



## **CONFORTO TÉRMICO EM SALAS DE AULA: MEDIÇÕES *IN LOCO* E SIMULAÇÕES EM *SOFTWARE***

**Rosana Bacicheti Gonçalves (1); Paula Sardeiro S. Vanderlei (2); Paulo Fernando Soares (3)**

(1) Arquiteta, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Eng. Urbana, robacicheti@gmail.com.br

(2) Doutora, Professora do Departamento de Engenharia Civil (UEM), pssvanderlei@uem.br

(3) Doutor, Professor do Departamento de Engenharia Civil (UEM), paulofsoares@gmail.com

Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Engenharia Civil

Maringá - PR, 87020-900, Tel.: (44) 3011-4040

### **RESUMO**

Esta pesquisa trata da avaliação do conforto térmico de três salas de aula da Universidade Estadual de Maringá. Teve por objetivo investigar as condições de conforto térmico, por meio de medições *in loco*, e avaliar estratégias de condicionamento passivo em simulações no *software Design Builder*. Na primeira etapa, foram coletadas variáveis térmicas em cada sala para que fossem obtidos dados de PMV, que foram confrontados com as sensações e preferências relatadas pelos usuários nos questionários aplicados. Na segunda etapa, foi comparado o modelo tridimensional baseado nas características da sala 102, do bloco C34, com o mesmo modelo adicionado de *brises* horizontais e verticais, somente *brises* verticais e com modificação do vidro incolor de 3 mm original para o vidro verde de 6 mm. As conclusões evidenciaram que o conforto dos usuários pode ter sido influenciado pelos diferentes aspectos do entorno de cada sala de aula. A sala 102, do bloco D67, foi a que se apresentou menos confortável. Foi verificado também que todos os outros modelos com opções alternativas de controle solar foram mais eficazes que o modelo original, sendo que o modelo com proteção solar horizontal e vertical foi o que demonstrou maiores índices de conforto.

**Palavras-chave:** Conforto térmico; Simulações computacionais; Salas de aula.

### **ABSTRACT**

Current research evaluates the thermal comfort in three classrooms in the State University of Maringá, Maringá PR Brazil, and investigates thermal conform conditions by *in loco* measurements coupled to strategies of passive conditioning by *Design Builder* software. Thermal variables from each classroom were first collected for PMV data which were later compared with the feelings and preferences of users provided by the questionnaires. The second stage compared a 3-dimension model based on the characteristics of Room 102 of Block C34 with the same model, to which were added horizontal and vertical brises and the replacement of non-colored 3-mm glass panes by 6-mm green panes. Results showed that the users' comfort may have been affected by different aspects of each classroom surroundings. Classroom 102 of Block D67 exhibited the lowest comfort rate. All the other models with solar control alternative options were more efficient than the original one. In fact, the horizontal and vertical solar protection model provided the highest comfort index.

**Keywords:** thermal comfort; computer simulations; classrooms.

# 1 INTRODUÇÃO

Por se tratar de um ambiente onde há a permanência de pessoas durante um longo período, as salas de aula têm sido alvo de pesquisa na área científica em relação ao conforto dos usuários. Um ambiente escolar adequado pode trazer benefícios psicológicos, físicos e educacionais na vida dos usuários e para que ele se efetive em relação ao projeto arquitetônico, devem ser estudadas estratégias construtivas que visem o condicionamento passivo desde a etapa de implantação do edifício.

Em sua metodologia em busca de alternativas “ideais” para a implantação de uma edificação num dado terreno, tendo em vista o conforto ambiental, Alucci (2008) listou quatro aspectos principais que guiarão tal procura em relação ao conforto térmico e lumínico: as condições de exposição; o entorno construído; as características construtivas da edificação e o programa e o uso. Fica evidente assim o conjunto de propriedades arquitetônicas que pode contribuir para a obtenção do conforto dentro dos ambientes.

Como ilustração, Ghisi e Tinker (2005) relatam que, em grandes áreas de janelas, há a tendência de penetrar uma maior quantidade de luz natural no ambiente, o que pode provocar o desconforto nos usuários, por conta do aquecimento provocado devido ao excesso de iluminação. Sardeiro (2007) também ressalta que os resultados de alguns estudos relacionando a área envidraçada da janela com a área da fachada apontaram que quando esse coeficiente ultrapassa 50%, há a influência direta das aberturas no desempenho energético do ambiente. Por esse motivo, em climas com luz natural incidente abundante, é conveniente que se integrem elementos sombreadores externamente à superfície luminante (MASCARÓ, 1991). Leslie (2003) observa que nos edifícios alongados no sentido Leste-Oeste, em aberturas voltadas para o Norte, no Hemisfério Sul, há menores possibilidades de ganhos de calor no verão e no inverno, os ambientes se tornam mais aquecidos.

Em relação ao clima, para Olgyay (1998), a influência do meio ambiente na saúde do homem pode ser percebida quando, em determinados dias, as condições atmosféricas estimulam ou diminuem as atividades físicas e mentais. Iida (2005) salienta que, a partir de 33°C, a redução do desempenho de atividades mentais se torna mais notável. Para áreas de trabalho ou estudo, Kowaltowski (2011) sugere uma temperatura do ar em torno de 23°C, com uma boa ventilação cruzada na altura dos usuários.

São as **variáveis ambientais** (temperatura do ar, temperatura média radiante, umidade relativa e ventilação do ar) e as **variáveis humanas** (metabolismo e índice de resistência térmica das vestimentas) que determinam o conforto térmico. O envelope da construção, por sofrer trocas térmicas, também influencia nos aspectos relativos à temperatura do ambiente, além das cargas térmicas geradas no edifício.

As variáveis ambientais e as variáveis humanas podem ser medidas por aparelhos específicos, e os resultados podem ser enquadrados em escalas de conforto térmico, desenvolvidas por estudiosos como Fanger (ROMERO, 2000), que produziu diagramas do PMV (Voto Médio Estimado) e PPD (Porcentagem de Pessoas Insatisfeitas). O PPD representa um índice que estabelece uma previsão quantitativa do percentual de pessoas insatisfeitas termicamente, determinado a partir do PMV (ASHRAE, 2003). De acordo com a norma ISO 7730 (2005), quando pelo menos 90% dos usuários estão satisfeitos, um ambiente pode ser considerado confortável termicamente.

O PMV é apresentado como uma escala que estima as sensações:

- -3: muito frio; -2: frio; -1: ligeiramente frio; 0: confortável (neutralidade térmica)
- +1: ligeiramente quente; +2: quente; +3: muito quente.

Vieira (2008, p. 43) expõe que “quando o PMV é igual a zero significa que a combinação entre atividade, vestimenta e parâmetros ambientais promovem, na média, uma sensação térmica neutra”. Valores de -3, -2, +2 e +3 representam pessoas termicamente insatisfeitas e -1, 0 e +1 representam o contrário.

Para o cálculo de tais índices, são necessários dados como a umidade relativa do ar, a temperatura do ar, a temperatura radiante média e a velocidade do ar. Além disso, devem-se ter em mãos os valores da atividade desenvolvida pelo usuário (taxa de metabolismo) e da resistência térmica de suas roupas (reunidas na unidade de medida CLO). Para a ISO 7730 (2005), atividades sedentárias praticadas em escritórios e escolas correspondem a 1,2 met e 70 W/m<sup>2</sup>.

Xavier (1999) fez uso da escala PMV e PPD na apresentação de uma metodologia de determinação dos parâmetros de conforto térmico, baseada em análises estatísticas. Nela também utilizou a avaliação da sensação térmica dos usuários por meio de questionários. Estes comprovaram que o percentual de pessoas insatisfeitas com o ambiente foi maior que a avaliação proporcionada por meio das normas.

Alguns estudos de previsão do comportamento de ambientes quanto a modificações de aspectos construtivos relacionados à envoltória das edificações podem ser feitos antes mesmo de o projeto da edificação sair do papel. Santos (2009), como exemplo, realizou simulações no *software Design Builder*, avaliando a envoltória de um edifício ao sofrer alterações referentes ao tipo de vidro, à inclusão de elementos de proteção solar, além da modificação do sistema construtivo. Santana e Ghisi (2009) fizeram simulações de

alteração de parâmetros construtivos em tipologias de escritórios de Florianópolis e as relacionaram ao consumo de energia.

## 2 OBJETIVO

O objetivo principal dessa pesquisa é observar o conforto térmico de três salas de aula voltadas para a orientação cardinal Noroeste no câmpus da Universidade Estadual de Maringá.

## 3 METODOLOGIA

A Universidade Estadual de Maringá conta com diversos blocos de sala de aula e administrativos, dentre outros. Segundo Oliveira (2006), o esquema rígido de implantação não contribui para o aproveitamento do terreno e da melhor orientação solar para as salas de aula. A seleção das salas de aula, para este estudo, levou em consideração suas semelhanças, como a orientação solar Noroeste (Figura 01), seu posicionamento em relação ao bloco (todas as salas se situam no pavimento intermediário entre o térreo e o 2º pavimento, além de estarem localizadas na extremidade de cada bloco) suas dimensões e suas características físicas.

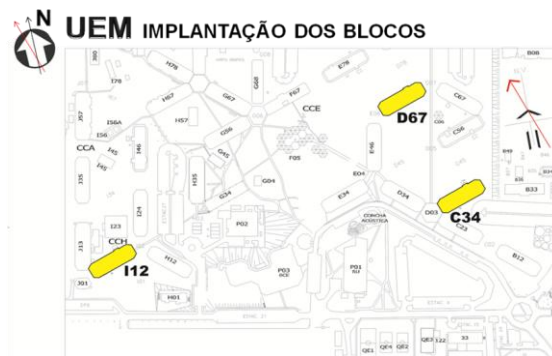


Figura 01 – Blocos analisados no Câmpus da UEM

### 3.1 A sala 101 do bloco I12

A sala de estudo nº 101 se encontra ao lado da ANPACIN - Escola de Deficientes Auditivos, localizada no térreo. Entre o bloco e a escola, no lado externo, há uma calçada de concreto e uma parte gramada (Figura 02). Nesse espaço, encontram-se árvores altas. A sala 101 contém uma janela com vidro incolor plano 3 mm, com peitoril de 1,05 m e altura de 1,45 m. O pé-direito total é de 3,00 m (Figura 03).



Figura 02 – Vista da sala 101 do bloco I12 para a área externa e vista interna

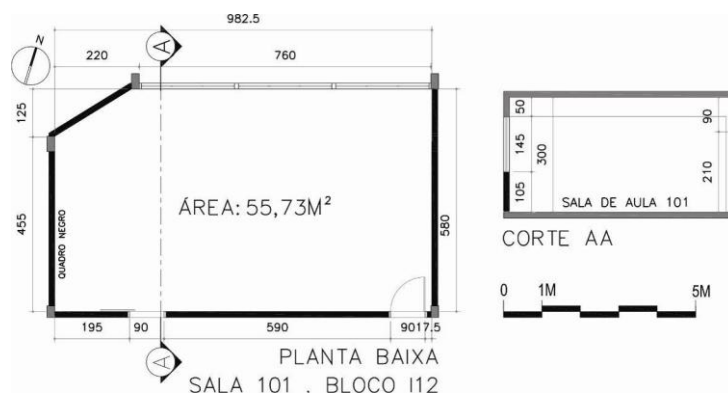


Figura 03 – Planta baixa e corte da sala 101 do bloco I12

### 3.2 A sala 102 do bloco C34

A área externa do bloco C34, próxima à sala 102, abrange um amplo gramado. Como mostra a Figura 04, não há obstruções de outras edificações próximas às janelas da sala, somente algumas árvores de pequeno a médio porte. A sala possui uma janela com vidro incolor plano 3 mm, com peitoril de 1,05 m e altura de 1,45 m. O pé-direito total é de 3,00 m (Figura 05).

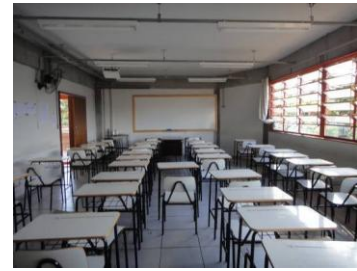


Figura 04 – Vista da sala 102 do bloco C34 para a área externa e vista interna



Figura 05 – Planta baixa e corte da sala 102 do bloco C34

### 3.3 A sala 102 do bloco D67

No entorno do bloco (Figura 06), quanto à sala 102 do bloco D67, pode-se encontrar um amplo gramado, sem edificações próximas às suas janelas, somente algumas espécies de árvores de pequeno porte. A sala diferencia-se das demais por possuir uma janela a mais (Figura 07) e abranger um pé-direito mais alto (3,30 m). Suas janelas são compostas de vidro incolor plano 3 mm, com peitoril de 1,25m e altura de 1,45m.



Figura 06 – Vista da sala 102 do bloco D67 para a área externa e vista interna



Figura 07 – Planta baixa e corte da sala 102 do bloco D67

### 3.4 análises do conforto térmico

As análises incluíram duas etapas: avaliação do conforto térmico por meio do PMV e a sensação e simulação do desempenho térmico por meio de *software*.

#### 3.4.1 1ª etapa: Avaliação do conforto térmico por meio do PMV e a sensação

O objetivo da 1ª etapa foi investigar o conforto do usuário em cada sala de aula e, para isso, foi empregado o índice PMV, como consta na norma ISO 7730 (2005), além de questionários que investigaram a sensação (S) e a preferência (P) de conforto térmico dos alunos, baseados na escala de conforto de Fanger, com perguntas como a vestimenta e a sensação térmica do usuário. Foram coletados dados de temperatura do ar, temperatura de globo, umidade relativa e velocidade do ar. Por meio do *software* Conforto (RUAS, 2002), essas variáveis serviram de dados de entrada para a obtenção dos índices PMV e PPD.

Como as medições foram realizadas em dias diferentes, foram efetuadas análises estatísticas de variância (ANOVA), bem como o teste de Tukey, entre os dias, para averiguar a possibilidade de comparação dos dados de uma sala de aula com a outra. Para atingir tal objetivo, foram utilizados os dados (valores de temperatura do ar e umidade relativa do ar) da Estação Climatológica da UEM.

Em cada sala de aula, foram coletados dados de temperatura do ar e de umidade relativa a cada 5 minutos pelo aparelho Data Logger Testo 177-H1, no qual foi instalado um sensor externo com o globo negro (para ambientes internos), cuja resolução é de 0,1% UR / 0,1°C. As velocidades de ventilação do ar foram verificadas manualmente e anotadas a cada 10 minutos pelo Anemômetro Térmico Testo 405-V1, que tem resolução de 0,01 m/s.

Para a obtenção dos dados, os equipamentos foram instalados a 103 cm de altura do chão, no centro da sala, e permaneceram no ambiente das 8h -11h e das 14h-17h. Foram aplicados questionários aos usuários em dois horários pela manhã e em dois horários durante a tarde, conforme mostram os gráficos, com as legendas: M1: 9h; M2: 11h; T1: 15h; T2: 17h. Essa etapa foi organizada em duas fases:

A 1ª fase ocorreu nos dias 03 de abril de 2012 (na sala 101 do bloco I12), 04 de abril (na sala 102 do bloco C34) e 05 de abril (na sala 102 do bloco D67).

A 2ª fase ocorreu nos dias 27 de julho de 2012 (na sala 101 do bloco I12), 30 de julho (na sala 102 do bloco C34) e 03 de agosto de 2012 (na sala 102 do bloco D67).

#### 3.4.2 2ª etapa: Simulação do desempenho térmico por meio de *software*

A 2ª etapa da pesquisa teve como finalidade a comparação de diferentes estratégias construtivas empregadas num “modelo base”, fundamentado na sala 102 do bloco C34 (selecionada por se tratar de uma configuração de sala de aula equivalente à sala 101 do bloco I12 e mais comum no câmpus do que a sala 102 do bloco D67). As simulações foram efetuadas no *software* Design Builder e compreenderam a análise comparativa do modelo de sala de aula tal como se apresenta atualmente, do modelo com a adição de protetores horizontais e verticais, do modelo com o emprego de somente protetores horizontais e do modelo com a substituição do vidro comum incolor para o vidro comum verde.

## 4 ANÁLISE DOS DADOS

### 4.1 Resultados da 1ª etapa: avaliação do conforto térmico por meio do PMV e a sensação

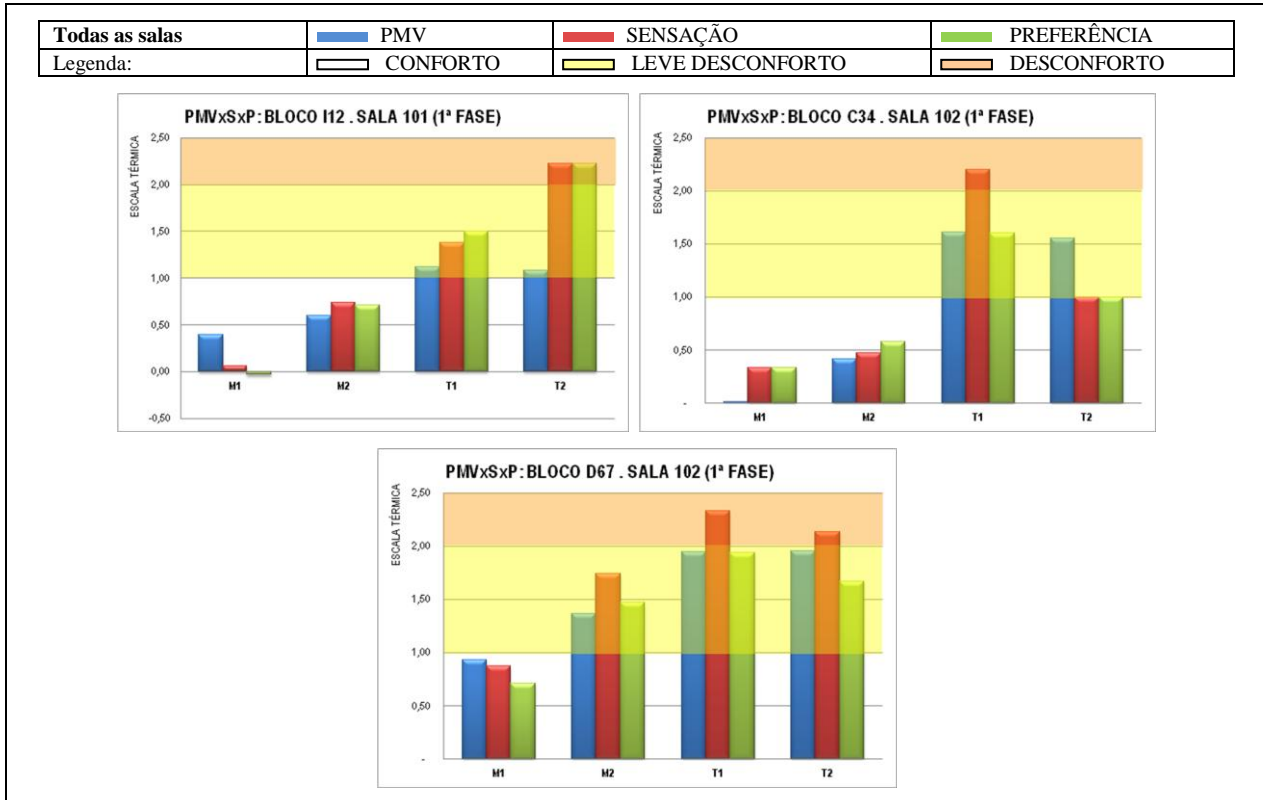
#### 4.1.1 1ª Fase

Pela análise de variância ANOVA, foi constatado que os três dias de medição 03/04/2012 (na sala 101 do bloco I12); 04/04/2012 (na sala 102 do bloco C34) e 05/04/2012 (na sala 102 do bloco D67) podem ser considerados semelhantes em temperatura (p-valor=0,877) e em umidade (p-valor=0,133), o que demonstra que os resultados entre as salas de aula podem ser comparados.

A verificação da satisfação do usuário foi analisada pelos índices de PMV, da sensação relatada e da preferência dos usuários (Quadro 01). O “conforto” foi considerado como o valor “0,00”; o “leve desconforto” abrangeu resultados de “-1 ou +1”, enquanto o “desconforto” foi classificado em respostas como “-2 ou +2 e -3 ou +3”.

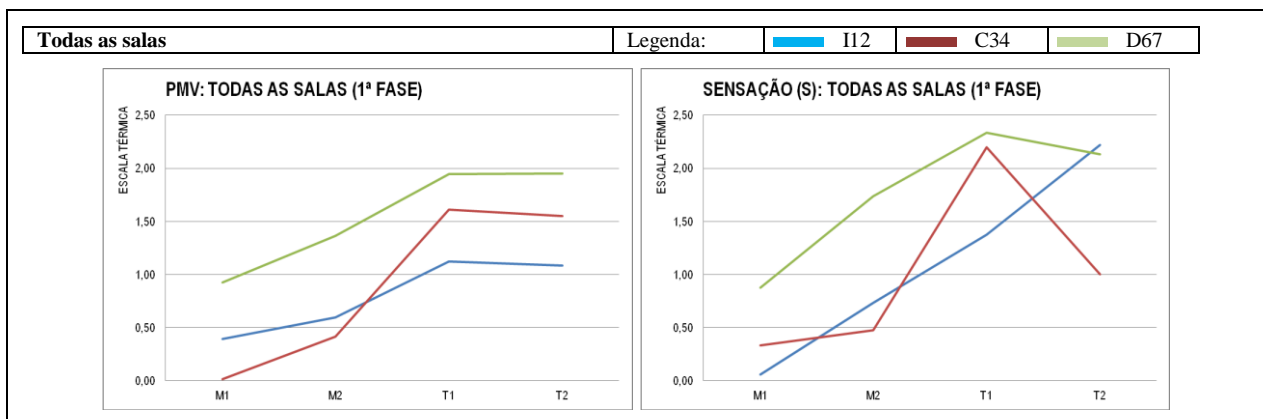
Verificou-se que o conforto ocorreu pela manhã nos três blocos, sendo que na sala 102 do bloco D67, ele aconteceu somente no primeiro período desse turno. O “leve desconforto” e o “desconforto” ocorridos durante a tarde, em todas as salas de aula, podem ter correlação com o fato de as aberturas estarem voltadas à Noroeste, quando a incidência da radiação solar direta é intensa. As temperaturas operativas na qual os usuários sentiram-se, em sua maior parte, confortáveis situaram-se entre 26,04°C a 28,88°C.

No gráfico de PMV (Quadro 02), pode-se observar que, em relação às outras, em todos os horários, a sala 102 do bloco D67 apresentou menores índices de conforto, porém não chegou a alcançar +2 (desconforto). No período da manhã, a sala 102 do bloco C34 apresentou-se mais confortável que a 101 do bloco I12 e durante a tarde, a situação foi contrária, provavelmente diante do fato de que a primeira sala tenha seu entorno mais desobstruído que a outra, acarretando o maior acúmulo de calor no ambiente durante a tarde, quando há a incidência de radiação solar direta nas aberturas.



Quadro 01 – Gráficos de PMVxSxP de cada sala de aula na 1ª fase

No gráfico de sensação (Quadro 02), a sala 102 do bloco D67 também apresentou menores índices de conforto, quando equiparada às outras, exceto próximo às 17h. No período da tarde, os usuários estavam desconfortáveis (índices maiores que +2). Tal desconforto pode ter como causa o fato de a sala ser constituída de pé-direito e janelas mais altas que as das outras salas e apresentar um entorno bastante livre, aspectos que podem aumentar a incidência de radiação solar direta recebida pelo ambiente.



Quadro 02 – Gráficos de PMV e “S” de todas as salas na 1ª fase

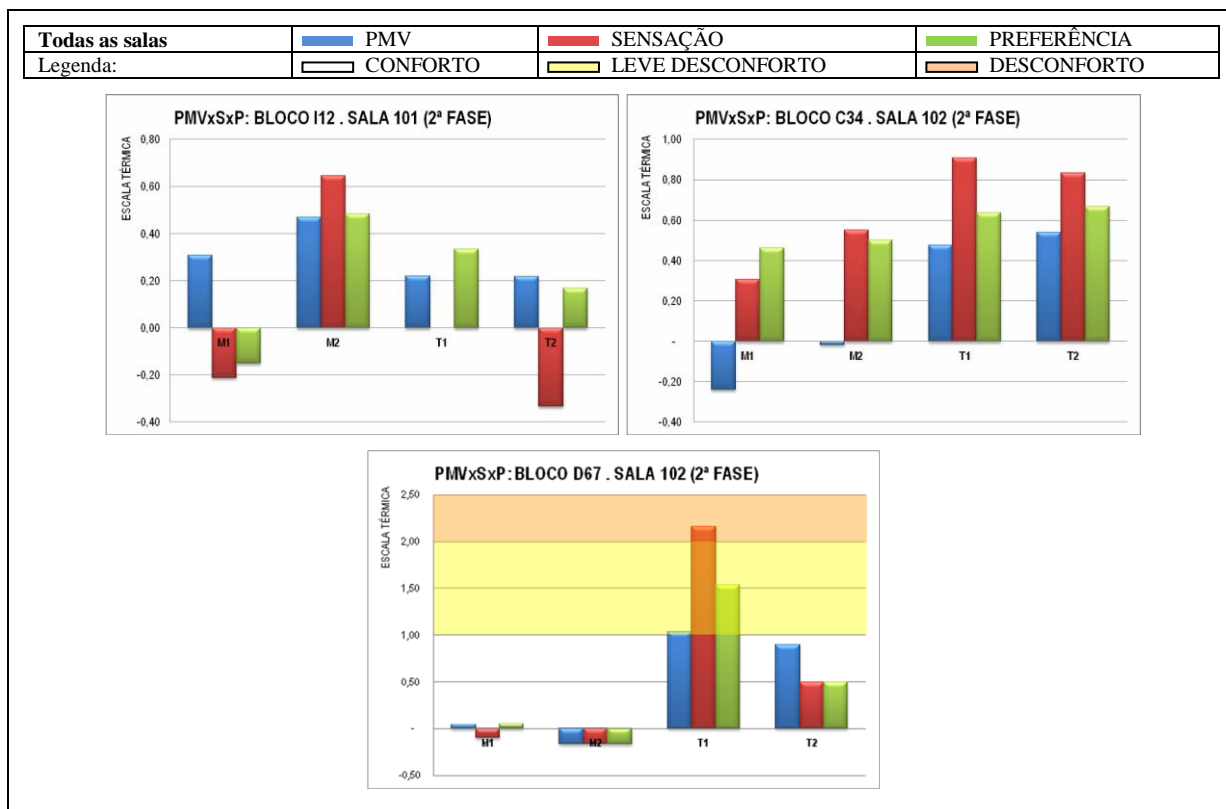
Em relação ao gráfico de sensação das salas restantes (Quadro 02), no começo da manhã e da tarde, os usuários da sala 101 do bloco I12 demonstraram índices de maior conforto, porém, no fim da manhã e da tarde, tais resultados foram verificados na sala 102 do bloco C34. É possível notar, no entanto, valores com tendência ao desconforto, próximo às 15h, nessa última sala, o que também ocorreu no gráfico de PMV, demonstrando que nos períodos mais quentes do dia a sala fica prejudicada.



#### 4.1.2 2ª Fase

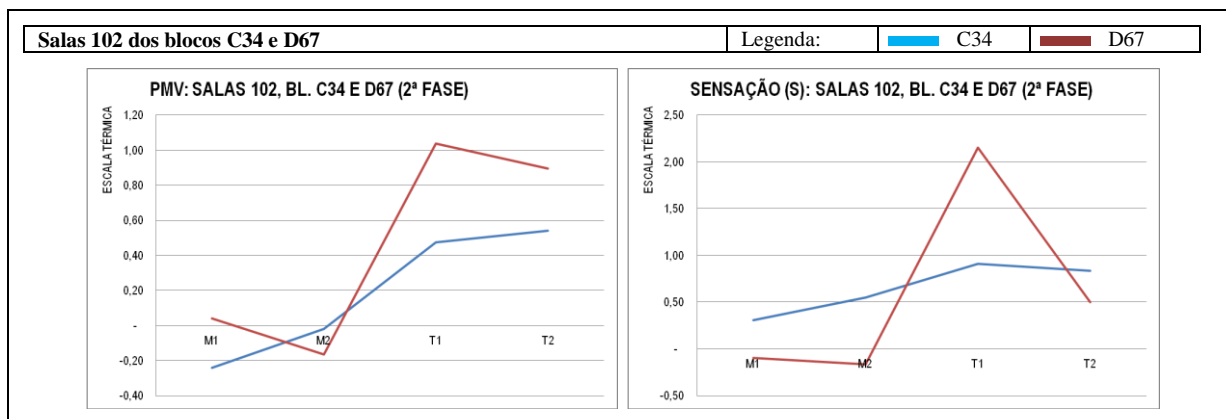
Na 2ª fase, foi detectado pela análise estatística do teste de Tukey que somente os dias de medição 30/07/2012 (na sala 102 do bloco C34) e 03/08/2012 (na sala 102 do bloco D67) foram considerados semelhantes. Assim, nessa fase, foram objeto de comparação as salas dos blocos C34 e D67. A sala 101 do bloco I12 (cujas medições foram realizadas em 27/07/12) não foi acrescentada na análise em conjunto.

Nota-se, no Quadro 03, que o conforto predominou na maior parte do tempo em todas as salas. No entanto, na sala 102 do bloco D67, no começo da tarde, houve sensações de calor. O maior índice de conforto, em relação à fase anterior, deve-se ao fato de as medições terem sido realizadas no inverno, o que acarretou temperaturas mais amenas, embora essa estação (atípica) tenha apresentado dias quentes. A maior porcentagem de usuários confortáveis nesta fase encontrava-se num ambiente com temperatura operativa entre 24,30°C e 29,31°C.



Quadro 03 – Gráficos de PMVxSxP de cada sala de aula na 2ª fase

Comparando o gráfico de PMV e o gráfico de sensação entre as salas de aula 102 dos blocos C34 e D67 (Quadro 04), é possível perceber que, no gráfico de PMV, a sala 102 do bloco D67 apresentou números que indicaram menos conforto na maioria dos horários, exceto em M2, onde os valores do bloco C34 os ultrapassaram. Só houve índices maiores que +1 (leve desconforto) em T1 para o bloco D67.



Quadro 04 – Gráficos de PMV e “S” das salas 102, blocos C34 e D67, na 2ª fase

O gráfico de sensação (Quadro 04) demonstrou que, durante a manhã, os usuários do bloco D67 apontaram valores menores que os do C34, invertendo-se os valores pela tarde. Durante quase todo o dia,

ambos apresentaram-se em conforto ou leve desconforto, no entanto, em T1 ocorreu desconforto no bloco D67, reafirmando que essa sala exibe aspectos que podem afetar negativamente o conforto final do usuário.

#### 4.2 Resultados da 2ª etapa: Simulação do desempenho térmico por meio de software

Para a presente pesquisa, foi utilizada no *software Design Builder* a base de dados climáticos de Maringá, no formato de arquivo com extensão “epw”, localizada no site [http://www.roriz.eng.br/epw\\_9.html](http://www.roriz.eng.br/epw_9.html). Ela foi desenvolvida por Maurício Roriz, com base em dados do INMET (de 2000 a 2010) (RORIZ, 2012).

Para as simulações, as características dos materiais existentes na construção da sala de aula foram obtidas, em sua maioria, da NBR 15220-2 (ABNT, 2003). As características construtivas dos *brises* foram simuladas com estrutura de concreto e pintura branca (total de 7 cm de espessura).

Do estudo realizado, verificou-se que os *brises soleils* mais apropriados para a tipologia de sala de aula analisada e que barrariam a incidência da radiação solar durante todo o dia abrangeriam um *brise* horizontal de ângulo  $\alpha=71^\circ$  mais um *brise* vertical com o ângulo  $\beta=55^\circ$ . A máscara de sombra pode ser verificada na Figura 08, na cor azul clara.

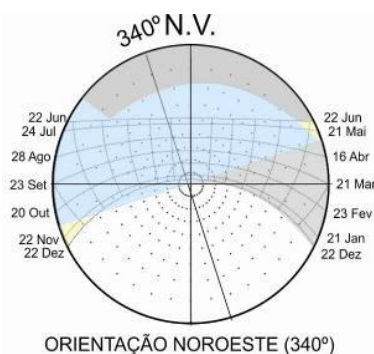


Figura 08 – Máscara de sombra para Noroeste (340°)  
Fonte: Baseado no *software* Luz do Sol de Roriz (1995)

Para essa etapa do estudo, foram construídos quatro modelos:

- O “**modelo real**” (**modelo 1**) com vidro incolor 3mm que correspondeu à sala de aula existente e suas características reais e utilizou, para o vidro da abertura, o material já pronto da biblioteca do *software Design Builder* – “*Generic clear 3mm*”.
- O “**modelo com vidro verde**” (**modelo 2**) teve a abertura do “modelo real” modificada de acordo com as dimensões do “modelo com proteção solar horizontal e vertical” (Quadro 05) e utilizou o material já pronto da biblioteca do *software Design Builder* – “*Generic Green 6mm*”.
- O “**modelo com proteção solar horizontal e vertical**” (**modelo 3**) foi trabalhado com o vidro incolor correspondente ao “modelo real” e teve as dimensões da janela adequadas para receber protetores solares horizontais e verticais de concreto com pintura branca, de acordo com os ângulos necessários;
- O “**modelo com proteção solar horizontal**” (**modelo 4**) apresentou as mesmas características do modelo anterior, porém não foram inseridos os *brises* verticais.

A Figura 09 apresenta os modelos simulados no *software*. O Quadro 05 ilustra o projeto técnico do “modelo real” e do “modelo com proteção horizontal e vertical”.

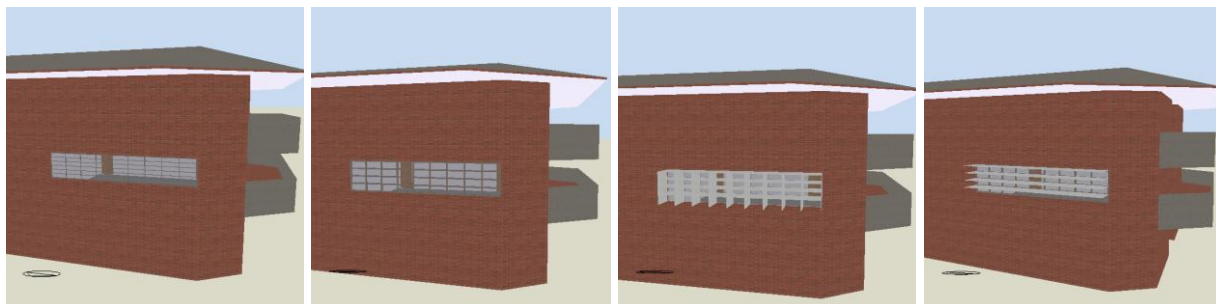
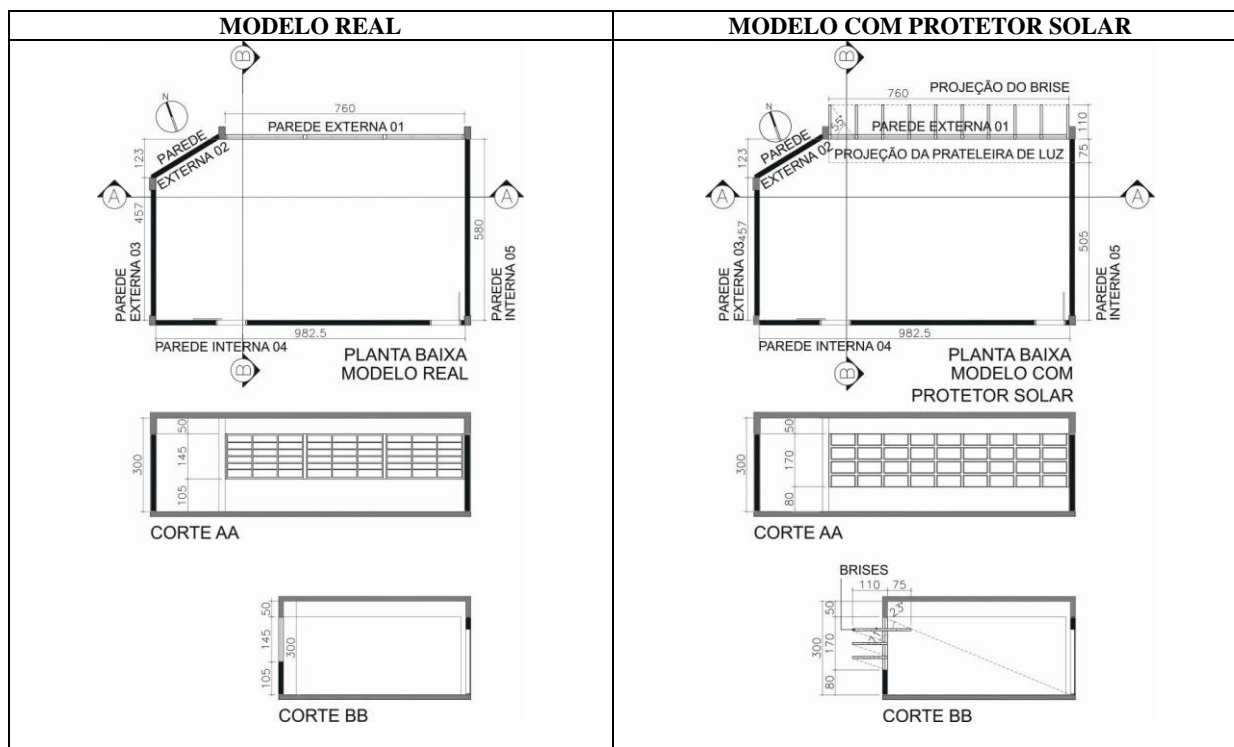


Figura 09 – Modelo real, Modelo com vidro verde, Modelo com proteção solar horizontal e vertical e Modelo com proteção solar horizontal





Quadro 05 – Modelos simulados: projeto técnico

Nas análises de conforto ligadas ao PMV, de acordo com a Figura 10, foi verificado que as sensações menos confortáveis foram encontradas no “modelo 1”, ou seja, no “modelo real”, o que ocorreu provavelmente pelo fato desse modelo não contar com nenhum tipo de proteção solar, fazendo com que a incidência de radiação atingisse diretamente o ambiente.

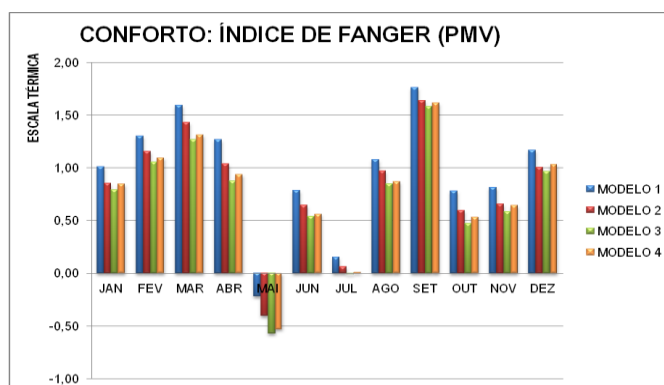


Figura 10 – Conforto: índice de Fanger (PMV)  
Fonte: Adaptado do *Software Design Builder* (2012)

O modelo que obteve os menores índices de desconforto em relação ao “modelo real” foi o “modelo com proteção solar horizontal e vertical” ( 27,08%), o que leva a supor que isso aconteceu por ser o exemplar que mais desviou a radiação solar direta, diminuindo o calor. A diferença de porcentagem entre o “modelo real” e os demais foi de 21,88% a mais de conforto para o “modelo com proteção solar horizontal” e de 16,66% a mais de conforto para o “modelo com vidro verde”. Em todos os exemplos, mesmo que a diferença de valores entre eles tenha sido relativamente pequena, houve a melhoria da sensação térmica.

## 5 CONCLUSÕES

O estudo demonstrou que o entorno das salas de aula investigadas influenciou o modo como a luz interferiu no conforto térmico dos usuários. Na sala 102 do bloco D67, esses aspectos foram agravados pelos seguintes fatores: o pé-direito mais alto, a maior área de abertura da janela e a ausência de barreiras físicas e de árvores mais altas no seu entorno. Enquanto isso, nas outras salas de aula, a presença mais evidente da vegetação e de alguns blocos vizinhos contribuiu para que os índices de desconforto fossem menores.

As simulações no *software Design Builder* do “modelo real” comprovaram que o conforto térmico da sala de aula, tal como ela se encontra configurada fisicamente, poderia ser melhorado, caso outras alternativas fossem empregadas: em primeiro lugar, o protetor solar horizontal associado ao protetor solar

vertical; em segundo lugar, o protetor solar horizontal e, finalmente, a troca do vidro incolor para o vidro verde.

Considera-se que os dados avaliados foram significativos para demonstrar que, embora as salas de aula apresentem-se praticamente semelhantes, alguns aspectos, como a presença de vegetação, de outras construções, de pavimentação em concreto ou em grama, podem trazer resultados diferenciados em relação ao conforto térmico. Além disso, os estudos com protetores solares confirmaram que o conforto pode ser melhorado com a presença desses quesitos, quando empregados de forma adequada. Diante desse estudo, verifica-se, ainda assim, a necessidade de mais pesquisas para avaliar *in loco* outros períodos do ano que poderão demonstrar a conveniência de modificação ou adequação da configuração das salas de aula, levando em consideração o conforto lumínico e o consumo de energia, além do conforto térmico. Essas análises seriam de grande valor para o julgamento global da escolha de alternativas mais apropriadas para tais ambientes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALUCCI, M. P.. TAO: Uma metodologia para implantação de edificação: ênfase no desempenho térmico, acústico, luminoso e eficiência energética. **FAUUSP: NUTAU** (Núcleo de Pesquisa em Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo), São Paulo, 2008.
- AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS, INC.. **ASHRAE 55**: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. Atlanta, U.S, 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. PROJETO DE LEI **ABNT NBR 15220-2**: Desempenho térmico de edificações: parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro, 2003.
- DESIGN BUILDER SOFTWARE LTD.. **Design Builder. Software.** Disponível em <<http://www.designbuilder.co.uk/documents/DesignBuilder-flyer-v1a.pdf>>. Acesso em: 15 mai 2012.
- GHISI, E.; TINKER, J. A.. An ideal window area concept for energy efficient integration of daylight and artificial light in buildings. **Building and Environment**, USA, v. 40, p. 51-61. 2005.
- IIDA, I.. **Ergonomia: projeto e produção**. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.
- INTERNATIONAL STANDARD. **ISO 7730**. Ergonomics of the thermal environment – Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. Switzerland, 2005.
- KOWALTOWSKI, D. C. C. K.. **Arquitetura escolar: o projeto do ambiente de ensino**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.
- LESLIE, R. P. Capturing the daylight dividend in buildings: why and how? **Building and Environment**, USA, v. 38, p. 381 – 385. 2003.
- MASCARÓ, L. **Energia na Edificação: estratégia para minimizar seu consumo**. São Paulo: Projeto Editores Associados LTDA., 1991.
- OLGYAY, V.. **Arquitectura y clima: manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas**. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, S.A., 1998.
- OLIVEIRA, O. A. S. de. **O Campus-sede da Universidade Estadual de Maringá – UEM: um estudo do ambiente construído**. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2006.
- ROMERO, M. A. B.. **Princípios bioclimáticos para o desenho urbano**. São Paulo: ProEditores, 2000.
- RORIZ, M. **Luz do Sol: radiação solar e iluminação natural - versão 1.1**. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 1995.
- RORIZ, M.. **Arquivos climáticos de Municípios Brasileiros**. São Carlos: ANTAC (Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído), 2012. Disponível em <[http://roriz.dominiotemporario.com/doc/Sobre\\_os\\_arquivos\\_EPW.pdf](http://roriz.dominiotemporario.com/doc/Sobre_os_arquivos_EPW.pdf)>. Acesso em: 10 dez. 2012.
- RUAS, A. C.. **Sistematização da avaliação de conforto térmico em ambientes edificados e sua aplicação num software**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.
- SANTANA, M. V.; GHISI, E.. Influência de parâmetros construtivos relacionados ao envelope no consumo de energia em edifícios de escritórios da cidade de Florianópolis. In: X ENCONTRO NACIONAL E VI ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. 2009, Natal. **Anais...Natal: ENCAC-ENLACAC**, 2009, p. 1164-1173.
- SANTOS, I. G. dos. **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**. Dissertação (Mestrado em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.
- SARDEIRO, P. S.. **Parâmetros para a escolha de superfícies translúcidas visando o conforto térmico e visual na edificação**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.
- VIEIRA, C. C.. **Conforto térmico e iluminação natural no Edifício Administrativo da Escola de Engenharia de São Carlos / USP – Bloco E1**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.
- XAVIER, A. A. de P.. **Condições de conforto térmico para estudantes de 2º grau na região de Florianópolis**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.