e D	X	

Fonte: dados extraídos do RTQ-C, 2013

Considerando as questões anteriores, este trabalho tem como objetivo analisar o impacto, no desempenho energético, do uso do sombreamento nos fechamentos verticais de uma edificação. O desempenho energético resultante será confrontado com o desempenho obtido através do uso de baixa absorvância nas superfícies externas, atendendo ao requisito exigido no método prescritivo do RTQ-C.

## 2 MÉTODO

O desempenho energético do edifício em estudo foi obtido através de simulação computacional, utilizando o programa Design Builder. Dois modelos digitais (tridimensionais) foram construídos, o primeiro modelo reproduz a situação atual da edificação (Figura 1), que consiste em superfícies externas em tijolo aparente e um sistema de sombreamento do fechamentos vertical (paredes e aberturas). O segundo modelo (Figura 2) reproduz as principais características da edificação atual, porém duas alterações foram acrescentadas: a retirada do sistema de sombreamento das aberturas e das paredes externas e a adoção de um coeficiente de baixa absorção (0,4) na envoltória vertical opaca. O desempenho energético dessas duas soluções será comparado.

Como se trata de uma edificação térrea e o objetivo da investigação é a análise dos ganhos de energia através do fechamento vertical, o fechamento horizontal foi isolado. Evitando que o ganho de calor proveniente da cobertura superasse o ganho dos fechamentos verticais. O isolante térmico adotado na cobertura é em lã de vidro com 30 cm de espessura.

O Design Builder fornece relatórios de: consumo de energia (climatização, iluminação e equipamentos), desempenho térmico (trocas térmicas por paredes internas, externas, pisos, cobertas, forro dentre outros), ventilação (perdas térmicas por ventilação e taxa de renovação do ar), predição da temperatura do ar e da temperatura radiante média. A utilização do programa se divide em cinco etapas: a configuração do sítio (definição do local e escolha do arquivo climático), a construção da geometria, a configuração do modelo (ajuste de opções de modelagem e simulação), a modelagem (abas para modificação de dados) e a simulação. Após esses cinco passos se pode fazer a análise dos resultados. O arquivo climático utilizado, no formato epw, foi retirado do site [www.roriz.eng.br](http://www.roriz.eng.br), que fornece arquivos climáticos de cidades brasileiras. O local possui latitude de 7,08° e longitude de 34,00°.

A etapa de definição da geometria do edifício refere-se à construção do modelo de análise. Utilizando as ferramentas do programa, é possível modelar a edificação (comandos como linha, arco, partir, copiar e mover) e dividi-la em zona. As zonas são, posteriormente, detalhadas para que a simulação seja mais próxima do resultado real. É permitido importar a planta da edificação do AutoCad para o DesignBuilder, que facilita a modelagem. Geometrias como os brises foram feitos com os blocos do tipo “component block”. As demais geometrias foram feitas com a opção “Building block”.

Na terceira etapa determina-se a abordagem de análise e os níveis de detalhamento e complexidade das variáveis, a opção Building foi escolhida.

Na quarta etapa foram ajustados os horários em que a edificação é ocupada (horário comercial, funcionamento somente em dias de semana e outros detalhes como: o coeficientes de absorção de 85% para o tijolo aparente e 70% para o concreto aparente, fechamento externo com 11 cm de espessura, fechamentos transparentes com vidro horizontal contínuo, sistema de iluminação artificial composto de luminária de superfície apoiada e lâmpada fluorescente e, finalmente, o sistema de ar-condicionado do tipo Split. Os materiais adotados foram extraídos do banco de dados disponibilizado pelo programa. Na última etapa define-se o período de simulação e o intervalo de dados, dividiu-se as simulações nos 12 meses do ano, com dados diários.

Os resultados das simulações podem ser visualizados através de gráficos salvos como imagem no formato jpeg ou png, outra opção é a formatação dos dados em uma planilha do Excel.

Figura 1: Modelo base (1) com brises horizontais e verticais e revestimento externo em tijolo aparente

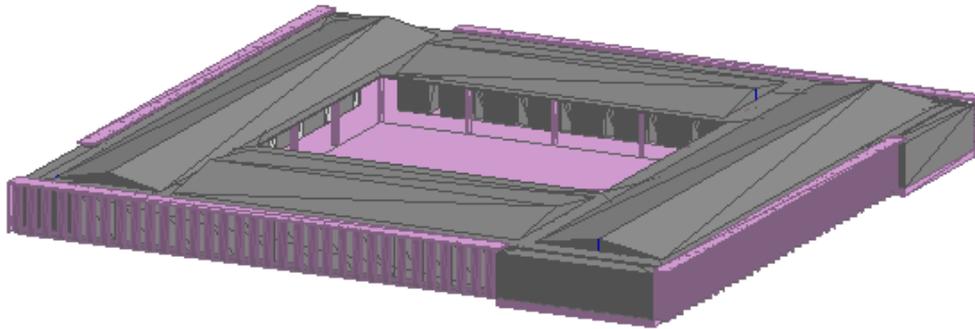
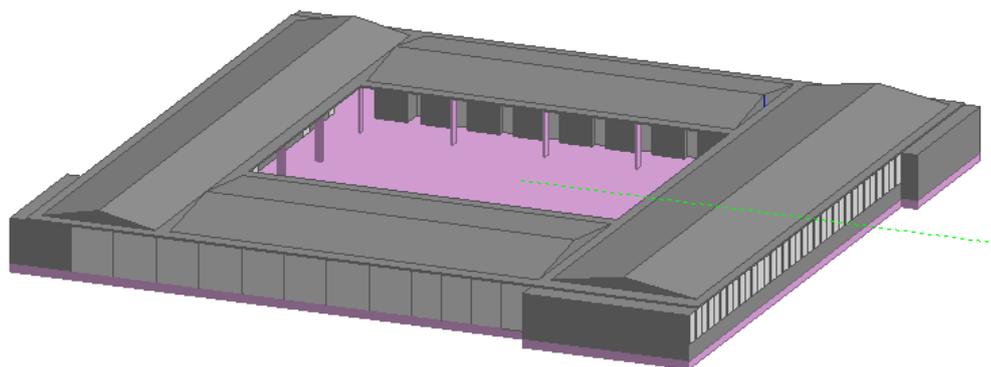


Figura 2: Modelo 2 com a retirada dos brises e a adoção de coeficiente de absorção de 0,4



### 3 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados dos dois modelos foram agrupados por variável dependente. Dentre as variáveis ambientais fornecidas pelo programa e utilizadas neste trabalho utilizou-se: a temperatura do ar e a temperatura operativa (a média das temperaturas médias radiantes e do ambiente, ponderadas pelos respectivos coeficientes de transferência de calor) com resultados em °C, apresentados nas figuras 03 a 08. O programa também disponibiliza resultados referentes ao

consumo energético do reservatório do ar condicionado e os ganhos solares nas janelas exteriores, para os quais foram construídos gráficos, correspondentes ao mês de julho e janeiro, apresentados nas figuras 09 à 12.

Comparando o desempenho do edifício com sombreamento e parede externa de tijolo aparente com o edifício sem sombreamento e paredes externas brancas, pode-se concluir que, em relação às variáveis analisadas o modelo com sombreamento apresenta desempenho superior. Nas figuras 3 e 4, referente aos meses de julho e janeiro, a temperatura do ar no modelo com sombreamento e paredes com tijolo aparente é frequentemente inferior àquela encontrada no modelo sem sombreamento e paredes externas de baixa absorção. Essa diferença é mais acentuada na condição de céu claro, como pode ser observado em janeiro (predominância de céu claro), onde a diferença da temperatura média do ar entre as duas edificações é maior.

Figura 3: Comportamento da temperatura do ar no mês de julho

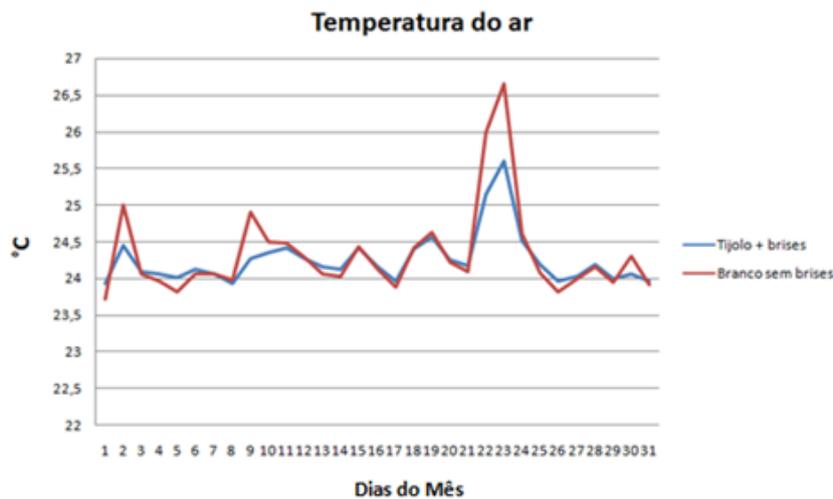
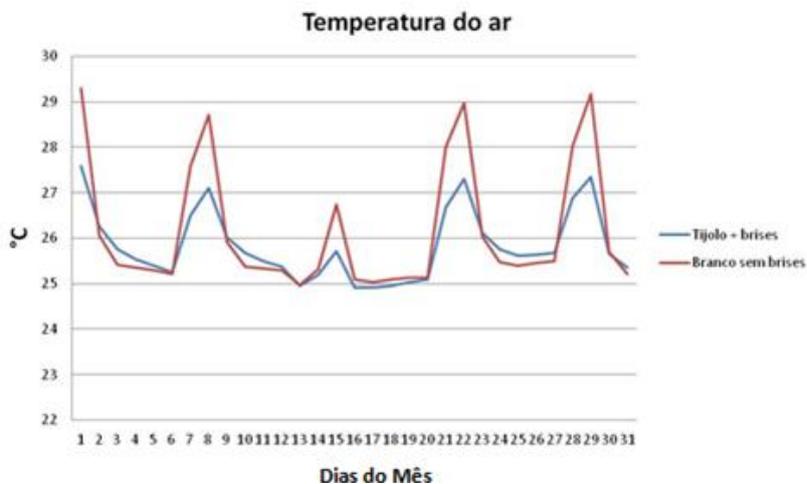


Figura 4: Comportamento da temperatura do ar no mês de janeiro



Quando a temperatura média do ar no modelo com sombreamento e parede com tijolo é superior ao modelo sem sombreamento (fechamento de baixa absorvância) a diferença não ultrapassa 0,3°C. Porém, quando a temperatura do ar no modelo com sombreamento (parede de tijolo maciço) é superior ao modelo sem sombreamento (fechamento de baixa absorvância) a diferença pode ser superior a 2°C. A temperatura média máxima no modelo com sombreamento é em torno de 27°C no verão e 25,5°C no inverno, enquanto no modelo sem sombreamento (fechamento de baixa absorvância) a temperatura média é superior a 29°C no verão e em torno de 26,5°C no inverno. Nas figuras 5 e 6 podem-se visualizar os resultados obtidos para a variável temperatura operativa. Observa-se que os valores observados no modelo com sombreamento e paredes com tijolo são superiores aos valores observados no modelo sem sombreamento e parede branca, com breves exceções no mês de julho. A diferença máxima entre o modelo sem sombreamento e parede branca pode chegar a 2°C.

Figura 5: Comportamento da temperatura operativa no mês de julho

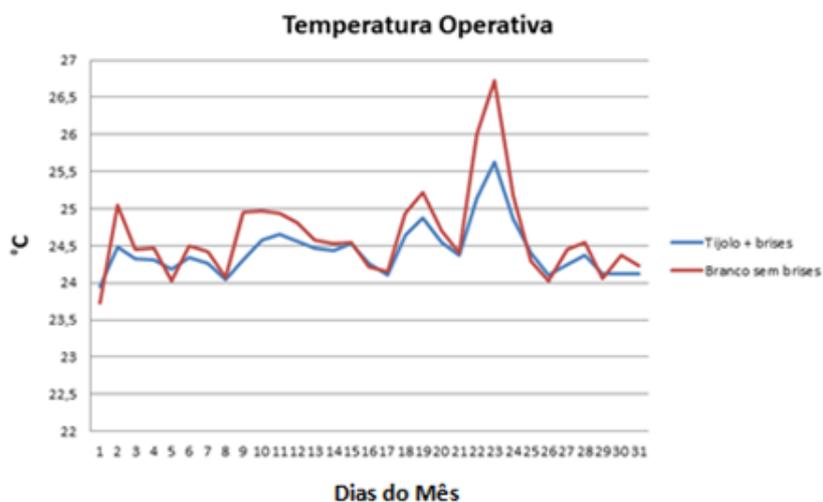
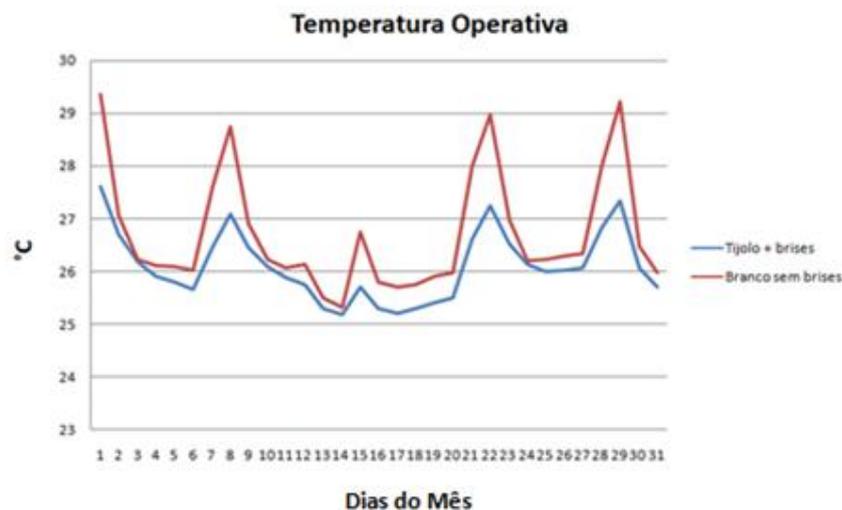


Figura 6: Comportamento da temperatura operativa no mês de janeiro

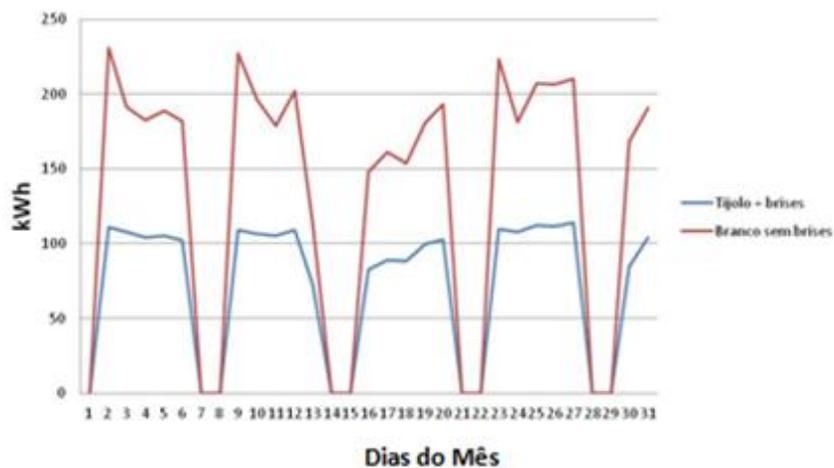


Outras variáveis que refletem a diferença de desempenho entre a edificação com e sem sombreamento são: o consumo energético do reservatório do ar-condicionado e o ganho solar dos fechamentos transparentes (Figuras 7 a 10), medidos em kWh. Tanto o consumo do ar-condicionado quanto o ganho solar dos fechamentos transparentes é superior no modelo com baixa absorvância e sem proteção solar. O máximo consumo de ar condicionado em julho para o modelo com proteção solar e tijolo aparente é em torno de 60 kWh em julho e 100 kWh em janeiro, enquanto no modelo sem proteção solar e baixa absorvância o valor máximo para o consumo de ar condicionado em julho é de 120 kWh e em janeiro de 225 kWh, ou seja, o dobro.

Figura 7: Consumo do ar-condicionado no mês de julho



Figura 8: Consumo do ar-condicionado no mês de janeiro



O ganho solar através dos fechamentos transparentes é, como esperado, notadamente superior no modelo sem proteção solar (Figuras 09 e 10). A diferença entre os dois modelos pode chegar à quase 200 kWh. O ganho solar no modelo com proteção solar em julho é em torno de

100 kWh e de 150 kWh em janeiro (céu claro). No modelo sem proteção solar o ganho solar é comumente superior a 250 kWh em julho, em janeiro o ganho solar é frequentemente superior a 300 kWh, ambos casos com algumas exceções. O ganho solar pelos fechamentos transparentes é a variável de maior impacto no desempenho das edificações analisadas.

Figura 09: Ganho solar nos fechamentos transparentes no no mês de julho (kWh)

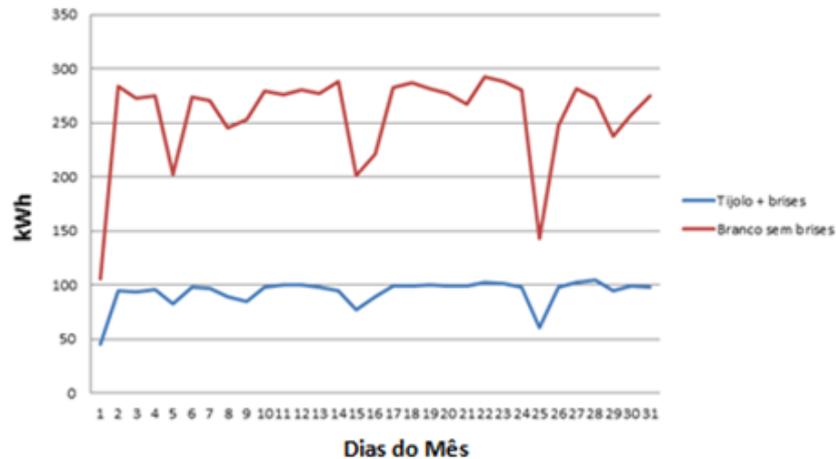
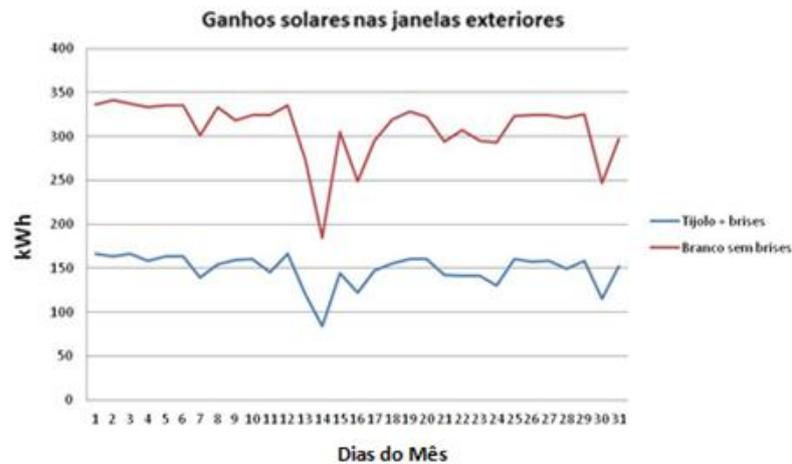


Figura 10: Ganho solar nos fechamentos transparentes no no mês de janeiro (kWh)



## 5 CONCLUSÕES

O uso de baixa absorvância nos fechamentos externos não é a única solução, e nem sempre a melhor, para a redução do ganho de calor nas edificações. Porém, no método prescritivo do RTQ-C, edificações que não atendem a esse item não podem obter a classificação A e B. O edifício, objeto de estudo neste trabalho, simula uma edificação que possui sombreamento com elementos verticais e horizontais, entretanto, possui um alto coeficiente de absorção nas

paredes externas (tijolo maciço). O desempenho da envoltória dessa edificação foi comparado com o desempenho da mesma edificação sem o sistema de sombreamento e com paredes externas de baixa absorvância. Observou-se então, que as temperaturas internas e o gasto energético do modelo com sombreamento e tijolo maciço foram inferiores aos resultados obtidos com o modelo sem sombreamento e paredes brancas, tanto no inverno (período de chuvas) quanto no verão. A envoltória da edificação é a variável de domínio do arquiteto, impor a adoção de cores claras nas superfícies externas é limitar o uso de alternativas arquitetônicas que podem, também, resultar em um bom desempenho. O sombreamento ou proteção solar é tratado de forma marginal no método prescritivo do RTQ-C, os elementos de proteção são considerados apenas em relação à abertura e o uso é opcional. Além disso, a utilização extensiva de baixo coeficiente de absorção nas superfícies da envoltória dos edifícios, apesar dos inegáveis benefícios, resulta em um ambiente externo extremamente desconfortável, tanto térmico quanto lumínico. Os estudos em conforto ambiental tem tido esse viés – o interior dos edifícios como principal objetivo, desconsiderando o impacto no espaço externo.

### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq/Pibic pela concessão de bolsa de iniciação científica e a colaboração da bolsista Sibelle V. Dias Cruz.

### REFERÊNCIAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Desempenho térmico de edificações*, NBR 15220-1. Rio de Janeiro, 2005.
- DONOVAN, G. H.; BUTRY, D. T. The value of shade: Estimating the effect of urban trees on summertime electricity use. *Energy and Buildings*. London: Elsevier, v.41, p. 662-668, 2009.
- FONSECA, S. D.; COSTA, A. S.; KRUGER, E. L. Aplicação da regulamentação de etiquetagem voluntária de nível de eficiência energética em salas de aula da UTFPR. In: *Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído*, 12., 2008, Fortaleza. Anais...Fortaleza: ANTAC – Associação Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído, 2008.
- LIMA, G. L. F.; PEDRINI, A. Influência de decisões arquitetônicas sobre o desempenho energético de hotéis no clima quente e úmido da cidade de Natal/RN. In: *Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído*, 12., 2008, Fortaleza. Anais...Fortaleza: ANTAC – Associação Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído, 2008.
- OLGYAY, V. *Arquitetura y clima: Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 1963.
- VENÂNCIO, R.; PEDRINI, A. Influência de decisões arquitetônicas na eficiência energética de edificações do campus/UFRN. In: *Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído*, 12., 2008, Fortaleza. Anais...Fortaleza: ANTAC – Associação Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído, 2008.
- LEDER, S. M.; LIMA, E. F. C. Aplicação do Regulamento Técnico da qualidade para eficiência energética de edifícios em um estudo de caso no Campus da UFPB. In: *Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído*, 12., 2010, Canela. Anais...Canela: ANTAC – Associação Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído, 2010.
- NEWSHAM, G. R., Birt, B. J., Arsenault, C., Thompson, A. J. L., Veitch, J. A., Mancini, S., Galasiu, A. D., Gover, B. N., Macdonald, I. A. & Burns, G. J. (2012). Do Green Buildings Outperform Conventional Buildings? Indoor Environment and Energy Performance in North American Offices. Research Report RR-329, National Research Council Canada (Ottawa).
- VENÂNCIO, RAONI. Treinamento para o Design Builder VERSÃO 2.0. Natal.
- Procel Edifica/ Eletrobrás, Manual de Aplicação do Regulamento Técnico da Qualidade – RTQ-C Volume 4, 2012.
- CORDEIRO, A.; LEDER, S.; CASTRO, A. A precisão das ferramentas informatizadas de modelagem 3D na representação da sombra em modelos virtuais. In: *Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído*, 12., 2010, Canela. Anais...Canela: ANTAC – Associação Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído, 2010.