

ESTUDO DO DESEMPENHO TÉRMICO E VISUAL DE TRÊS SALAS DE AULA – CAMPUS DA UNIMEP EM SANTA BÁRBARA D'OESTE

Mariana Brancalion Souza (1); Mariana Linkevicius Vieira (2); Adriana Petito de Almeida Silva Castro (3)

(1) Universidade Metodista de Piracicaba, mariana_b_souza@hotmail.com

(2) Universidade Metodista de Piracicaba, m.lvieira@hotmail.com

(3) Universidade Metodista de Piracicaba, apacastro@unimep.br

Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP

Resumo

A aplicação de elementos que proporcionem conforto térmico e visual é importante principalmente em edifícios escolares, onde a eficiência do processo de aprendizagem pode ser diretamente prejudicada pelo desconforto. As dimensões das salas de aula e da edificação como um todo têm grande influência nas variáveis ambientais, visto que interferem diretamente nos fluxos de ar e na quantidade de luz e calor recebidos. É sob este aspecto que esta pesquisa se concentra, através da avaliação do desempenho térmico e visual em três salas de aula, com diferentes orientações, além da medição de variáveis externas. Foram realizadas medições in loco no bloco 1 do campus da UNIMEP em Santa Bárbara D'Oeste/SP. As medições de iluminância foram baseadas na NBR 15215-4 (2004). O estudo incluiu pesquisas bibliográficas e a comparação dos resultados obtidos nas medições com a sensação térmica dos usuários, comprovando a estreita relação entre espaço e meio ambiente. Pode-se concluir que a sensação térmica dos usuários varia de acordo com diversos parâmetros, como por exemplo, a vestimenta e a velocidade dos ventos. No geral, o dia 16 registrou maiores temperaturas no período das 18h00, já que não houve precipitação assim como nos demais dias. Observou-se também que os resultados de iluminância estão diretamente relacionados com a condição do céu e a sala que corresponde às especificações de conforto visual é a de orientação sudoeste. Depreende-se que a tarefa dos arquitetos é refletir em conjunto com os educadores, de modo que a organização espacial das salas de aula possa responder ao método de ensino e contribuir com a construção do conhecimento.

Palavras-chave: Conforto térmico, Iluminância, Medições, Salas de aula.

Abstract

The application elements that provide visual and thermal comfort is especially important in school buildings, where the efficiency of the learning process can be directly affected by discomfort. The dimensions of the classrooms and the building as a whole have great influence on the environmental variables, whereas interfere directly in the flow of air and the amount of light and heat received. It is in this light that this research focuses, through the evaluation of thermal and visual performance in three classrooms, with different orientations, and measurement of external variables. Measurements were performed in situ block 1 UNIMEP on the campus of Santa Bárbara D'Oeste / SP. Illuminance measurements were based on NBR 15215-4 (2004). The study included literature searches and comparison of results obtained in measurements with thermal sensation of the users, showing the close relationship between space and environment. It can be concluded that the thermal sensation of users varies with various parameters, such as the garment and wind speed. Overall, the 16th highest temperatures recorded during the period from 18h00, since there was no precipitation as well as the other days. It was also observed that the results of illuminance are directly related to the condition of the sky and the room that meets the specifications of visual

comfort is the one, with southwest orientation. It appeared that the task of the architects is to reflect together with educators, so that the spatial organization of classrooms to respond to the teaching method and contribute to the construction of knowledge.

Keywords: *Thermal Comfort, illuminance, measurements, classrooms.*

1. INTRODUÇÃO

A função dos espaços construídos é atender ao bem estar do ser humano, garantindo conforto durante o desenvolvimento das atividades. Em edifícios escolares este é um aspecto de particular relevância, pois há uma relação direta entre os espaços construídos, aspectos psicopedagógicos, conforto ambiental, ergonomia e comportamento dos usuários nos espaços, influenciando a qualidade de aprendizagem (PEREIRA E KOWALTOWSKI, 2011). Neste trabalho, pelo fato do objeto de estudo estar em uma universidade, o conforto térmico e visual é indispensável.

A pesquisa de Krüger, Adiazola e Michaloski (2001) evidencia que para um projeto atender a todas as especificidades necessárias ao conforto ambiental, deve ser baseado na orientação solar, no dimensionamento adequado das aberturas, na escolha dos materiais e levar sempre em consideração o clima local. Portanto, se essa abertura for mal dimensionada ou mal posicionada, pode resultar em desconforto térmico, reduzindo diretamente a eficiência das atividades desempenhadas. Além disso, para que o ambiente esteja visualmente confortável, é preciso controlar a quantidade e qualidade da iluminação, que deve privilegiar a luz natural.

O conforto térmico é expresso como uma percepção de neutralidade térmica, influenciado através do grau de temperatura e umidade nas salas de aula. No entanto, a sensação térmica é relativa, pois cada pessoa reage de forma diferente aos estímulos externos. Ainda assim, é possível criar um ambiente de trabalho que satisfaça as condições de conforto da grande maioria das pessoas que nele trabalham, no qual, segundo Dudek (2007) *apud* Deliberador e Kowaltowski (2011) as principais variáveis (térmica, acústica e iluminação) devem estar otimizadas para torná-lo adequado às boas experiências de aprendizado.

Além disso, para manter o equilíbrio biológico o organismo produz diversas reações físicas e psicológicas, adaptando-se às condições térmicas através de várias atitudes práticas como a alteração das vestimentas, abertura e fechamento das portas e janelas, entre outras. O conforto térmico de um ambiente não pode ser analisado, portanto, levando-se em consideração apenas informações referentes às condições físicas do local, mas também às sensações e preferências das pessoas submetidas a esse ambiente (FROTA & SCHIFFER, 2001).

2. OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo a avaliação do desempenho térmico e visual de três salas de aula com diferentes orientações, no bloco 1 do campus da UNIMEP – Universidade Metodista de Piracicaba, em Santa Bárbara D'Oeste, a fim de apurar se as salas encontram-se sob condições adequadas de conforto.

3. METODOLOGIA

Foram realizadas medições *in loco* no período próximo ao solstício de verão durante três dias (13, 14 e 16 de dezembro de 2011), em três salas de aula: salas 28 e 40 com orientação sudoeste e sala 45 à nordeste; além do monitoramento climático da área externa para comparação das variáveis ambientais. As medições de iluminância foram realizadas das 9h00

às 18h00, de três em três horas, e as medições térmicas das 9h00 às 21h00. Todas as avaliações foram realizadas com as portas, janelas e cortinas abertas.

As avaliações foram concretizadas durante o período letivo, de modo que a sensação térmica pôde ser estimada por meio de entrevistas realizadas no horário de cada medição, com cerca de 300 usuários. Foram respondidas questões relacionadas a idade, sexo e peso, bem como sensação térmica individual neste período, além da observação das vestimentas e atividades desenvolvidas (metabolismo) pelos ocupantes. Este questionário foi baseado na norma internacional ISO 10551 (1995) e comparado com as medições realizadas *in loco*.

Para as conclusões finais foram elaborados gráficos a partir das médias dos dados obtidos; entretanto, neste artigo foram empregados os principais gráficos como voto médio estimado e porcentagem de insatisfeitos, que resumem a avaliação de conforto térmico, além dos gráficos do nível de iluminância para a avaliação do conforto visual.

3.1 Medições térmicas

Para a avaliação térmica utilizou-se três registradores de umidade e temperatura e um termômetro de globo digital, possibilitando a obtenção das variáveis como: temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo úmido e temperatura de globo, tanto para o ambiente interno como o externo. Para medir a velocidade do vento foi utilizado um anemômetro.

A umidade relativa do ar é obtida pelas variáveis térmicas de temperatura de bulbo seco e temperatura de bulbo úmido, e, a partir dos resultados da velocidade do ar e temperatura de globo foi possível obter a temperatura radiante média do ambiente, através do software Conforto 2.0 de Ruas (2005). Além disso, o VME e o PEI (índices recomendados pela norma ISO 7730/94 para avaliação térmica de ambientes) puderam ser obtidos através do software Ladesys 1.0. O VME (voto médio estimado) proposto por Fanger (1970) estabelece uma escala que varia de +3 (muito calor) a -3 (muito frio), passando pela neutralidade térmica (zero).

De acordo com as normas ISO 7730/94, um ambiente é considerado termicamente confortável quando o índice encontrado está entre -0,5 e +0,5, em que pelo menos 90% dos usuários esteja satisfeitos, ou seja, o valor da porcentagem estimada de insatisfeitos (PEI) deve ser de no máximo 10%.

3.2 Medições de iluminância

Para a avaliação física da iluminação dos ambientes foram utilizados dois luxímetros, para estimar o nível de iluminância, tanto para o ambiente interno como para o externo.

De acordo com o que a norma ABNT – NBR 15215-4 (2004) preconiza, foi primeiramente determinado o índice de Ambiente (IA), segundo a equação:

$$IA = \frac{A \cdot B}{H_m (A+B)} \quad [\text{Eq. 01}]$$

Onde “A” é a largura do ambiente (m); “B” é o comprimento do ambiente (m) e “Hm” a distância vertical entre a superfície de trabalho e o topo da janela (m).

Após a determinação do IA, o número de pontos em que as medições foram feitas, foi definido a partir da tabela presente na norma, resultando em 16 pontos nas salas 40 e 45 e 25 pontos na sala 28; estes foram dispostos em grade com um afastamento de 50 cm de cada parede (Fig. 1), de acordo com a norma, para garantir uniformidade à medição. Os luxímetros foram posicionados paralelamente à superfície da mesa a 80 cm de altura do piso, no centro

de cada ponto marcado na sala. As medições foram feitas com as luzes acesas (iluminação composta) e com as luzes apagadas (iluminação natural).

A NBR 5413/2004 regulamenta que os níveis para salas de aula são 200lux (mínimo), 300lux (médio) e 500 lux (máximo).

Figura 1 - Distribuição dos pontos na sala 28, 40 e 45, com indicação (em verde) da localização do equipamento para medição de temperatura, situado no centro das salas e a localização da iluminação artificial.

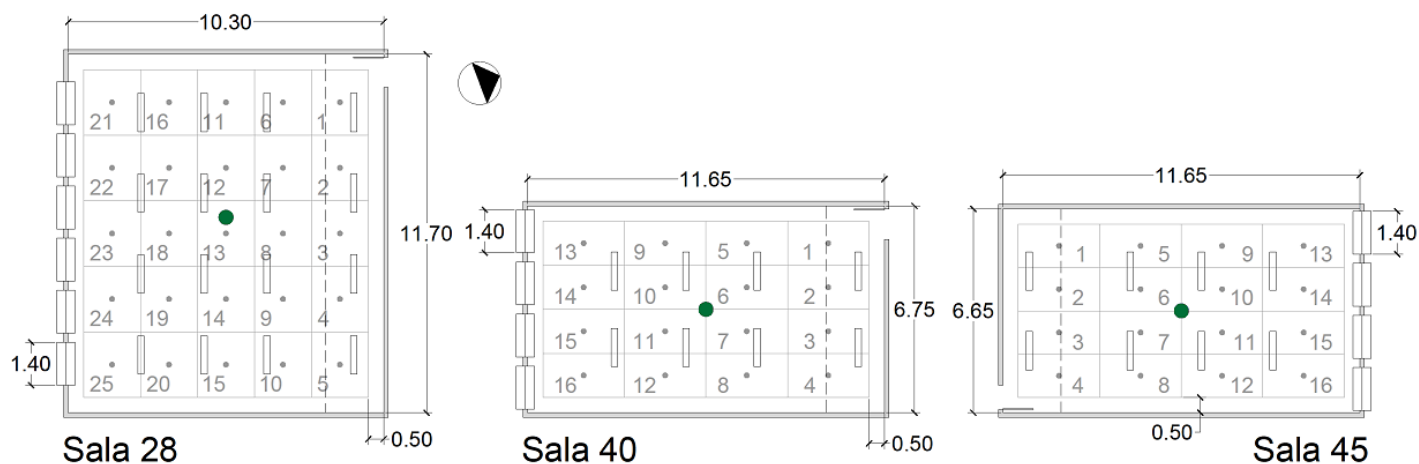
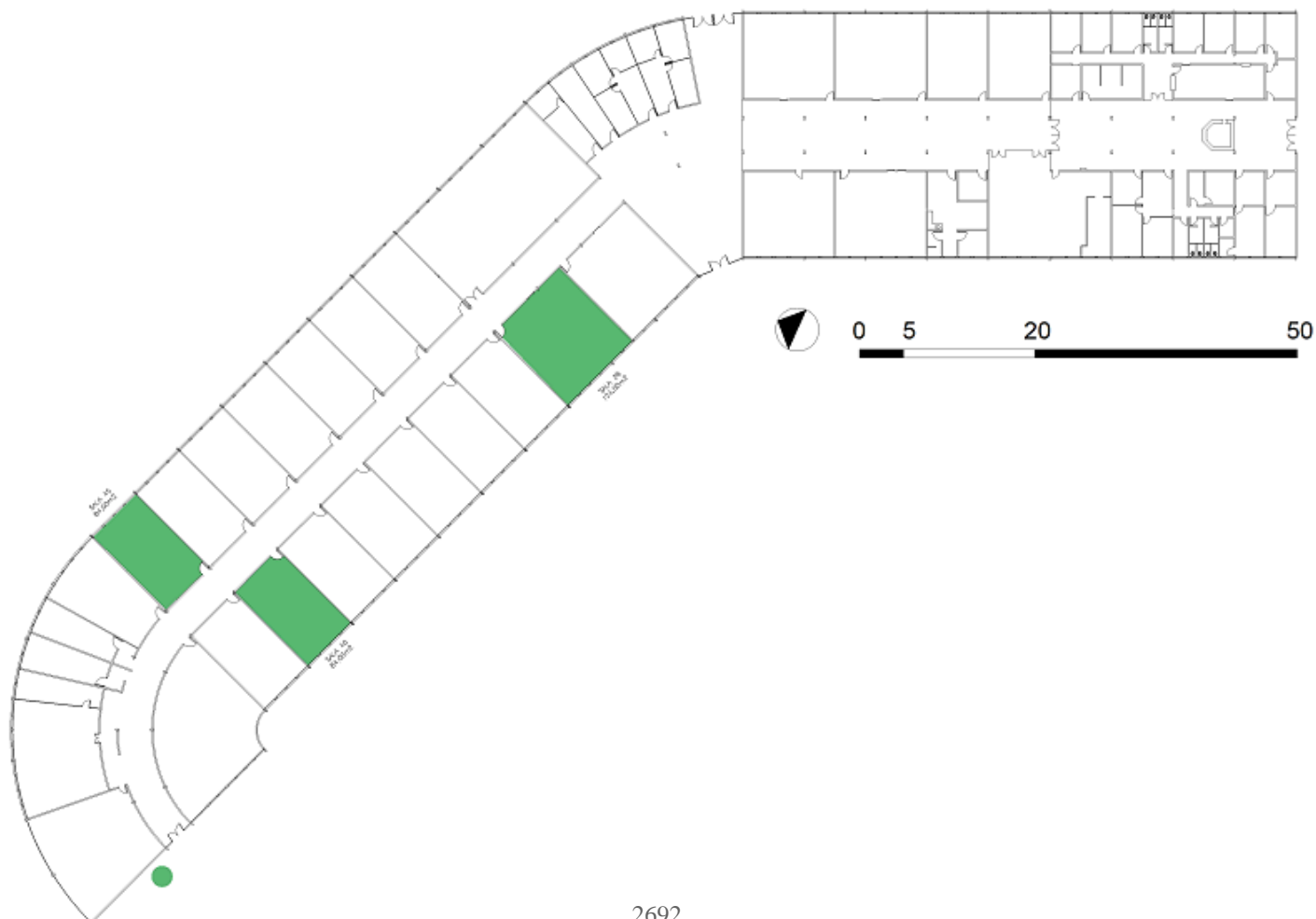


Figura 2 – Planta baixa do bloco 01, com a delimitação das salas selecionadas e o ponto em que foram feitas as medições externas, tanto de temperatura quanto a de iluminação.



4. RESULTADOS

A condição do céu no momento das medições era de céu claro e com forte incidência de radiação solar nos dias 13 e 14 de dezembro até o período das 15h00. Às 18h00 destes dias houve precipitação, com o céu encoberto por nuvens. Já durante o dia 16 de dezembro todos os períodos permaneceram com o céu claro e com ausência de precipitações ou nebulosidade e forte incidência solar. O conforto nas salas foi influenciado pelas dimensões das mesmas e por alguns elementos, como as cortinas que permaneceram abertas, a grande dimensão das janelas e a presença de aberturas superiores a 1,5 m voltadas para o corredor.

3.3 Medições de iluminância

Os gráficos do nível de iluminância são compostos por iluminação natural (representados no gráfico pelas colunas com cores claras) e composta (colunas com cores escuras); no eixo horizontal são representados pelo número do ponto e no eixo vertical, pelo nível de iluminância obtido.

Figura 3 – Incidência de luz na sala 28 do ponto 1 ao 13.

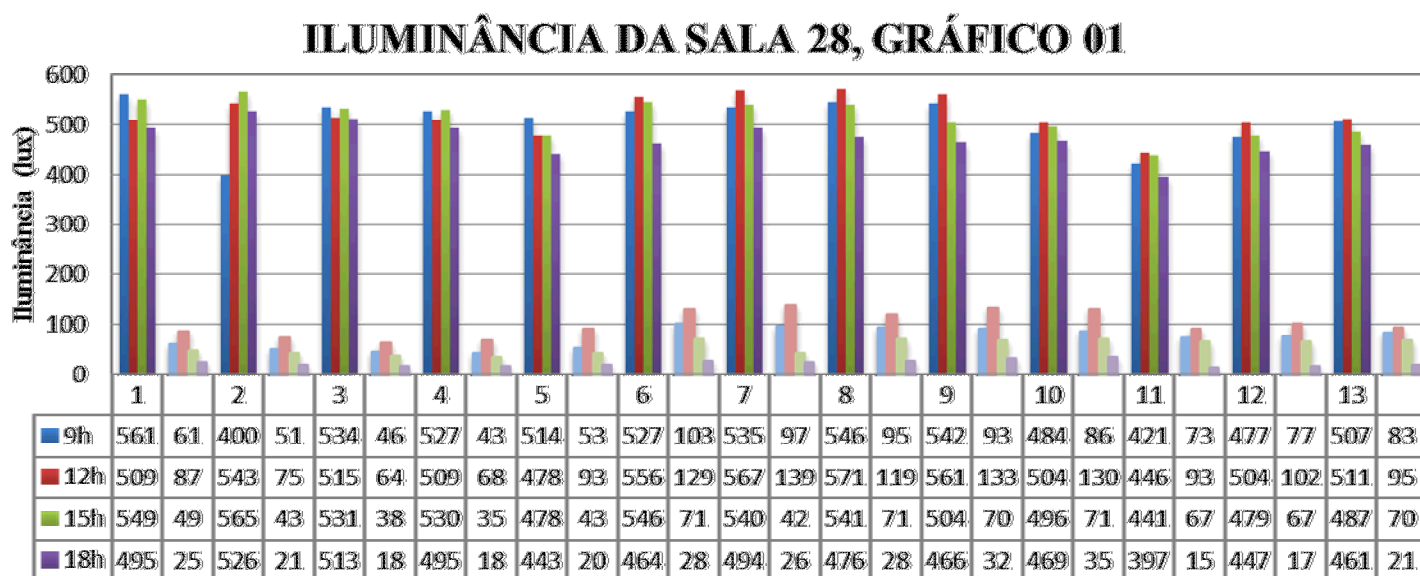
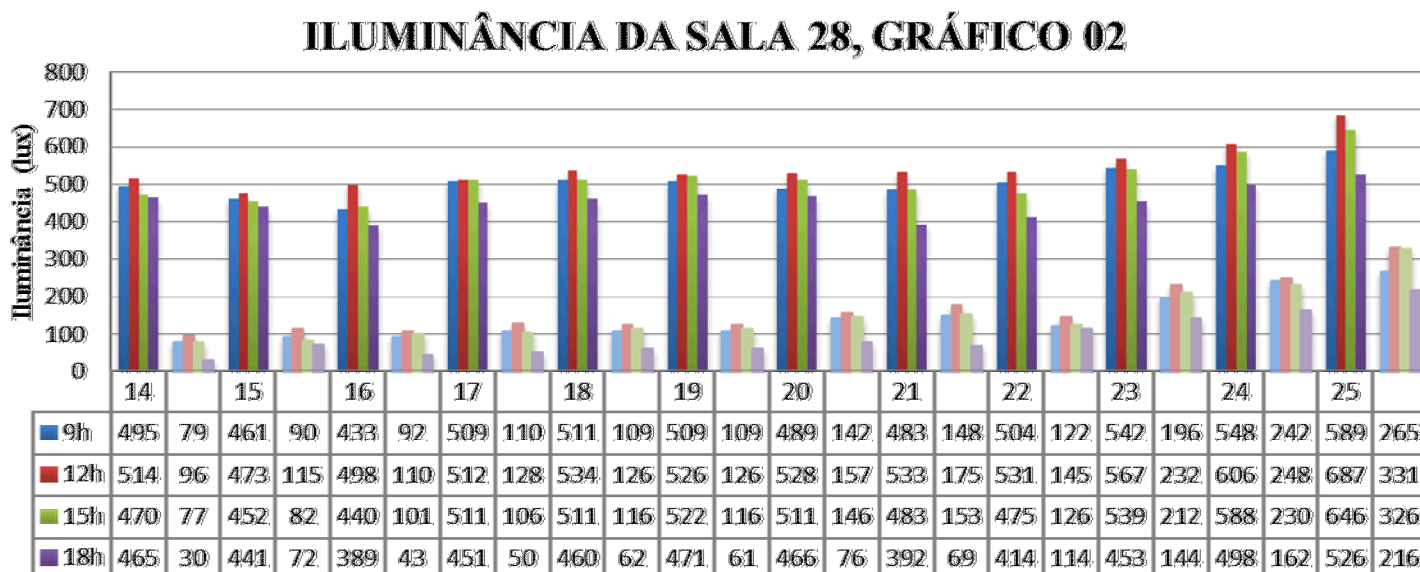


Figura 4 – Incidência de luz na sala 28 do ponto 14 ao 25.



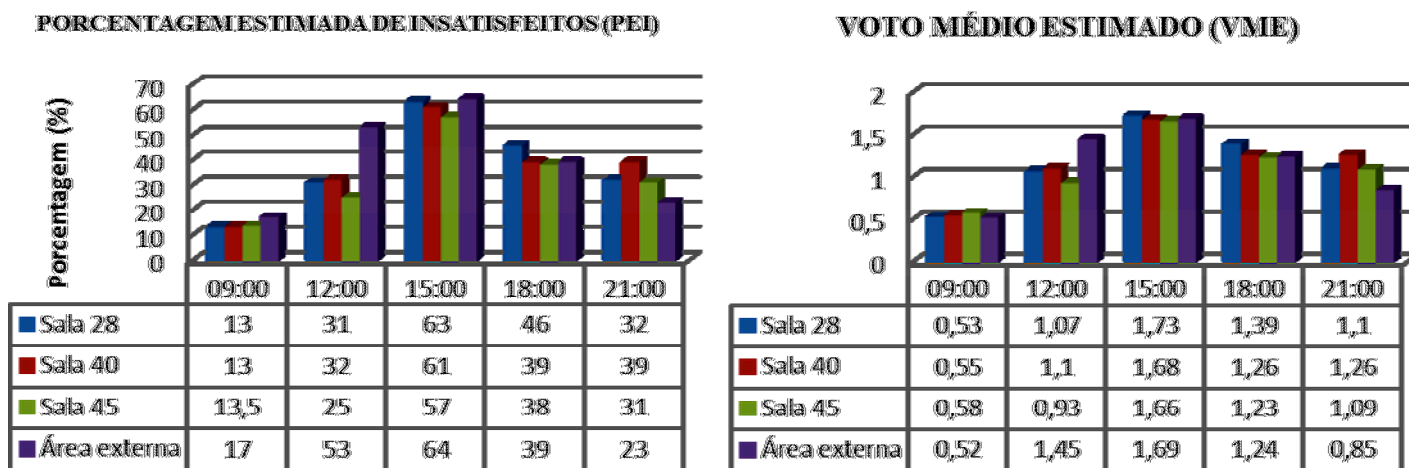
Através da avaliação da iluminação composta é possível verificar que a qualidade da luz nas salas de aula é otimizada principalmente nos horários entre 12h00 e 15h00. Todas as salas atingiram o nível de 300lux, considerado ideal para uma sala de aula. O nível de 500lux foi atingido na sala 40 apenas nos pontos mais próximos da janela. Contudo, a sala 28, na maioria dos dias, períodos e pontos, a incidência de luz chega próximo ou ultrapassa 500 lux, sendo esta sala a que melhor se adequa aos padrões de qualidade de conforto visual com iluminação artificial.

Entretanto, com o uso apenas da iluminação natural, o nível mínimo de iluminância (200lux) não foi atingido na maioria das medições, com exceção dos pontos próximos das janelas, na sala 40 e 28. Na sala 45, este nível foi alcançado apenas em um único ponto, ao meio-dia. Sendo assim, as salas com orientação sudoeste do bloco possuem melhor qualidade de iluminância, se adequando as normas de conforto visual.

4.1 Sensação térmica

Para a análise da sensação térmica serão apresentados exclusivamente os gráficos de voto médio estimado (VME) e porcentagem estimada de insatisfeitos (PEI). A norma ISO 7730/94 prevê que um ambiente é considerado termicamente confortável quando o índice encontrado está entre $-0,5$ e $+0,5$. Entretanto o único período em que o índice de adequou foi às 9h00, tanto no meio externo como no interno, em que esta variável foi de no máximo 0,58 na sala 45. Nos demais períodos, a sensação foi de desconforto, em que o mais crítico foi às 15h00 em que os níveis chegaram próximos a +2, sendo considerado “quente”.

Figura 5 – Gráfico da porcentagem média de insatisfeitos e de voto médio estimado. Na horizontal, em ambos, os horários e resultados obtidos; no eixo vertical, a porcentagem (PEI) os níveis estabelecidos por Fanger (VME).



Apesar dos resultados das variáveis térmicas registrarem uma temperatura elevada no meio externo, em alguns períodos, o gráfico de PEI, mostra que a quantidade de insatisfeitos não foi tão alta com relação ao meio interno, provavelmente devido à influência dos ventos. Assim como nos gráficos de VME, o período das 15h00 foi o mais crítico, chegando a 64% no ambiente externo e na sala 28 63%, no entanto, as 18h00 a sensação foi mais amena (ocorreu precipitação nesse período), tornando o ambiente mais confortável a partir deste período, contudo não atinge os níveis ideais estabelecidos por Fanger.

Pode-se concluir que em todos os períodos o ambiente encontra-se desconfortável, pois de acordo com a norma ISO 7730/94, no máximo 10% dos usuários podem estar insatisfeitos

para que o ambiente seja considerado confortável; através dos resultados observa-se que apenas no período das 9h00 nas salas de aula, esta porcentagem se aproximou, sendo a média no ambiente interno de 13%.

4 CONCLUSÃO

Observou-se que os resultados de iluminância nas salas estão diretamente relacionados com a condição do céu. Ao se tratar da iluminação natural, os pontos que atingiram o nível mínimo (200lux) foram àqueles mais próximos da janela, ou seja, nas demais localizações é preciso manter as luzes acesas em todos os períodos do dia, para garantir uma iluminância ideal. Porém, a sala 28, com orientação sudoeste, corresponde as condições necessárias de conforto visual, ao se tratar de iluminação composta, em que todos os pontos ultrapassam 300lux.

A sensação térmica dos usuários varia de acordo com diversos parâmetros, como por exemplo, a vestimenta, velocidade dos ventos e atividade exercida durante um determinado período de tempo. Os resultados de VME e PEI são proporcionais, pois quanto maior a sensação de calor dos usuários, maior é a porcentagem de usuários insatisfeitos. Os dados de PEI e VME demonstram que, no geral, o ambiente é termicamente desconfortável.

Com base nestas análises, pode-se notar que as salas de aula armazenaram calor durante todo o dia; mesmo com temperaturas baixas no ambiente externo, o ambiente interno permaneceu com temperaturas mais elevadas, devido ao calor retido durante os demais períodos, caso analisado durante o período das 21h00, após a precipitação ocorrida durante as 18h00.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR 15215-4**: Iluminação natural – parte 4: verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações – método de medição. ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR 5413**: Iluminação natural – parte 4: verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações – método de medição. ABNT, 2004.

DELIBERADOR, M. S.; KOWALTOWSKI, D. C. C. K. **Os elementos de conforto no processo de projeto escolar no estado de São Paulo**. In: XI ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUIDO (ENCAC) E VII ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO (ELACAC), 2011, Búzios. *Anais...*Búzios. Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ANTAC), 2011.

DUDEK, M. **Schools and Kindergartens – a design manual**. Berlin: Birkäuser, 2007.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de conforto térmico**. 5. Ed. São Paulo: Studio Nobel, 2001. Cap. 1, p. 19-29.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, **ISO DIS 10551**: Assesment of the influence of the thermal environment using subjective judgment scales. Genebra, 1995.

KRÜGER, E.; ADRIAZOLA, M. K. O.; MICHALOSKI, A. O. **Desempenho térmico de salas de aula do CEFET-PR**. In: VI ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUIDO (ENCAC) E III ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO (ELACAC), 2001, São Pedro. *Anais...*São Pedro. Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ANTAC), 2001.

PEREIRA, P. R. P.; KOWALTOWSKI, D. C. C. K. **Análise de ferramentas de avaliação de projetos de edificações escolares**. In: XI ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUIDO (ENCAC) E VII ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO (ELACAC), 2011, Búzios. *Anais...*Búzios. Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ANTAC), 2011.