



6 a 8 de outubro de 2010 - Canela RS

**ENTAC 2010**

XIII Encontro Nacional de Tecnologia  
do Ambiente Construído

## **AVALIAÇÃO NUMÉRICA DO DESEMPENHO TÉRMICO DO PRÉDIO SEDE DA PREFEITURA MUNICIPAL DE MARIANA - MG**

**Élen Silva Ataíde(1); Henor Artur de Souza(2)**

(1)Arquiteta, MSc. - Universidade Federal de Ouro Preto, DECAT/EM, UFOP - Ouro Preto, Minas Gerais, Brasil, e-mail: elenataide@hotmail.com

(2) Prof. do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Escola de Minas – Universidade Federal de Ouro Preto-UFOP, Brasil - henor@ufop.br

### **RESUMO**

Em Minas Gerais as edificações estruturadas em aço vêm ganhando espaço, no âmbito da construção civil, em função da oferta de matéria prima e dos incentivos gerados pelas empresas do setor siderúrgico. Em Mariana-MG, na década de 80 algumas edificações estruturadas em aço e de relevância municipal, foram implantadas e dentre essas edificações encontra-se a sede da Prefeitura Municipal. Nesse trabalho faz-se uma avaliação do desempenho térmico do edifício sede da Prefeitura Municipal de Mariana, construção estruturada em aço, que apresenta problemas de conforto térmico aos seus usuários, principalmente nos períodos de verão, devido às altas temperaturas internas. Utiliza-se o programa computacional *EnergyPlus* para a realização das simulações com ênfase em análise térmica, considerando ventilação natural. São propostas algumas estratégias arquitetônicas para a melhoria do desempenho térmico da edificação. Essas estratégias proporcionam uma redução da radiação solar direta incidente no interior dos ambientes, e correspondem à substituição da cobertura em policarbonato existente por telha em cerâmica e/ou telha metálica tipo sanduíche e também a colocação de brises nas fachadas. Com os resultados obtidos observa-se que as estratégias proporcionam uma melhoria no desempenho térmico da edificação em torno de 25 a 35%, em relação à configuração arquitetônica atual.

**Palavras-chave:** Desempenho térmico, simulação numérica, ventilação natural, conforto térmico.

## **1. INTRODUÇÃO**

No Brasil, o uso do aço na Arquitetura e na Construção civil vem se expandindo ao longo dos anos. Até a década de 70, as construções metálicas eram restritas basicamente a instalações industriais na configuração de galpões. Só a partir de meados dos anos 80, começou-se a utilizar a estrutura metálica em maior escala. Atualmente, está ocorrendo uma expansão de novas tecnologias construtivas em função do mercado, pois cada vez mais há uma busca de sistemas alternativos que aumentem a produtividade, diminuam o prazo de obra e eliminem o desperdício, e dentre elas destaca-se a construção estruturada em aço (MORAES, 2000).

Hoje em dia, grande parte da construção em aço no Brasil está presente em grandes obras e muitas delas são empreendimentos de padrão elevado, onde o prazo para execução é essencial, justificando a escolha do sistema estrutural e o custo da obra. Geralmente são construções destinadas ao uso institucional, como edifícios públicos (prefeituras, fóruns, câmaras municipais), edifícios com fins comerciais como hotéis, bancos, aeroportos e supermercados e edifícios com fins para saúde e educação.

A adoção do processo construtivo industrializado, como o aço, implica no conhecimento de sua tecnologia, e a falta desse conhecimento pode implicar na escolha de sistemas incompatíveis gerando futuras patologias e problemas no desempenho térmico da edificação. Desse modo, após a escolha da estrutura, deve-se realizar um estudo acerca dos tipos de fechamentos, coberturas dentre outros elementos de fechamento, avaliando suas propriedades termo-acústicas, além da sua viabilidade com a estrutura e com o custo da obra.

Nesse trabalho faz-se uma avaliação do desempenho térmico do edifício sede da Prefeitura Municipal de Mariana, construção estruturada em aço, que apresenta problemas de conforto térmico aos seus usuários. Após um estudo de avaliação pós-ocupação realizada nesse edifício (ROCHA, 2007), foi constatado que a edificação apresenta altas temperaturas internas principalmente nos períodos de verão. Foram propostas estratégias arquitetônicas com intuito de minimizar a temperatura interna, como a substituição do polycarbonato da cobertura por telha metálica tipo sanduíche e também a colocação de brises nas fachadas.

## **2. SISTEMAS DE COBERTURA E PROTEÇÃO SOLAR**

### **2.1 Cobertura em Telha Metálica Tipo Sanduíche**

O sistema de cobertura de uma edificação tem como objetivo fechar a construção, protegendo o seu interior das intempéries. Durante a fase do projeto da cobertura, é importante ter cuidado no desenvolvimento da forma do telhado e na escolha do tipo do material que compõem as telhas. De acordo com Hertz (1998), o telhado é a área mais exposta ao sol e é durante o dia que há uma grande variação de energia interna nessa parte da construção, sendo necessário evitar que o calor chegue ao interior da edificação.

Com relação ao material que compõem as telhas, deve-se ter a preocupação em escolher um material com baixo índice de transmitância térmica, com propriedades termo-acústicas ou com películas refletoras para minimizar os ganhos de calor no interior da edificação. No mercado existem telhas metálicas comuns que além de possuírem alta transmitância térmica causam bastante ruído e as telhas metálicas do tipo sanduíche, mais eficientes, em que as duas faces externas são feitas em aço zincado pré-pintado em cores claras ou em alumínio e o núcleo central que pode ser feito em EPS (poliestireno expandido), em PUR (espuma de poliuretano), em PIR (poliisocianurato) ou em LDR (lã de rocha). As telhas do tipo sanduíche têm sido muito utilizadas, por possuírem baixa transmissão termo-acústica, além de ser um material de fechamento acessível a grandes e pequenas obras.

## **2.2 Proteções Solares**

O uso de protetores solares pode diminuir o impacto direto da radiação solar dentro da edificação, contribuindo para melhor distribuição da luz no interior dos ambientes. O desempenho satisfatório das proteções solares é influenciado basicamente por três fatores, a saber: a refletividade do material empregado e sua cor; a localização do elemento de proteção, pois se estiver mal posicionado possibilita a entrada da radiação e a convecção do calor para o interior do edifício, e a eficiência do método de proteção escolhido (OLGYAY; OLGAY, 1963; LOURA, 2006).

Podem-se ter várias estratégias para a elaboração de uma proteção solar eficiente. O ideal é que na fase do desenvolvimento do projeto já se tenha uma preocupação com a orientação da edificação e o posicionamento das aberturas. De acordo com Silva (2007), o uso de elemento de proteção solar externo e interno como varanda, marquise, sacada, brise-soleil vertical, brise-soleil horizontal, brise-soleil de composição de placas verticais e horizontais (mistos), telas especiais, toldos, cortinas e persianas, elementos vazados, pérgulas, vidros reflexivos e vegetação, podem ser usados como estratégias para se obter boa iluminação e ventilação sem ganhos excessivos de calor. A escolha do tipo de dispositivo mais adequado para o local (vertical, horizontal, mista, fixa ou móvel) deve levar em consideração a sua orientação solar além de aspectos como visibilidade, luminosidade e custos.

## **3. AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFICAÇÕES**

### **3.1 Simulação Térmica da Edificação**

O uso da simulação térmica e energética de edificações tem sido muito utilizado por arquitetos e engenheiros, como ferramenta de auxílio para dimensionamento de sistemas de ar condicionado, estudos de retrofit e cálculo de transferência de calor através de sistemas construtivos e pelo solo, permitindo a avaliação de diversos materiais disponíveis no mercado da construção civil em diversas localidades nas quais existam dados climáticos disponíveis (BATISTA; LAMBERTS; WESTPHAL, 2005).

Nesse trabalho utiliza-se o programa *EnergyPlus* com ênfase em análise térmica. Considera-se um dia típico de verão, já que as pesquisas de pós-ocupação realizadas nessa edificação apontaram maior desconforto aos usuários durante o período de verão. Foram utilizados dados climáticos da cidade de Belo Horizonte devido à dificuldade de obter dados climáticos da cidade de Mariana. O dia típico de verão para a cidade de Belo Horizonte é considerado dia 02 de fevereiro e foi obtido pela metodologia apresentada por Akutsu (1998) considerando um intervalo de dados de 10 anos.

Na realização da avaliação do desempenho térmico de uma edificação ventilada naturalmente, por meio da simulação numérica deve seguir as etapas apresentadas no fluxograma mostrado na figura 1.

Como critério de avaliação para conforto humano, foi adotado a norma ASHRAE 55: 2004, considerando a faixa de temperatura de conforto compreendida entre 19°C e 28°C, adotando-se o limite superior como limite para avaliação dos resultados.

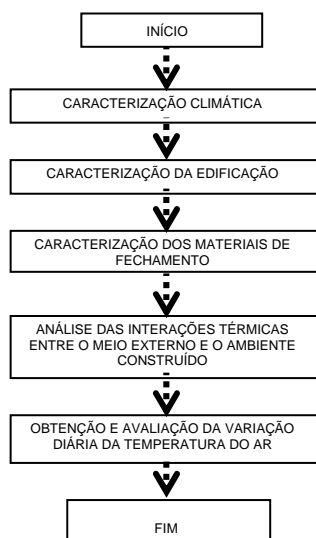


Figura 1 – Fluxograma dos principais elementos para a simulação numérica de uma edificação ventilada naturalmente.

Fonte: adaptado de AKUTSU, 1998.

### 3.2 Estudo de Caso: Prédio Sede da Prefeitura Municipal de Mariana

O prédio possui dois pavimentos, nos quais se localizam as recepções e as salas de trabalho. O pé direito do 1º pavimento é de 3,15 m e do 2º pavimento é de 3,30 m. As envoltórias internas e externas são constituídas de alvenaria, com tijolo cerâmico, cuja espessura é de 15 cm. As paredes são revestidas em ambos os lados com 2 cm de argamassa, pintadas com tinta látex, sendo as faces externas pintadas na cor azul claro e as faces internas pintadas na cor amarelo claro. As esquadrias são feitas em perfis leves, conhecidos como metalon, pintadas na cor branca, preenchidas com vidro simples. As aberturas são, na maioria, janelas de correr e algumas portas de acesso ao edifício. As portas internas são feitas em madeira compensada do tipo prancheta. O piso do edifício é de granilite na cor cinza, e o forro é feito com o material PVC, na cor branca. A laje do 1º pavimento é do tipo pré-moldada e no 2º pavimento não há laje (Figura 2).

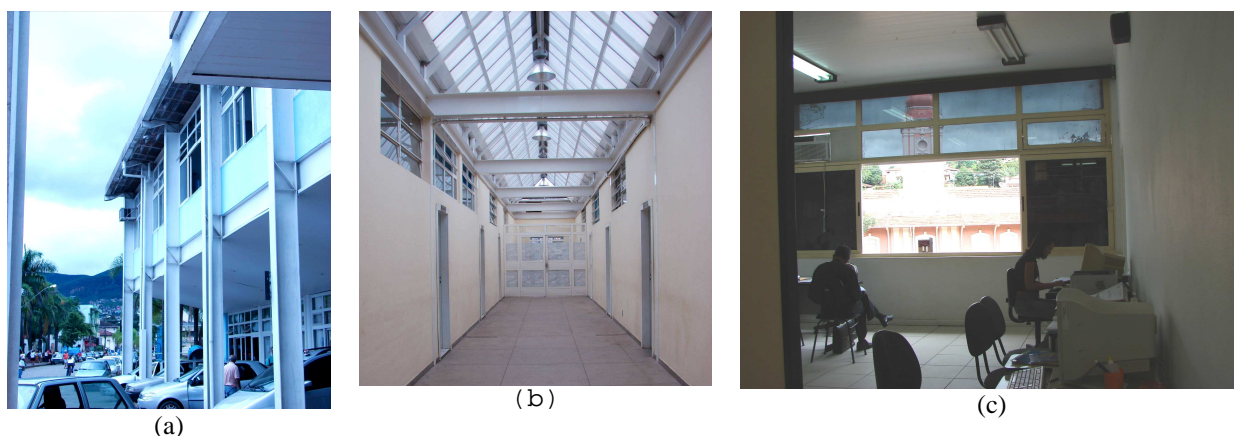


Figura 2 – Fotos (a) fachada frontal; (b) corredor central; (c) interior da sala 23.

A cobertura é feita com telhas cerâmicas em grande parte do edifício. Nos corredores e na recepção do 2º pavimento, a cobertura é feita em policarbonato transparente. Há um beiral em todo o entorno do prédio, sendo a única proteção para as aberturas. Devido à grande incidência de radiação solar através da cobertura de policarbonato, foram instaladas algumas lonas, revestidas em alumínio, abaixo dessa cobertura, para minimizar a entrada de calor no ambiente interno (Figura 3).



Figura 3 – Prefeitura de Mariana - Hall do segundo pavimento (cobertura em policarbonato com lonas revestidas em alumínio polido).

Para a simulação do objeto em estudo, as zonas térmicas ficaram limitadas aos ambientes de trabalho (vários cômodos pertencentes ao mesmo ambiente de trabalho, divididos por divisórias com altura inferior ao pé direito) totalizando 33 zonas, além das zonas formadas pelo ático pertencente à cobertura. A zona térmica apresentada nessa pesquisa refere-se à zona 23, que está situada no segundo pavimento da edificação com orientação solar voltada para a região nordeste (Figura 4).

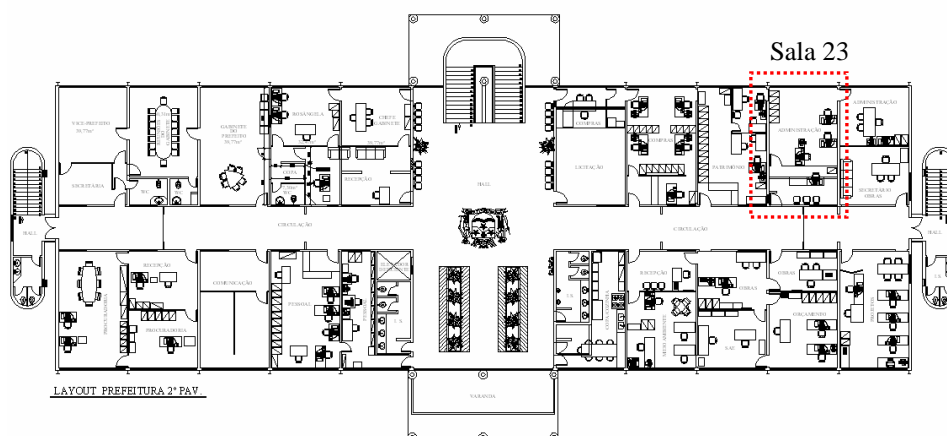


Figura 4 – Planta Baixa do 2º pavimento

A rotina de ocupação da edificação em estudo foi considerada o horário de funcionamento da Prefeitura, de 8 a 18 h. Como ganhos de calor interno foram considerados os equipamentos (computadores), iluminação com lâmpadas fluorescentes e os ocupantes (funcionários) em cada sala.

## 4. RESULTADOS

Os resultados apresentados evidenciam a temperatura interna e o parâmetro graus.horas, que representa a diferença da temperatura resultante com a temperatura máxima estabelecida para a faixa de conforto de 28 °C, segundo a norma ASHRAE 55: 2004.

#### 4.1 Colocação de Brises nas Fachadas - Estratégia 1

Propõe-se a colocação de brises nas fachadas com intuito de minimizar a incidência de radiação solar no interior da edificação (estratégia 1) (Figura 5). Foram feitos estudos com máscara de sombra para as fachadas leste e oeste, que são fachadas críticas de incidência solar, considerando os meses e os horários mais quentes do ano. Por meio da máscara de sombra foi escolhido o ângulo de 30°, com dispositivo de sombreamento vertical, tanto para a fachada leste quanto a oeste, pois foi a melhor situação para o sombreamento total e parcial nos meses e horários críticos (meses de verão com horários a partir das 16 h para fachada oeste e a partir das 8 h para a fachada leste). Nas figuras 6 e 7 apresenta-se a temperatura interna e os graus.horas necessários para o resfriamento do ambiente.

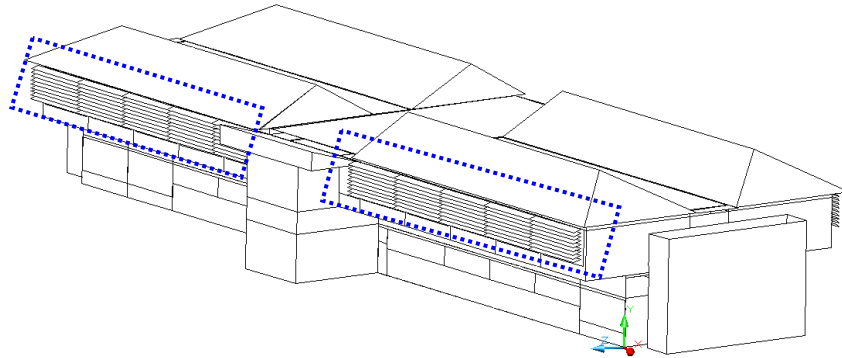


Figura 5—Brises nas fachadas leste e oeste.

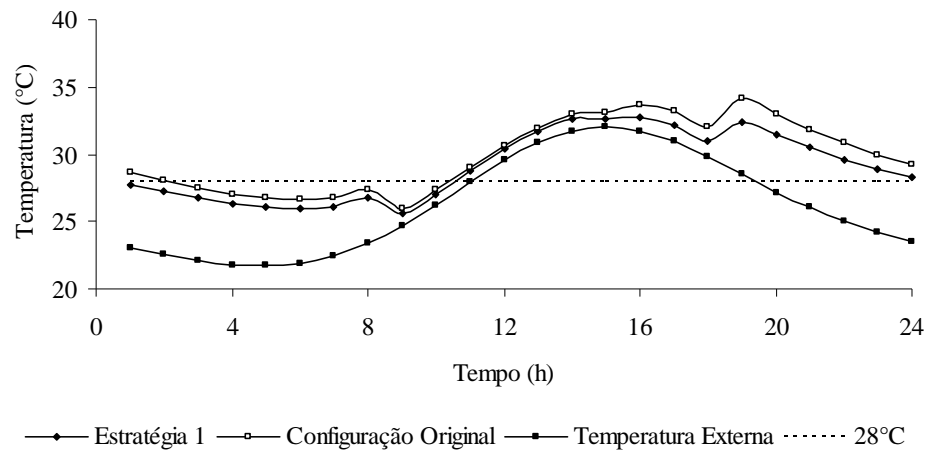


Figura 6 – Temperaturas interna (zona 23) e externa

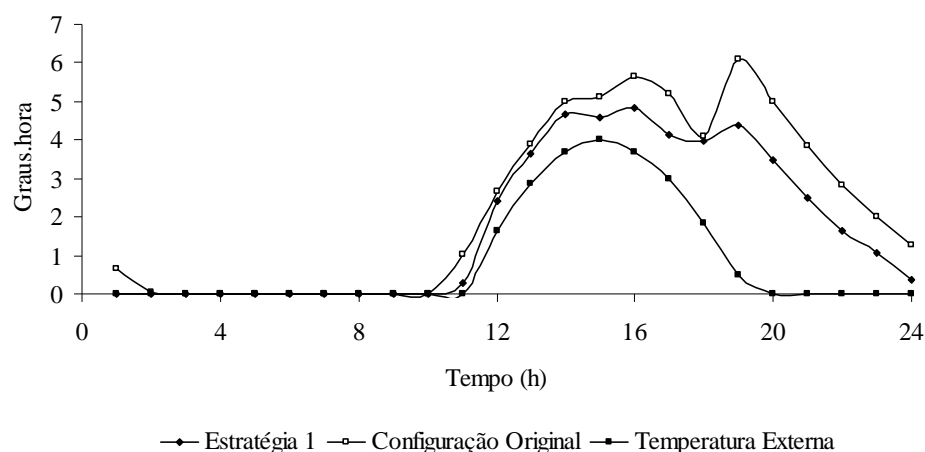


Figura 7 – Graus.horas necessários para o resfriamento do ambiente (zona 23)

Pode-se observar (Figura 6) que a presença da proteção solar diminuiu a temperatura interna, com redução de temperatura no horário das 16 h (horário em que a temperatura é máxima para o período de ocupação) em torno de  $1,0^{\circ}\text{C}$ . Observa-se pelos resultados mostrados nas figuras 6 e 7 um desempenho satisfatório da estratégia 1 reduzindo os graus.hora, necessários para resfriamento do ambiente, em média de  $4,0^{\circ}\text{C.h}$ , durante o período de ocupação dos ambientes (horário de trabalho dos ocupantes). Comparando a estratégia 1 com a configuração original, a redução de graus.horas foi em torno de 25%.

#### 4.2 Substituição da cobertura em policarbonato por telhas metálicas do tipo sanduíche – Estratégia 2

Propõe-se a estratégia 2, substituição da cobertura em policarbonato por telhas metálicas com isolamento termo-acústico preenchidas com poliuretano, com intuito de reduzir a incidência de radiação solar no interior da edificação (Figura 2 (b)). Nas figuras 8 e 9 apresenta-se a evolução da temperatura interna e os graus.horas necessários para o resfriamento do ambiente.

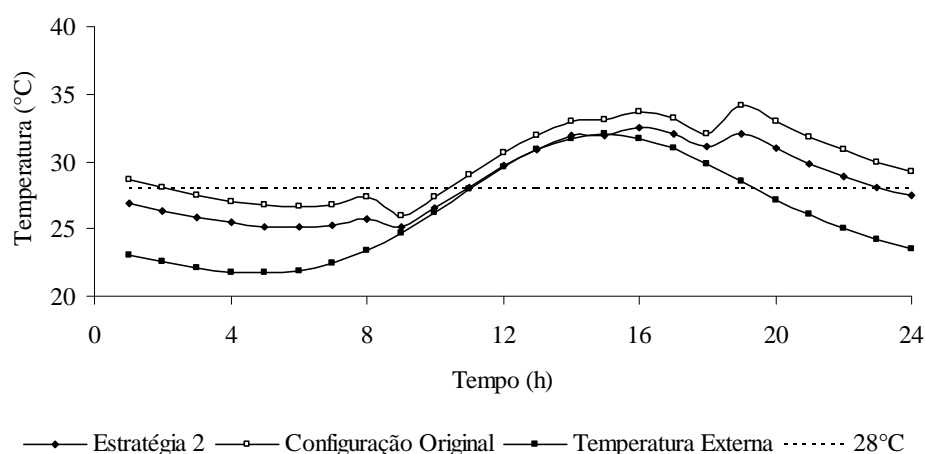


Figura 8 – Temperaturas interna (zona 23) e externa

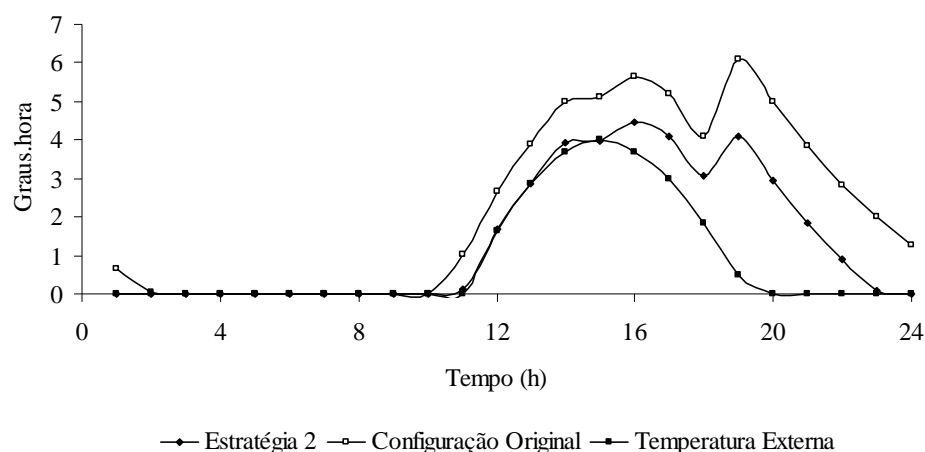


Figura 9 – Graus.horas necessários para o resfriamento do ambiente (zona 23)

Pode-se observar (Figura 8), que o uso de telhas isolantes no corredor central, contribuiu para redução da temperatura do ar interna, com valores de redução aproximados no período onde as janelas estavam sempre abertas nos horários de 8 h às 18 h, cujo valor foi em média 1,1°C, e no período do expediente de trabalho cuja temperatura interna é mais elevada a redução foi em média de 1,5°C. Na figura 9, pode-se observar pelos resultados apresentados que houve queda nos valores de graus.hora quando há substituição da cobertura de policarbonato por telhas isolantes. A redução entre a estratégia 2 utilizada e a configuração original foi de 1,8°C.h, ou seja, houve uma redução em torno de 31% dos graus.hora necessários para resfriamento do ambiente.

## 5. CONCLUSÃO

Pode-se concluir que as estratégias arquitetônicas, colocação de brises nas fachadas leste e oeste (estratégia 1) e substituição da cobertura em policarbonato por telhas isolantes (estratégia 2), que interferem diretamente na redução da radiação solar direta, apresenta um bom desempenho térmico, resultando no menor somatório de graus.hora necessários para o resfriamento do ambiente (zona 23). A redução da área de policarbonato na cobertura e o sombreamento das fachadas leste e oeste nos horários de temperatura elevada contribuíram para redução em média de 28% de graus.horas quando comparado com a configuração original. O uso de telhas metálicas isolantes apresentou melhores resultados em comparação ao uso de brises nas fachadas, com redução em torno de 31% de graus.horas. Além disso, a aplicação dessa estratégia não oferece custos elevados, pois é uma estratégia de fácil aplicação no local e minimiza o uso de ventiladores e ar condicionado.

## 6. REFERÊNCIAS

- AKUTSU, Maria. **Método para avaliação do desempenho térmico em edificações no Brasil**. 1998. 156 f. Tese (Doutorado em Arquitetura) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.
- AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS. **Thermal environment conditions for human occupancy**. ASHRAE 55: 2004. New York. USA, 2004.
- BATISTA, J. O.; LAMBERTS, R.; WESTPHAL, F. S. **Avaliação de desempenho térmico de componentes construtivos utilizando o EnergyPlus**. In: ENCAC-ELACAC 2005, 10, 2005, Maceió. *Anais...* Maceió: ENCAC-ELACAC 2005, 2005. p. 145 -154.



HERTZ, John B. **Ecotécnicas em arquitetura: como projetar nos trópicos úmidos do Brasil**. São Paulo: Pioneira, 1998.

LOURA, Rejane Magiag. **Procedimento de identificação de variáveis e análise de sua pertinência em avaliações termo-energéticas de edificações**. 2006. 212 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Técnicas Nucleares) – Escola de Engenharia da UFMG, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

MORAES, Flávia Rosindo de. **Uma contribuição ao estudo de projeto de empreendimentos em construção metálica – uma visão segundo a nova filosofia de produção**. 2000. 220 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2000.

OLGYAY, Victor; OLGYAY, Aladar. **Design with climates: bioclimatic approach to architectural regionalism**. Princeton: 1963. 190p.

ROCHA, Marcus Vinícius Marques Rocha. **Avaliação pós – ocupação de edifício institucional estruturado em aço – o caso da sede da Prefeitura Municipal de Mariana, MG**. 2007. 114 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Programa de Pós-Graduação em Construção Metálica, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2007.

SILVA, Joene Saibrosa. **A eficiência do brise-soleil em edifícios públicos de escritórios: estudo de caso no plano piloto de Brasília**. 2007. 161 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

## **7. AGRADECIMENTOS**

Os autores gostariam de agradecer a FAPEMIG e Fundação Gorceix pelo apoio.