

AVALIAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO E LUMINOSO DE PRÉDIOS ESCOLARES DA REDE PÚBLICA, CAMPINAS-SP

Lucila Chebel Labaki (1); Carolina Lotufo Bueno-Bartholomei (2)

(1) Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, DAC-Departamento de Arquitetura e Construção, CP 6021, CEP 13083-970, Campinas (SP) – Brasil,
Fone +55 (19) 3788-2384.

E-mail: lucila@fec.unicamp.br

(2) Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Laboratório de Conforto Ambiental e Física, CP 6021, CEP 13083-970, Campinas (SP) – Brasil, Fone +55 (19) 3788-2422.

E-mail: carollbb@cps.matrix.com.br

RESUMO

O conforto térmico e luminoso não tem sido intensamente estudado, no Brasil, quando se trata de ambientes escolares. Os projetos de escolas públicas não consideram aspectos de extrema importância como as altas temperaturas nas salas de aula na maior parte do ano, níveis adequados de iluminação nas salas e pátios, possíveis condições de ofuscamento, incidência direta de insolação nos alunos. Este trabalho apresenta resultados da avaliação de 15 escolas da rede pública estadual na região de Campinas – SP. A pesquisa de campo constou de levantamento dos parâmetros para a avaliação térmica e luminosa dos ambientes, observações sobre elementos de projeto que afetam o desempenho térmico e aplicação de questionários entre professores, funcionários, alunos e diretor das escolas. O conforto térmico foi avaliado pelo método do Voto Médio Estimado, e o conforto luminoso tendo em vista os níveis de iluminação recomendados, a uniformidade, níveis de contraste e outros fatores que podem afetar o desempenho luminoso do ambiente. Observando-se todos os dados coletados, pode-se afirmar que os problemas de conforto térmico e luminoso observados nas escolas de Campinas, não muito distintos daqueles encontrados em outras regiões brasileiras, apresentam soluções passíveis de serem implementadas sem grandes dificuldades.

ABSTRACT

Thermal and luminous comfort is not largely studied, in Brazil, when dealing with school environment. The design of public schools does not consider aspects of extreme importance such as high temperatures in the classrooms in most of the year, appropriate levels of illumination in the rooms and courtyards, possible glare conditions, direct sunshine incidence in the students. This work presents results of the evaluation of fifteen São Paulo State public schools in the area of Campinas - SP. The field research consisted of collecting the parameters influencing thermal and luminous environment, observations of design elements that affect the thermal performance and application of questionnaires among teachers, employees, students and director of the schools. Thermal comfort was evaluated through the method of the Predicted Mean Vote, and the luminous comfort having in mind the recommended illumination levels, uniformity, contrast levels and other factors that can affect the luminous performance of the environment. The analysis of all collected data, has shown that the problems of thermal and luminous comfort observed at the schools Campinas present solutions which could be easily to implemented, not too much different from those found in other Brazilian areas.

1. INTRODUÇÃO

Uma das funções dos espaços construídos é atender ao bem estar do ser humano, de modo que ele possa desenvolver suas atividades com conforto em todos os aspectos sensoriais. A melhoria das condições térmicas e luminosas no ambiente construído deveria ser uma preocupação constante, tanto por parte dos projetistas quanto dos usuários da edificação.

A edificação escolar é um equipamento de significativa importância no contexto social, cultural e econômico de um país, por proporcionar condições de ensino à população. A escola tem sido no Brasil não apenas uma fonte de ensino, mas também transformou-se em um pólo de assistência social. Nestas condições o prédio escolar abriga funções variadas, muitas vezes não contempladas no programa arquitetônico original do edifício escolar. A função principal da escola é a formação básica da população futura do país. Essa função é ampliada e em momentos substituída por funções sociais e assistenciais como a oferta de alimentação mínima por meio de merenda escolar, da guarda de menores enquanto os pais trabalham, de transmissor de conhecimentos socialmente importantes como a educação sexual, ambiental, de saneamento e higiene. Dessa forma, algumas escolas públicas foram utilizadas como objeto de estudo neste trabalho.

1.1 Conforto térmico

Apesar da adequação do ambiente construído ao clima ser um assunto pesquisado em todo o mundo, encontra-se ainda um grande número de ambientes inadequados. Essa inadequação tem um enorme custo social, gerando um grande desconforto térmico ao usuário, comprometendo sua saúde e disposição para realizar as atividades, além de onerar gastos com equipamentos mecânicos de condicionamento térmico. Para produzir uma arquitetura adaptada ao clima, tanto a nível interno como externo à edificação, são necessários alguns conhecimentos específicos. O ambiente físico do ser humano consiste de diversos elementos numa inter-relação bastante complexa. Esses elementos são físicos: luz, som, clima, o espaço e os seres animados. Todos atuam diretamente sobre o corpo humano, que pode absorvê-los ou reagir a seus efeitos. As reações físicas e psicológicas resultam dessa luta pelo equilíbrio biológico. A aplicação de princípios que visam a obtenção de um ambiente saudável, onde o ser humano encontre conforto em todos os aspectos sensoriais, deve ser coerente com a atividade a ser realizada, proporcionando o bem estar desejável. A adequação da arquitetura ao clima beneficia o ser humano sob diversos aspectos, proporcionando-lhe conforto térmico, beneficiando a saúde e o melhor desempenho das atividades quotidianas, diminuindo o consumo de energia para obtenção de conforto térmico por meios ativos.

O conforto térmico de um ambiente é essencial para a sensação de bem-estar e o bom desenvolvimento das atividades dos usuários. Situações de desconforto, causadas seja por temperaturas extremas, falta de ventilação adequada, umidade excessiva combinada com temperaturas elevadas, radiação térmica devido a superfícies muito aquecidas, podem ser bastante prejudiciais, causando sonolência, alteração nos batimentos cardíacos, aumento da sudorese. Psicologicamente tem também seus efeitos, provocando apatia e desinteresse pelo trabalho. Estas situações são extremamente desfavoráveis num ambiente escolar. Estudos sobre conforto térmico no ambiente escolar mostram essa necessidade

1.2 Conforto luminoso

As necessidades de iluminação num ambiente estão relacionadas a uma percepção visual adequada, a qual será conseguida se houver luz em quantidade e qualidade suficientes. Além da necessidade de boa iluminação para a execução de tarefas, existem necessidades biológicas inerentes ao ser humano, que afetam o processo de percepção visual e a psicologia. Os estudos nacionais sobre o conforto visual demonstram a necessidade de uma iluminação adequada para a orientação espacial, a manutenção da segurança física, a delimitação do território pessoal e o reconhecimento das atividades que dependem da percepção da ordem no campo visual. A iluminação natural é destacada como fator importante para propiciar contato com os elementos da natureza e orientação temporal, para o ajuste do relógio biológico.

Para a adequação das condições da qualidade luminosa são importantes: a quantidade de luz natural e artificial suplementar, o uso de cores nas superfícies dos ambientes internos para controlar altos níveis de contraste, além do controle de superfícies no entorno da edificação escolar, que interferem na reflexão da radiação solar. Ainda devem ser considerados os elementos de proteção nas aberturas, que se fazem necessários em relação ao ofuscamento. O controle da insolação é importante também em relação ao conforto térmico. Os quebra-sóis podem ser usados tanto para o re-direcionamento, como para difusão da luz. Muitas condições de iluminação em salas de aulas são inadequadas nestes aspectos e podem ser melhoradas com soluções simples, como a pintura adequada das superfícies, eliminação de cortinas, colocação ou troca de elementos de proteção nas janelas, bem como iluminação artificial suplementar adequada, isto é, aquela cujo espectro seja semelhante ao da luz natural. A lotação das salas também pode interferir na iluminação. A ampliação e a mudança de orientação das aberturas são recomendadas em alguns casos. Os resultados das pesquisas de avaliação do conforto visual demonstram uma falta de procedimentos adequados para o projetista de ambientes escolares que em geral limita-se à determinação de um nível de iluminação mínimo. É importante incluir métodos de avaliação de projeto com critérios detalhados para a especificação dos elementos arquitetônicos determinantes da boa iluminação (ALVAREZ, 1995).

Níveis inadequados de iluminação para determinada tarefa visual podem provocar problemas físicos, como dor de cabeça e deficiência visual. Para uma análise e avaliação da qualidade luminosa de um ambiente, devem ser considerados: níveis de iluminação recomendados para a tarefa visual; níveis de iluminação observados; uniformidade e níveis de contraste; distâncias entre o usuário e o objeto, que afetam a visibilidade; existência de ofuscamentos; uso das cores nas superfícies; elementos externos e internos de proteção da insolação direta, tais como brises e cortinas; iluminação artificial suplementar.

2. METODOLOGIA

Para este estudo de conforto térmico e luminoso foram analisadas 15 escolas da rede pública estadual, escolhidas aleatoriamente com base estatística entre as 150 escolas estaduais localizadas na região de Campinas, SP. Foram aplicados questionários junto às diretoras das escolas, funcionários, professores e alunos, alfabetizados e não alfabetizados. Nestes questionários foram levantados os níveis de satisfação, preferências e desejos dos usuários. Foram analisados 43 ambientes (salas de aula e pátio) nas 15 escolas em três horários específicos (8:00h, 12:00h e 16:00h). Foram aplicados 1891 questionários (15 diretores, 48 funcionários, 56 professores, 1414 alunos alfabetizados e 358 alunos em alfabetização). A avaliação do conforto térmico e luminoso foi apresentada de acordo com as observações, satisfação dos usuários e medições realizadas.

Para a avaliação do conforto térmico, as observações realizadas em cada sala de aula constaram dos seguintes elementos:

- a) elementos de sombra: cortinas, persianas, brises externos, objetos externos, vegetação;
- b) condições de ventilação: janelas abertas, e em que proporção, portas abertas, elementos vazados, ventilação cruzada;
- c) ventiladores: de que tipo – de teto ou de parede, móvel ou fixo, ligado ou desligado;
- d) existência de mofo: em que local;
- e) reflexão de raios solares nas superfícies vizinhas: grama, piso de cimento, paredes, brises, outros.

As avaliações nas escolas foram feitas ao longo do primeiro semestre do ano de 1999. Houve medições em dias de bastante calor e em dias frios. Para selecionar os dias frios foram colhidos no Centro de Pesquisas para a Agricultura – CEPAGRI – UNICAMP, os dados meteorológicos correspondentes aos dias das medições. Tendo em vista esses dados e os resultados obtidos para algumas escolas, decidiu-se efetuar nova avaliação de conforto térmico, em dias cujas condições meteorológicas fossem mais adequadas para diagnosticar problemas relacionados ao conforto térmico de verão, que são os que mais afetam a região. Isso ficou decidido para as escolas nas quais a temperatura máxima no dia das medições foi inferior a 25,0°C.

As medições dos parâmetros ambientais envolveram: temperatura de bulbo seco (TBS), temperatura de bulbo úmido (TBU), temperatura de globo (TG), velocidade do ar (Var). A partir dos dados de TBS e TBU foi calculada a umidade relativa (UR), e a partir da velocidade do ar e de TG foi calculada a temperatura radiante média. Dados sobre a atividade desenvolvida (metabolismo) e resistência térmica da roupa foram tomados de tabelas, de acordo com a norma ISO 7730 (1994), segundo a observação no momento das medições. As medições foram realizadas nos horários das 8:00h, 12:00h e 16:00h, bem representativos das três situações típicas de cada dia. De posse de todas essas informações, foi calculado o Voto Médio Estimado (VME) e a Porcentagem Estimada de Insatisfeitos (PEI) (ISO 7730, 1994), o que permitiu analisar o desempenho térmico a partir dos parâmetros de conforto. É importante salientar que, de acordo com as normas ISO 7730/94, um ambiente é considerado termicamente confortável quando pelo menos 90% dos usuários estejam satisfeitos, isto é, o valor da porcentagem estimada de insatisfeitos (PEI) deve ser no máximo 10%. Isso corresponde a valores do VME entre $-0,5$ e $0,5$ (neutralidade térmica).

Quanto à satisfação do usuário em relação ao conforto térmico, esse resultado foi apresentado com a avaliação pelo professor (uma pessoa) e em seguida a avaliação pelos alunos, para cada sala de aula e para cada horário. No geral, com poucas exceções, as avaliações pelos usuários foram coerentes com os resultados das medições.

Já para a avaliação do conforto luminoso, as observações realizadas em cada sala de aula constaram dos seguintes elementos:

- a) existência de ofuscamento: horário, local e origem do mesmo;
- b) condições de céu: para cada horário, se claro, parcialmente encoberto ou encoberto;
- c) características das janelas: se há visão externa, tipo de vidro (liso, texturizado, pintado);
- d) tipo de iluminação natural: se lateral ou zenital, com os dados referentes a cada caso;
- e) tipo de iluminação artificial: se existe, se é lâmpada fluorescente ou incandescente, situação ligada ou desligada, posição do controle, se na sala ou fora dela.

Quanto à satisfação do usuário em relação ao conforto luminoso, esse resultado também foi apresentado com a avaliação pelo professor (uma pessoa) e em seguida a avaliação pelos alunos, todos para cada sala de aula e para cada horário. Como na avaliação do conforto térmico, com poucas exceções, as avaliações de conforto luminoso pelos usuários foram coerentes com os resultados das medições.

Para a avaliação física da iluminação dos ambientes adotou-se o seguinte procedimento: medições dos níveis de iluminância, realizadas com um luxímetro, cujo sensor é colocado sobre as carteiras, sobre a mesa da professora e junto à lousa, anotando-se na folha de observações a localização das janelas, portas e lousa. Foram adotados três horários: 8:00, 12:00 e 16:00 horas. As medições foram realizadas nas condições reais de uso, em relação à iluminação artificial, e os resultados comparados com as recomendações da NB-57 - Norma Brasileira referente aos níveis adequados de iluminamento de interiores. Foi calculado também, para cada ambiente e horário de medições, o Fator de Uniformidade.

As condições do entorno à edificação também foram observadas, tanto o exterior ao terreno da escola como o ambiente interno do lote. A maioria das escolas (60%) encontra-se em bairros residenciais unifamiliares com ruas pavimentadas e ponto de ônibus nas proximidades. As outras localizam-se em bairros comerciais ou industriais, mas também com fácil acesso ao transporte coletivo. Quanto ao interior do terreno, observou-se que nenhuma das escolas possui projeto paisagístico ou mesmo um estudo sobre os melhores locais para o plantio das árvores. Há um equilíbrio entre o número de escolas com muitas árvores dispostas pelo terreno e aquelas com pouca ou nenhuma arborização: 1) 53% das escolas não possuem arborização ou algumas árvores estão distribuídas aleatoriamente pelo lote, o que, na maioria dos casos, não influenciaria nos ambientes internos das escolas; 2) 47% das escolas possuem muitas árvores distribuídas pelo lote, o que, de certa forma, pode contribuir para a melhoria do conforto térmico tanto interno como externo, mesmo que seu plantio não tenha levado esse aspecto em consideração.

3. RESULTADOS

3.1 Conforto térmico

Como exemplo dos dados coletados e das análises realizadas em cada escola, são apresentados na Tabela 1 os resultados das medições feitas na sala 2 da E.E.P.G. Prof. Roque de Magalhães Barros.

Tabela 1: Resultados Experimentais. Conforto Térmico: E. E. Prof^o Roque de M. Barros - Sala 2

| Hora | TBS (°C) | TBU (°C) | UR (%) | TG (°C) | Var (m/s) | TRM (°C) | Ativ. (W/m ²) | Vest. (clo) | VME | PEI (%) |
|-------|----------|----------|--------|---------|-----------|----------|---------------------------|-------------|------|---------|
| 8:00 | 24,0 | 20,5 | 73,0 | 24,0 | 0,2 | 24,0 | 58 | 0.5 | -0,3 | 7,2 |
| 12:00 | 25,5 | 23,0 | 81,0 | 28,6 | 0,2 | 28,2 | 58 | 0.5 | 0,5 | 11,8 |
| 16:00 | 29,5 | 21,5 | 49,0 | 30,0 | 0,2 | 29,9 | 58 | 0.3 | 1,3 | 45,1 |

TBS; Temperatura de bulbo seco, TBU: temperatura de bulbo úmido; UR: umidade relativa; TG: temperatura de globo; V_{ar}: velocidade do ar; TRM: temperatura radiante média; VME: Voto Médio Estimado; PEI: Porcentagem Estimada de Insatisfeitos.

Analisando-se os resultados obtidos para as várias escolas, observa-se duas situações típicas: no período frio, as salas apresentam situação de frio ou ligeiramente frio pela manhã, melhorando ao meio-dia e à tarde, quando passam a confortáveis. Situações de frio foram detectadas com frequência em pátios, naqueles onde o movimento do ar era pronunciado, com grande exposição dos alunos ao vento frio. Em algumas salas de aula de uma determinada escola, verificou-se a necessidade de proteção contra a ventilação, principalmente pela manhã, em dias frios. Já em outra, verificou-se situação de frio nas salas de aula devido a valores altos da velocidade do ar, ao passo que o pátio se mostrou confortável.

Nas medições realizadas no período de verão, observou-se em várias escolas situações confortáveis no primeiro horário da manhã, passando para ligeiramente quente ao meio-dia, e situações bastante desconfortáveis à tarde. Situações bastante desconfortáveis foram observadas pela falta de forro, em telhado com telhas de amianto. Nesse caso a temperatura radiante se eleva bastante, além da sensação de desconforto localizado (radiação térmica afetando principalmente a cabeça das pessoas). Houve situações de desconforto devido à umidade e temperatura elevadas, no caso de medição em dia de chuva, com alguma melhora à tarde, quando os ventiladores estavam ligados. Nos pátios, as situações de desconforto com sensação de calor foram devidas à falta de proteção contra a insolação, ou à cobertura com telhas de fibrocimento, sem forro, com intensa radiação térmica.

Para uma proposta de melhoria do conforto térmico, podem ser indicadas soluções viáveis, sem que haja modificações no que diz respeito à arquitetura do prédio. Além disso, a maioria dos ambientes das escolas estudadas tem orientação para leste ou oeste, dando uma indicação de que o problema da insolação nos edifícios não é levado em conta na fase de projeto. Existem ainda fatores culturais, que influem na noção, por exemplo, de que uma fachada com orientação leste é saudável, pois recebe o "sol da manhã". É preciso, portanto, encontrar soluções alternativas, tendo em vista que não é possível alterar a orientação.

A solução indicada é a instalação de dispositivos de proteção solar, que podem ser protetores internos (cortinas) ou externos (brises). Esses protetores podem ser constituídos de diversos materiais, possuir diferentes formas geométricas e cores. Algumas escolas adotaram como dispositivos de sombra a pintura nos vidros. Essa solução demonstrou ser imprópria, pois não resolve o problema de ganho de calor solar e dificulta o aproveitamento da iluminação natural. Os protetores externos são mais indicados em se tratando da radiação solar direta, enquanto que os protetores internos podem ser usados nos casos de controle da radiação difusa (que incide em várias direções).

A vegetação também pode ser uma solução adequada, principalmente quando se trata do controle da radiação solar refletida por superfícies próximas, como pavimentos ou outras edificações. Essa componente refletida pode ser controlada pela redução da refletividade das superfícies próximas. Como a vegetação utiliza a energia solar para seu próprio desenvolvimento (fotossíntese), o calor absorvido e reirradiado para o meio é significativamente menor do que com superfícies constituídas de materiais de construção correntes. A refletividade também é baixa, o que atenua a componente. Assim,

é importante não somente dispor de árvores de uma certa altura para o sombreamento da edificação, como uma vegetação rasteira em lugar de pavimentos pode contribuir significativamente para a melhoria do ambiente térmico.

Existem também outras soluções práticas para atingir a melhoria do conforto térmico, relacionadas ao bom aproveitamento da ventilação natural. Esta pode influenciar no conforto tanto em relação ao frio como ao calor. Os elementos de vedação nas aberturas do ambiente devem controlar esta ventilação no inverno, deixando apenas um mínimo, ou algumas horas do dia, para a ventilação higiênica, mas evitando-se o movimento de ar que contribui para a sensação de frio. Já a abertura destes elementos e a ajuda de ventilação artificial, podem melhorar o ambiente no que diz respeito à sensação de calor. Como por exemplo, numa das escolas estudadas, um dos motivos de desconforto em relação à sensação de frio pode ser explicado pela alta taxa de ventilação (expressa em velocidade do ar), enquanto que, em outras escolas cujas medidas foram realizadas no verão, uma ventilação adequada poderia diminuir o desconforto em relação à sensação de calor.

Resultados de outras pesquisas que avaliam o conforto térmico de edificações escolares em clima quente mostram em seus resultados um quadro muito parecido, independentemente da região e tipologia construtiva pesquisada. A maioria das escolas é considerada quente no verão e com ventilação inadequada. Este resultado está intimamente relacionado com a orientação das aberturas em salas de aulas e a inadequação dos elementos de proteção solar, gerando assim insolação excessiva. Mesmo sendo a orientação inadequada uma condição difícil de ser corrigida, podem ser introduzidos adequadamente dispositivos de controle solar, que evitem a incidência de insolação sobre os usuários da sala de aula, melhorando expressivamente seu conforto térmico. Um grande número de avaliações mostra que nas salas de aula do pavimento térreo, no caso de escolas de dois pavimentos, o conforto térmico é maior. Isto se relaciona diretamente com o detalhamento do telhado das construções, onde falta o isolamento térmico adequado e há ausência de ventilação no ático, entre a laje e o telhado da edificação. Estes elementos de melhoria podem ser introduzidos facilmente na maioria das escolas. A ventilação natural em níveis adequados para o conforto nas épocas de calor é um problema mais complexo, nem sempre possibilitando soluções construtivas simples. O aumento de aberturas implica em troca ou adição de esquadrias. A ventilação cruzada, indicada como uma solução simples, muitas vezes cria problemas de acústica, quando são abertas janelas ou portas para ambientes como corredores ou o pátio (MIMBACAS et al. (1998), BITTENCOURT et al. (1995) e SAN JUAN E ROSENFELD (1995)).

Na pesquisa realizada com as escolas estaduais de Campinas, começando pelos terrenos onde estão implantados os prédios escolares, observa-se o não aproveitamento do espaço disponível e a falta de cuidados como um paisagismo adequado e uma manutenção periódica. A implantação das edificações na maioria dos casos não segue um planejamento adequado no aproveitamento do lote e na orientação dos ambientes funcionais e as suas aberturas. Estas condições levam a problemas, principalmente referentes à insolação direta sobre os alunos em sala de aula, ofuscamento no quadro negro e em alguns casos a interferência de ruídos externos. Observou-se uma preferência de orientação das aberturas de salas de aula para o leste, sendo que o sol da manhã é considerado na literatura como saudável. No entanto, as atividades escolares iniciam-se às sete horas da manhã, criando assim condições de insolação direta nas salas por um longo período de tempo e conseqüente aquecimento excessivo. Para amenizar esta situação as escolas introduzem cortinas ou painéis de lona internamente que diminuem tanto a ventilação como a iluminação natural, prejudicando o conforto térmico e visual. Há também uma preferência pelo projeto de corredor central, ficando a distribuição de salas com orientação oposta, fato que cria termicamente duas situações que não são tratadas de forma adequada.

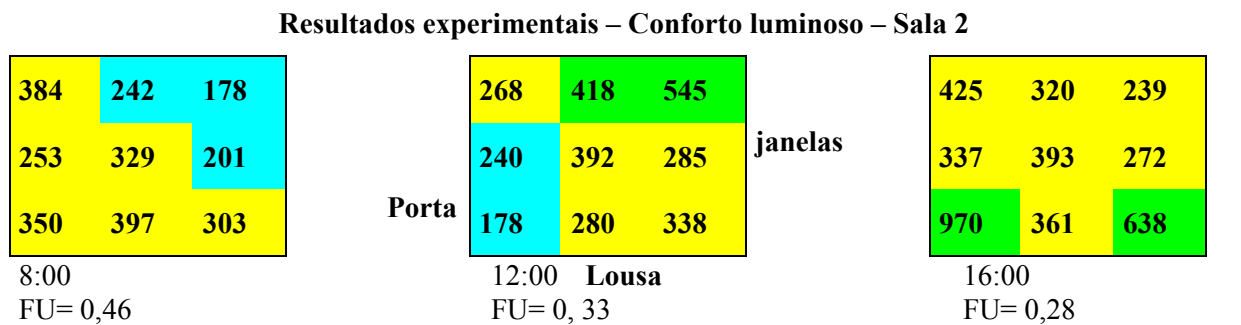
3.2 - Conforto luminoso

Quanto à avaliação do conforto luminoso, entre todos os ambientes das quinze escolas analisadas, houve uma única sala de aula que apresentou níveis de iluminação dentro dos limites da norma em todos os horários. Os principais problemas detectados em relação a baixos níveis de iluminação foram: mau funcionamento das lâmpadas, cortinas fechadas em condições de céu encoberto, baixa reflexão da luz devido à pintura das paredes com cor escura ou ao fato da pintura estar muito suja. Uma das escolas tinha vidros pintados em cor escura, o que prejudicou os níveis de iluminação, porém no

horário das 12 horas a claridade mesmo assim foi intensa. Em outra, foram observados baixos níveis de iluminação, pela manhã, no canto esquerdo superior e canto direito inferior, devido aos elementos de proteção existentes na parte externa desses locais. Problemas de baixa iluminação também ocorreram devido à presença de muro, muito próximo às janelas.

Foram observados casos de brises, os quais porém não resolveram problemas de insolação excessiva: uma das salas de aula apresentou alta insolação e falta de uniformidade na distribuição de luz no horário da manhã, no lado da sala próximo às janelas, devido à insuficiência de proteção dos brises e péssimo estado das cortinas. Outras salas apresentaram problema de ofuscamento na lousa, em alguns ou todos os horários. Problemas de insolação e alto nível de claridade nas áreas da sala de aula próximas às janelas também foram observadas, em alguns e até mesmo em todos os horários, devido a má orientação da sala e ineficiência das cortinas. O uso adequado das cortinas evitaria o excesso de insolação e claridade na sala. O ofuscamento da lousa seria evitado usando um toldo, de material claro e translúcido, sobre a parte superior externa das janelas no local onde não há proteção de cortinas. Outra solução seria o plantio de árvores nas proximidades das aberturas. Nos pátios, foram observados problemas de ofuscamento no chão, devido à claridade excessiva, falta de uniformidade mesclando pontos bem e mal iluminados, devido a lâmpadas queimadas e à orientação das aberturas. Em algumas escolas, os pátios apresentaram baixo nível de iluminação em todos os horários, devido às lâmpadas estarem desligadas. Possíveis soluções para os problemas dos pátios são o redimensionamento de sua iluminação: deixar as lâmpadas ligadas durante a realização de atividades, ou durante os horários dos intervalos dos alunos ou o plantio de árvores, para evitar a insolação em excesso.

Como exemplo dos dados coletados e das análises realizadas em cada escola, são apresentados na Figura 1 os resultados das medições feitas na E.E.P.G. Prof. Roque de Magalhães Barros.



Condições do céu, aberturas, cores das paredes internas e elementos de proteção: Idem à sala 1.

Orientação das Aberturas: Janelas – Sudeste; Porta – Noroeste; **Iluminação artificial:** 16 lâmpadas fluorescentes de 40W/120V divididas em 8 luminárias dispostas em 2 fileiras com 4 luminárias.

Legendas para níveis de iluminação: Azul, abaixo de 250 lx; Amarelo, de 250 a 400lx; Verde, acima de 400 lx

Figura 1: Resultados experimentais dos níveis de iluminação para a sala 2 da E.E. P.G. Prof. Roque de Magalhães Barros

4. CONCLUSÃO

Há recomendações básicas para o clima da região sudeste do Brasil, que, sendo obedecidas, poderiam oferecer condições bastante adequadas de conforto térmico (CHVATAL et al., 2000). Recomenda-se temperaturas em torno de 23°C, com possibilidade de uma boa ventilação cruzada na altura das pessoas sentadas. É ainda necessário que as áreas de vidro (janelas) nunca estejam orientadas para leste ou oeste. Devem ter proteção solar em forma de beiral e brise horizontal, instalado externamente ao ambiente. Os dispositivos de proteção solar precisam de um detalhamento técnico para serem eficientes e também para não prejudicarem a iluminação natural interna da edificação. As construções devem privilegiar os materiais cerâmicos e as cores claras nas superfícies externas. A cor branca, principalmente, reflete os raios solares minimizando a absorção de calor pela parede e, no caso de superfícies internas, ajuda na reflexão da luz. Assim, evita-se o acúmulo de calor e melhora-se as condições de iluminação dos ambientes internos. O forro é essencial nos ambientes com atividades de longa duração, pois aumenta significativamente a resistência térmica da cobertura, atenuando a intensidade do calor transmitido do telhado para o interior da edificação. Recomenda-se ainda a

ventilação do espaço entre o forro e o telhado da construção. Deve-se ter o maior cuidado com o entorno do prédio escolar, através de um projeto paisagístico. A distribuição de arbustos, árvores, flores e a implantação de uma horta no terreno e pátio da escola, amenizam as condições térmicas no calor. Nos dias frios recomenda-se o controle das aberturas e o uso de vestuário apropriado, como agasalhos, calças compridas, meias e sapatos. No pátio coberto deve-se evitar as correntes de ar, através do fechamento do lado sul do mesmo, com possibilidade de abertura no verão.

Concluindo, pode-se dizer que o quadro geral relativo ao conforto térmico e luminoso nas escolas estaduais de Campinas não foge ao encontrado em outras regiões brasileiras. Um comentário bastante positivo é que os problemas detectados, em sua maioria, têm solução acessível, sem grandes despesas. No caso do conforto luminoso, como a iluminação artificial acaba sendo utilizada como complemento quase que constante da iluminação natural, seu dimensionamento correto e manutenção adequada já resolvem em muitas situações os problemas detectados. Outro resultado positivo é que a pesquisa mostrou ser possível trabalhar com os alunos e professores, de modo a criar uma consciência ambiental, no sentido de que é um direito dos usuários do ambiente escolar exigir e contribuir para que este atinja níveis adequados para o desempenho de suas atividades. Essa tomada de consciência dos usuários, alunos e professores, possibilitando que ajudem a construir um ambiente adequado para o desempenho de suas atividades, contribuirá de forma significativa para a melhoria do conforto nas escolas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVAREZ, A. C. (1995) Procedimentos para análise e avaliação da iluminação em ambientes escolares. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO. *Anais...*Rio de Janeiro, RJ, pg. 587-592
- BITTENCOURT, L. et al., (1995) Efeito de protetores solares verticais e horizontais na ventilação natural de salas de aula do 2º grau. In: III ENCONTRO NACIONAL; I ENCONTRO LATINOAMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. *Anais...*Gramado, RS, pag. 383-388.
- CHVATAL, K. M. S., LABAKI, L. C., KOWALTOWSKI, D.C.C.K. (2000) Estudo do clima de Campinas: a dificuldade de caracterização e proposição de recomendações de projeto para climas compostos, In: ENTAC 2000, *Anais...*SALVADOR, BA, VOL. 2, PG. 1274-1282
- INTERNATIONAL ORGANISATION FOR STANDARDISATION, (1994) Geneva. *ISO 7730*; moderate thermal environments-determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort. Geneva.
- MIMBACAS et al., (1998) Avaliação do desempenho térmico, lumínico e acústico: escola padrão de alvenaria (EPA) e "Projeto Nova Escola". In VII ENTAC. *Anais...* Florianópolis, SC.
- SAN JUAN, G. A. & ROSENFELD, E. (1995) El diseño bioclimático de edificios de uso discontinuo en educación. In: III ENCONTRO NACIONAL; I ENCONTRO LATINOAMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. *Anais...*Gramado, RS, pag. 365-370

6. AGRADECIMENTO

À FAPESP, pelo Auxílio à Pesquisa, através do programa FAPESP - Ensino Público (Processo 97/02563-8) e pela Bolsa de Doutorado para C.L.B-B (Processo 97/12805-9).