

UMA ANÁLISE EM SALAS DE AULA SOBRE O DESIGN DE AMBIENTES E SUAS CONTRIBUIÇÕES PARA O CONFORTO TÉRMICO

**Viviane Gomes Marçal (1); Henor Artur de Souza (2);
Mylene Fernandes Batista (3); Nayara C. Viana Pedro (4)**

(1) Designer de Ambientes, Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Propec UFOP, gomesvivi@gmail.com

(2) Doutor, Professor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Propec UFOP, henorster@gmail.com

(3) Graduanda em Design de Ambientes, Escola de Design – UEMG, mylenefer.batista@gmail.com

(4) Graduanda em Design de Ambientes, Escola de Design – UEMG, nayaracarolinapedro@gmail.com
Universidade Federal de Ouro Preto, Departamento de Engenharia Civil, Laboratório de Conforto Ambiental, Campus Universitário Morro do Cruzeiro, Ouro Preto - MG, 35400-000,
Tel.: (31) 3559-1482

RESUMO

O conforto térmico nos espaços interiores de edificações escolares é bastante significativo e pode corroborar para a melhoria da permanência no ambiente acadêmico, assim como no desempenho dos estudantes. Neste sentido, pretende-se ressaltar as contribuições do design de ambientes a partir da análise do ambiente térmico da sala de aula e as percepções dos usuários. Como metodologia de estudo, realizou-se coleta de dados com sensores ligados a um *data logger*, e aplicação de questionário em duas turmas e horários distintos. Como resultados verificou-se que é fundamental a compreensão das relações do usuário e ambiente, no sentido de priorizar uma abordagem focada nas necessidades dos usuários. As salas de aula, assim como outros ambientes, devem ser planejadas de forma a atender as necessidades humanas, e o design de ambientes, uma especialização da área do “Design” configura-se como articulador de diversas áreas, tais como arquitetura e engenharias de modo a conferir conforto, segurança e eficiência no uso dos espaços.

Palavras-chave: design de ambientes, sala de aula, conforto térmico.

ABSTRACT

Thermal comfort in the interior spaces of school buildings is significant and could help to improve the stay in academia as well as in student performance. In this sense, intend to emphasize the environments of design contributions from the thermal environment analysis of the classroom and the perceptions of users. As study methodology was held data collection with sensors connected to a data logger, and a questionnaire in two groups at different times. As a result it was found that it is essential to understand the user relations and environment, to prioritize an approach focused on the needs of users. The classrooms, as well as other environments, should be planned to meet human needs, and design environments, a specialization area of "Design" appears as articulator of different areas such as architecture and engineering of to provide comfort, security and efficient use of space.

Keywords: interior design, classroom, thermal comfort.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, os primeiros projetos arquitetônicos escolares de caráter público foram desenvolvidos no período da República. Na configuração do espaço implantou-se as concepções pedagógicas, fazendo do ambiente escolar um importante vetor na ação educativa. Essas concepções pedagógicas são semelhantes às que se conhece hoje, as salas de aula distribuía as classes por séries e em cada sala havia um professor. Para o discurso republicano, como descreve Silva (2007), a instrução primária deveria ser obrigatória, universal e gratuita. Acreditava-se que por meio da educação, sobretudo a popular, o Brasil poderia superar o seu atraso econômico e cultural.

Com o processo de urbanização e industrialização houve a necessidade de elaborar um modelo arquitetônico escolar padronizado a ser replicado em todo o país, a fim de agilizar a construção desses edifícios. O objetivo era suprir a demanda crescente por salas de aula e de acordo com Ferreira e Melo (2006), esse objetivo priorizava a quantidade de vagas disponibilizadas e não a qualidade do ambiente de ensino.

Embora os conceitos de qualidade e quantidade não sejam excludentes, a história demonstra que sua articulação nem sempre ocorreu. Essa questão mostra-se agravada quando se trata de obras públicas, nas quais, a equação desses dois aspectos depende de fatores políticos e de limitações existentes, muitas vezes relativas aos prazos, aos recursos disponíveis, à própria legislação vigente e até a disponibilidade de áreas para novas construções (VIANA, 2013, p. 37).

“Ainda predominam no Brasil as edificações com salas de aula tradicionais, que não tiveram seu conceito espacial alterado em função das mudanças das metodologias pedagógicas e demandas sociais vivenciadas nos últimos anos” (VIANA, 2013, p. 23). Atualmente, além de oferecer suporte para o ensino, são locais que promovem a socialização e interação dos usuários, fatores esses essenciais ao desenvolvimento social. Entretanto, os ambientes escolares, em geral, ainda são construídos a partir de um padrão construtivo, deixando de lado a evolução quanto ao uso do espaço e as adequações arquitetônicas devido as variações geográficas do grande território brasileiro.

Nesse sentido, Azevedo (1995) afirma que o contexto ambiental do território, na concepção construtiva, influencia no planejamento da ventilação, iluminação e acústica, itens esses que contribuem na qualificação do desempenho do edifício. Para tanto, a análise da ventilação configura-se com o posicionamento, dimensões e o tipo de esquadrias a ser projetada. Conceitos como ventilação cruzada e circulação do ar são fundamentais para o ambiente térmico da sala de aula. A autora ainda aponta que, no caso da racionalização do padrão construtivo de edifícios escolares, implementar módulos construtivos, permite assim a flexibilização de modificações, como a expansão de salas de aula e adequações de atividades pedagógicas.

Lopes (2009) aponta a relevância da arquitetura bioclimática na concepção de edificações escolares e ressalta a aplicação de materiais com propriedade de retardar o aquecimento e resfriamento. Nesse sentido, complementa que em seus projetos, busca utilizar tijolos cerâmicos para a alvenaria externa com parede dupla de meio tijolo espaçado entre eles, para que se aumente a inércia térmica, e permita ambientes mais confortáveis termicamente no que se refere essencialmente ao clima brasileiro.

A partir disso, o presente trabalho tem como objeto de estudo o ambiente de sala de aula de uma edificação carente em conforto térmico, situada em Belo Horizonte. Os dados apresentados são fruto de uma avaliação do conforto térmico dos ambientes em questão, por meio da compilação das variáveis ambientais e psicológicas. Como resultado aos problemas levantados, descreve-se, ao final do trabalho, as contribuições do Design de Ambientes, como elemento integrado ao trabalho de arquitetos e engenheiros, na busca por espaços mais eficientes quanto às necessidades humanas.

Como descreve Lana, Pedra e Sales (2013), o design do conforto é um assunto amplo e recente para a abordagem do conforto ambiental. O Design, centrado no usuário, busca satisfazer os anseios do homem quanto às especificidades do espaço em que está inserido, considerando a condição da mente que percebe o estado de conforto ou desconforto em relação ao meio. O Design de Ambientes com base no conhecimento transdisciplinar acerca das características térmicas dos materiais, do contexto local (clima, vegetação, incidência solar e arquitetura) como também das exigências humanas, contribui para o planejamento do layout de um espaço eficiente quanto à ventilação e iluminação, aproveitamento dos recursos naturais, especificação de revestimentos e equipamentos adequados para o uso mais eficiente. Ressalta-se, portanto, a importância de uma análise a partir do Design de Ambientes voltada para espaços escolares e suas contribuições para o conforto térmico.

2. OBJETIVO

Apontar as contribuições do Design de Ambientes para o conforto térmico de salas de aula por meio da percepção dos usuários.

3. MÉTODO

A pesquisa desenvolveu-se a partir de duas etapas simultâneas, a coleta dos valores das variáveis ambientais, que influenciam no conforto térmico dos usuários das salas de aula, e a aplicação de questionário, para avaliar a percepção dos indivíduos em relação à sensação térmica quanto ao ambiente em uso.

As duas salas de aula em que se realizou a pesquisa estão situadas na fachada oeste, porém em andares diferentes – quarto e sétimo andar – em um edifício de nove andares, na cidade de Belo Horizonte/MG, como mostra a Figura 1.

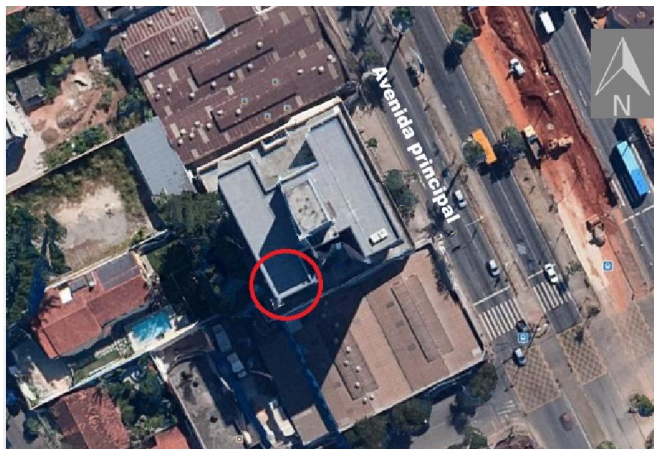


Figura 1 – Localização das salas estudadas.

Como referência a Avenida Presidente Antônio Carlos, a fachada principal do edifício está localizada à leste na orientação solar. Vale ressaltar que a medição foi realizada durante o verão e nesta estação a fachada situada à sul da edificação recebe sol no período da manhã, e a fachada situada à oeste recebe a incidência solar direta à tarde.

A estrutura física externa da edificação é de alvenaria convencional, já as paredes internas são constituídas de *drywall*, lajes de concreto armado e com aberturas em janelas de vidro basculantes voltadas para leste, sul e oeste. As janelas posicionadas a oeste e a sul possuem o mesmo dimensionamento, porém estão localizadas em paredes não opostas, ao passo que a única janela localizada a leste, parede oposta que favorece a ventilação cruzada, está localizada ao fundo da sala, além disso, é menor que as janelas a oeste, não configurando em uma ventilação cruzada suficiente, conforme observa-se na Figura 2.



Figura 2 – Sala estudada durante o período da manhã.

Azevedo (1995) aborda a importância das características das esquadrias para a circulação do ar e ventilação cruzada, no qual o posicionamento, as dimensões e a tipologia são elementos fundamentais que devem ser considerados no conforto das salas de aula, pois é um espaço que tem demanda maior número de

ocupantes. Em cada sala o controle interno da incidência solar e da temperatura é feito através de cortinas em tom azul escuro e dois ventiladores posicionados em paredes opostas.

3.1. Levantamento dos dados térmicos

No dia 17 de março de 2015 foram realizadas duas medições, em horários e salas distintos. Para a obtenção das variáveis ambientais foram utilizados sensores para aferir a temperatura e a umidade do ambiente, e um termômetro de globo, o conjunto de instrumentos foi acoplado em suporte metálico, como ilustrado na Figura 3, e ligados a um *data logger*, programado para realizar a coleta de 10 em 10 minutos.

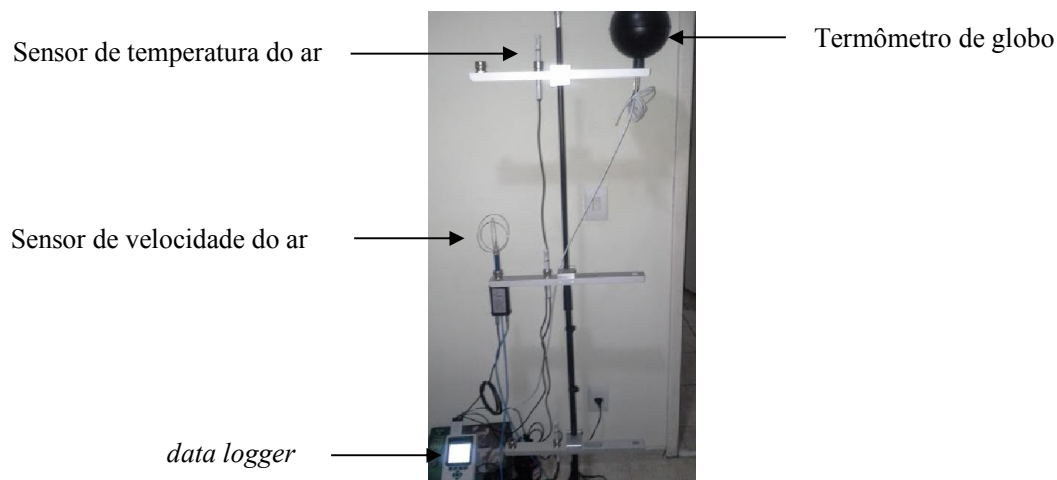


Figura 3 - Conjunto de instrumentos para coleta de dados.

A primeira medição ocorreu em uma sala localizada no 7º andar do prédio, pela manhã, e a segunda medição realizada no período da tarde, em sala do 4º andar, sendo as duas salas localizadas na fachada oeste. Nos dois períodos, ocorreu em paralelo a aplicação dos questionários, e durante as medições, as janelas e portas estavam abertas; os ventiladores ligados e as cortinas fechadas.

Segundo Iida (2005), o conforto térmico não depende apenas da temperatura ambiental, ele é influenciado também pela umidade relativa e velocidade do vento, portanto, na Tabela 1, verifica-se os dados coletados, incluindo temperatura do ar, temperatura de globo, umidade e velocidade do ar.

Tabela 1 – Variáveis ambientais coletadas pelo *data logger*.

Data	Temperatura do ar (média)	Temperatura de globo (média)	Umidade do ar (média)	Velocidade ar (média)
17/03/2015				
Manhã (8:00-12:00)	27°C	28°C	51%	0,65m/s
Tarde (13:00-17:00)	30°C	31°C	42%	0,68m/s

3.2. Descrição das variáveis psicológicas levantadas com os usuários

Para a elaboração do questionário foi realizado um pré-teste com professores e alunos a fim de verificar a necessidade de alterar, eliminar ou substituir alguma pergunta. Com base nos resultados do pré-teste, elaborou-se um questionário definitivo contendo 21 (vinte e uma) questões. As respostas foram analisadas através do aspecto quantitativo para identificar o nível de satisfação dos alunos quanto ao espaço de estudo. As salas de estudo em questão possuem incidência solar direta no ambiente interno. Os meios existentes nos espaços para o controle das condições térmicas são ventiladores e cortinas. No caso dos usuários, a permanência média dentro do ambiente é de 4 a 6 horas. No dia da medição e aplicação dos questionários a maioria portava-se com roupas leves de verão. A Tabela 2 apresenta o resultado quantitativo dos dados coletados.

Tabela 2 – Quadro síntese das percepções dos usuários com relação ao conforto térmico nas salas de aula.

Sensação térmica em relação ao ambiente de sala de aula	Turno manhã	Turno tarde	Em ambiente como as salas de aula estudadas	Turno manhã	Turno tarde
Muito quente	0%	28%	Conseguem desenvolver as atividades de estudos normalmente	67%	18%
Quente	13%	18%	A atividade de estudo fica prejudicada	33%	82%
Ligeiramente quente	17%	41%	Sensações ocorridas durante a permanência na sala de aula		
Confortável	43%	13%	Impaciência	10%	19%
Muito frio	0%	0%	Falta de atenção	15%	5%
Frio	7%	0%	Sono	25%	5%
Ligeiramente frio	20%	0%	Sede	30%	14%
Consideram o movimento do ar			Todas as opções		20%
Excelente	0%	0%	Ambiente térmico aceitável para estar todos os dias?	SIM	60%
Muito bom	10%	0%			
Bom	47%	57%		NÃO	40%
Muito ruim	33%	19%			
Ruim	10%	24%			

A motivação é um fator que influencia no resultado das respostas psicológicas. Por se tratar de um método subjetivo a validação do resultado necessitou de embasamento técnico. Em hipótese à experiência vivenciada durante a coleta de dados, considera-se que a turma de alunos do período da tarde se dispôs a atentar para o questionário devido ao intenso desconforto térmico a que estava submetida. No período da manhã, para o mesmo questionário aplicado, o resultado foi mais difuso, o que atenta para as questões subjetivas quanto à sensação do usuário ao conforto térmico do ambiente, em comparação com a coleta de dados técnicos.

Quanto à sensação de conforto térmico 43% dos alunos do período da manhã alegaram estar confortáveis com a temperatura do ambiente, ao passo que os alunos do período da tarde mostraram-se mais incomodados, dessa forma, 28% dos alunos responderam que o espaço de sala de aula estava muito quente, 18% consideraram que o ambiente estava quente, 41% ligeiramente quente e apenas 14% dos alunos consideraram o espaço confortável. Percebe-se que as sensações relativas ao conforto térmico são muito discrepantes de um turno para o outro. Deve-se atentar para o fato de que durante o período da manhã as temperaturas são mais amenas, pois o ar ainda está em processo de aquecimento solar atingindo seu ápice de aquecimento no meio da tarde, além disso, o mês de março é conhecido por um mês de transição entre o verão e o outono, apresentando mudanças bruscas de temperatura em determinados períodos.

As respostas dos alunos do turno da manhã quanto ao desenvolvimento das atividades em sala de aula, também são muito divergentes em relação às respostas dos alunos da tarde. 67% dos alunos do turno da manhã responderam que conseguem desenvolver suas atividades de estudo normalmente e 33% alegaram que suas atividades de estudo ficam prejudicadas devido ao desconforto térmico. À medida que, no turno da tarde 18% dos alunos disseram que conseguem desenvolver suas atividades de estudo normalmente e 82% afirmaram que suas atividades de estudo ficam prejudicadas.

Em observações realizadas durante as medições e aplicação dos questionários foi possível verificar que os alunos do turno da manhã levantavam-se das carteiras com menor frequência, apresentavam-se menos inquietos com pouca conversa paralela. Já os alunos do turno da tarde saíam de sala de aula constantemente, estavam mais dispersos e conversavam entre si. 23% dos alunos da tarde demonstraram impaciência, sonolência e sede, ao passo que 13% dos alunos do turno da manhã disseram apresentar as mesmas sensações. “O clima, principalmente a temperatura e a umidade ambiental, influi diretamente no desempenho do trabalho humano” (IIDA, 2005, p. 500). Percebe-se que alguns alunos do período da manhã disseram estar em desconforto térmico, mas é no período da tarde que os alunos apresentam maior desconforto. Deve-se considerar que as sensações de conforto térmico são subjetivas podendo variar entre os indivíduos.

3.3. A relação das variáveis de conforto térmico com o ambiente de sala de aula

O crescente estudo do conforto ambiental aplicado em ambientes escolares ocorre devido a esses espaços demandarem edificações que adequem a estrutura física às condições de conforto do ambiente. De acordo com Kowaltowski *et al.*, (2002), o estudo do conforto ambiental abarca a relação ocorrente no ambiente

físico, o que envolve a arquitetura da edificação, as características do entorno e o uso do espaço. Os autores atentam também para a abordagem comportamental do usuário ser necessária dentro do estudo do conforto ambiental, principalmente no ambiente escolar, uma vez que, este engloba os aspectos técnicos como o desempenho em função do ambiente. Mas é fundamental que as reações humanas, em função do comportamento, sejam consideradas nos níveis de conforto.

Dentre os elementos apresentados acima, o conforto térmico apresenta-se como atuante na qualidade do trabalho desenvolvido dentro da sala de aula. A partir de Krüger e Rossi (2005), entende-se que a temperatura é um fator que influencia diretamente o comportamento humano e o desempenho das atividades escolares diárias. “A arquitetura deve servir ao homem e ao seu conforto, o que abrange o seu conforto térmico. O homem tem melhores condições de vida e de saúde quando seu organismo pode funcionar sem ser submetido a fadiga ou estresse, inclusive térmico” (FROTA; SCHIFFER, 2007, p. 17).

A construção de uma edificação escolar deve ater-se a muitos fatores para que sua função maior – educação – seja garantida. Assim, durante a elaboração e execução do projeto devem estar previstos: as exigências humanas quanto ao conforto térmico, a partir de determinada tarefa/atividade desenvolvida; características do clima local e o partido arquitetônico; controle da radiação solar (geometria solar, dispositivo de proteção solar, sombras, incidência da radiação solar); a climatização natural (fontes de calor e a ventilação natural); e, a participação no projeto dos principais interessados, levando em consideração os aspectos históricos, sociais e culturais do local da edificação (VIANA, 2013, p. 24).

Em uma edificação escolar em que esses aspectos não foram considerados na etapa de elaboração do projeto, por consequência, acontece a dificuldade de concentração devido ao excesso de calor que provoca sonolência ou estresse por inquietação e suor excessivo. Dessa forma, torna-se fundamental estabelecer zonas de conforto a qual são relacionadas com as especificidades do projeto e a realidade ambiental.

De acordo com Lamberts (2014), zonas de respostas fisiológicas podem ser determinadas em função da atividade desempenhada e das condições a que as pessoas estão submetidas. No caso do estudo do conforto térmico, para as atividades sedentárias a zona de conforto é determinada em função da temperatura do ar, a partir do fator vestimenta. Nesse caso, a zona de conforto situa-se entre 23°C e 27°C. Os principais grupos de variáveis que interferem no processo das trocas térmicas podem ser qualificadas em três grupos, de natureza ambiental, pessoal e arquitetônica. O primeiro é composto por: temperatura do ar, temperatura radiante média, velocidade do ar e umidade relativa do ar. O segundo é composto por: tipo de vestimenta (isolamento térmico) e tipos de atividades físicas executadas (metabolismo). Já o terceiro é constituído pela forma e o volume das construções, pela orientação e o tamanho das portas e janelas da edificação e pelo comportamento térmico dos materiais.

Segundo Frota e Schiffer (2007), as calorias presentes nos alimentos, quando ingeridas, são transformadas em energia pelo organismo humano. Para que esse processo metabólico aconteça extrai-se o oxigênio do ar através da respiração. Da energia produzida 80% transforma-se em calor, que deve ser dissipado para que o corpo mantenha sua temperatura constante, e 20% em potencial de trabalho. No caso do ambiente escolar estudado nesse trabalho, como exemplo, quando se apresenta um ambiente termicamente desconfortável, o usuário tende a dificuldade de realizar as trocas térmicas necessárias para que seu organismo se encontre em equilíbrio térmico. Diante disso, é necessário que ele utilize os mecanismos termorreguladores, sendo ativados quando o corpo deixa de estar em neutralidade térmica ou conforto térmico. Os mecanismos termorreguladores fazem o controle da concentração de calor no corpo em função da condição térmica do ambiente, ou seja, realizam um processo de aclimatização - frio ou quente. Mas eles representam um esforço extra do organismo ocasionando a diminuição da energia para o trabalho. Para o ambiente de sala de aula, esse fator é preocupante, uma vez que, interfere nas atividades que envolvam desenvolvimento do raciocínio, participação, concentração e agilidade de tarefas.

Nas salas de aulas em questão, dois principais problemas foram considerados: a circulação de ar e a incidência da radiação solar.

De acordo com Costa (2000) o propósito da ventilação é controlar a pureza e o deslocamento do ar em um recinto fechado, ainda que, dentro de certos limites, a renovação do ar também possa controlar a temperatura e a umidade do mesmo. A ventilação influencia no conforto térmico de um ambiente pois tem a capacidade de potencializar as trocas térmicas entre o homem e o ambiente e entre o espaço interno e seu entorno.

É interessante ressaltar que, como afirma Corbella e Yannas (2003), para clima tropical o desconforto térmico é causado principalmente devido a absorção da radiação solar pela construção. Isso pode ocorrer de duas formas, como explicam as autoras: incidência da radiação solar no ambiente interno através das aberturas arquitetônicas e incidência da radiação solar nas paredes externas. Para o primeiro caso, essa absorção é convertida em energia térmica e distribuída para as superfícies internas (parede, piso), elevando

imediatamente a temperatura do ar do ambiente. A vedação em vidro das aberturas arquitetônicas, nesse caso, ocasiona o efeito estufa, caracterizado pelo aquecimento das superfícies, através da penetração no vidro, da radiação infravermelha curta presente no sol, que retorna pela emissão dos corpos aquecidos em forma de radiação infravermelha longa. Mas como o vidro é opaco, ele aprisiona o calor acumulado no ambiente. No segundo caso, a incidência solar aquece a superfície externa, que por condução, transfere calor para as superfícies internas do ambiente, elevando a temperatura do ar e aprisionando radiação infravermelha dentro do ambiente, causando o desconforto térmico.

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

4.1. Contribuições do Design de Ambientes para o conforto térmico do ambiente construído

O planejamento do ambiente construído sobre a base do conforto térmico é multidisciplinar. O profissional da área do design de ambientes contribui para ambientação do espaço em coerência com os recursos naturais do ambiente e utilização de sistemas artificiais eficientes, como a iluminação e o condicionamento do ar. Em face dessa questão, alinha o layout em função da orientação da iluminação e ventilação natural. Sendo esses elementos de extrema importância para permitir desempenho, segurança e bem-estar no uso dos espaços por parte dos usuários.

4.1.1 Paisagismo

Para espaços escolares em que a estrutura física favorece a utilização de vegetação no entorno, ressalta-se que ela é responsável por interceptar de 60% a 90% a radiação solar, reduzindo assim, a temperatura do solo. Ela também é responsável pelo aumento da umidade do ar. A pavimentação é um fator que interfere na qualidade vegetativa dos centros urbanos, e acarreta a diminuição da umidade relativa do ar, consequentemente (LAMBERTS *et al.*, 2011). A vegetação, quando projetada em concordância com a estrutura arquitetônica, passa a ser um fator influenciável ao microclima, podendo, por exemplo, alterar as condições do vento local, juntamente com construções e outros anteparos, sendo esse passível de canalização ou obstrução para a edificação a partir de análise do perfil topográfico do terreno.

Verifica-se por meio de Frota e Schiffer (2007, p. 69-71) que:

Em clima quente seco, a vegetação deve funcionar como barreira aos ventos, além de, naturalmente, reter parte da poeira em suspensão no ar. (...) Em climas úmidos, a vegetação não deve impedir a passagem dos ventos, o que dará limitações quanto à altura mínima das copas, de modo a produzirem sombra, mas não servir como barreiras à circulação do ar.

4.1.2 Incidência da radiação solar e a iluminação

As paredes e coberturas externas recebem grandes cargas térmicas. A temperatura da superfície de uma parede ou cobertura pode variar em até 50°C durante o dia, dependendo do material, da cor e da orientação. “O projeto de edificações determina o grau de penetração de energia solar e a influência do calor radiante. O tipo de isolamento, principalmente do telhado, tem uma grande influência na troca de calor entre a edificação e o ambiente externo” (IIDA, 2005, p. 504).

O trabalho de Lobato (2000) ressalta que através da utilização de elementos com baixa variação superficial de temperatura, em fachadas, como revestimentos de cores claras, pode-se diminuir a temperatura dos ambientes internos, uma vez que esses materiais apresentam baixa absorção de radiação solar o que interfere na propagação de temperatura para estes ambientes.

Na pesquisa de Alvarenga; Pedra; Sales (2012) realizaram medição na fachada de uma edificação por meio do uso de equipamento de termografia infravermelha para detectarem a influência das cores no comportamento térmico. Observaram que o gradiente de temperatura nas superfícies opostas da parede composta de placa cerâmica escura, na argamassa colante, emboço e bloco cerâmico variou de 65°C na face externa para 34°C na face interna, sendo 31°C de diferença. Dessa forma ressaltaram que os materiais de cores claras apresentaram menores variações térmicas, e os materiais de cores escuras apresentam absorções mais altas provocando uma maior variação superficial de temperatura, o que acarreta em maior desconforto térmico.

A radiação solar direta é a fonte de luz mais intensa e, devido à sua componente térmica, é muitas vezes considerada indesejável para a iluminação dos interiores. Entretanto, comparando a eficácia luminosa de luz natural com a de luz artificial percebemos que a luz natural produz menos calor que a maioria das lâmpadas. Portanto a luz natural pode ser uma alternativa para diminuir a carga térmica emitida nos edifícios pela iluminação artificial, assumindo-se que pode ser distribuída, manipulada e largamente utilizada para fins da iluminação (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 1997, p. 23).

Entretanto, a transmissão de energia do ambiente externo em forma de calor para o ambiente interno é potencializada pela ação da radiação solar sobre a característica térmica do material da edificação. Um projeto arquitetônico eficiente avalia as interferências do ambiente exterior nas condições de conforto térmico do ambiente interior. Conforme a cor aplicada na fachada, o índice de reflexão da camada de tinta funciona como filtro de radiação solar condicionando o comportamento térmico do ambiente interior ao agir diretamente na temperatura do ar interior. O clima quente, presente na região do espaço estudado durante a pesquisa, demanda a aplicação de cores claras pois, elas possuem a capacidade de refletir os raios solares que aquecem fortemente as salas de aula. E incrementado a esse efeito, como aborda Kowaltowski, as cores influenciam positivamente no desempenho escolar. Apesar de dados comprobatórios ainda serem recentes, dados experimentais retratam a importância de se utilizar cores “alegres” como laranja e amarelo, nos espaços de atividades estudantis sedentárias. As cores escuras garantem o efeito contrário - a maior absorção pela edificação da radiação solar.

4.1.3 Fechamentos arquitetônicos

Os fechamentos arquitetônicos (opacos e translúcidos) são responsáveis pelas trocas de energia entre interior e exterior, sendo de fundamental relevância a análise do comportamento material desses elementos. O que difere para o estudo do comportamento do material é a capacidade de ele transmitir a radiação solar para o ambiente interno.

Em fechamentos opacos somente há transmissão de calor quando existe uma diferença de temperatura entre as superfícies interna e externa. Com um diferencial de temperatura, começa a troca de calor entre as duas superfícies por condução. A intensidade do fluxo de calor pelo material depende da sua condutividade térmica, propriedade dependente da densidade do material. A espessura do material determina o tempo que o calor vai levar para atravessá-lo. Assim, a transmissão de calor nos fechamentos opacos demora algum tempo (normalmente algumas horas), enquanto nos fechamentos transparentes é quase instantânea (BRAGA, 2005, p. 29).

Antes de inserir mecanismos artificiais de controle térmico nos ambientes das salas de aulas, torna-se fundamental a escolha do vidro. A função do vidro nesse caso é de admitir a luz natural e a visualização entre ambientes, ao mesmo tempo que bloqueia o calor solar. Dessa forma, há de se considerar o tipo de vidro quanto à transmissão térmica, a orientação da fachada e o tamanho da abertura e o uso de proteções como películas, cortinas, persianas e brises. “Nas últimas décadas foram lançados no mercado mundial fechamentos transparentes que, com adição de óxidos em sua composição ou combinação de materiais diferentes, controlam a transmissão de determinadas faixas de espectro solar” (BRAGA, 2005, p. 30).

O vidro comum, apesar do baixo custo e fácil disponibilidade, favorece a absorção dos raios solares e potencializa o efeito estufa. Os vidros termo-absorventes, em suas cores azul e verde, são capazes de controlar a absorção da radiação infravermelha ao mesmo tempo que facilita a visibilidade. Já no caso da utilização das películas poliméricas coloridas, utilizadas nos vidros laminados, elas conseguem ter o mesmo efeito de reter a radiação, mas diminuem a visibilidade natural, sendo necessário o suporte da iluminação artificial no espaço.

5. CONCLUSÕES

O estudo do conforto térmico permeia as condições de trabalho e realização de atividades no ambiente construído. A partir dos resultados obtidos conclui-se que, além da abordagem técnica e prática, é fundamental a compreensão das relações do usuário e ambiente, conferindo uma abordagem focada nas necessidades dos usuários. O ambiente então, é planejado de forma a atender as necessidades humanas, e o design de ambientes, uma especialização da área do “Design”, configura-se como articulador para que permita conforto, segurança e eficiência no uso dos espaços.

No que se refere ao ambiente escolar essa relação se faz extremamente essencial, pois é um lugar onde espera-se que o estudante desenvolva habilidades e competências, e que essas podem ser prejudicadas com a falta de conforto térmico e limitar o aprendizado.

A partir da verificação da percepção do conforto térmico nas salas de aula no período da manhã e tarde, percebeu-se que o edifício não garante adequação às necessidades dos usuários.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARENGA, C.; PEDRA, S. A.; SALES, R.B.C. **Influência da cor no revestimento cerâmico de fachadas em edificação de alvenaria estrutural, utilizando termografia infravermelha.** In: 10º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design, 2012, São Luiz. **P&D DESIGN.** São Luiz: 2012, v. 1.
- AZEVEDO, G. A. N. **As escolas públicas do Rio de Janeiro: considerações sobre o conforto térmico das edificações.** Dissertação (Mestrado em Arquitetura). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1995.
- BRAGA, Darja Kos. **Arquitetura residencial das superquadras do Plano Piloto de Brasília: aspectos de conforto térmico.** Dissertação (Mestrado em Arquitetura). Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura, Brasília, 2005.
- CORBELLA, O; YANNAS, S. **Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos: conforto ambiental.** Rio de Janeiro: Editorial Revan, 2003.
- COSTA, Ennio Cruz da. **Arquitetura ecológica: condicionamento térmico natural.** 2 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2000.
- FERREIRA, F; MELLO, M. G. **Arquitetura escolar paulista: estruturas pré-fabricadas.** São Paulo: FDE, 2006.
- FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de conforto térmico.** 8. ed. São Paulo: Studio Nobel, 2007.
- IIDA, I. **Ergonomia: Projeto e Produção.** 2. ed. São Paulo: Ed. Edgar Blücher Ltda, 2005.
- KOWALTOWSKI, Doris C. C. K; *et al.* O conforto no ambiente escolar: elementos para intervenções de melhoria. In: IX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2002, Paraná.
- KRÜGER, E. L.; ROSSI, F. A. **Análise da variação de temperaturas locais em função das características de ocupação do solo em Curitiba.** UFPR, Curitiba: 2005.
- LAMBERTS, Roberto. **Conforto e stress térmico.** Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. Departamento de Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis: 2014.
- LAMBERTS, R. *et al.* **Desempenho térmico de edificações.** Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. Departamento de Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis: 2011.
- LANA, S. L. B.; PEDRA, S. A.; SALES, R.B.C. **Termografia infravermelha aplicada ao design do conforto térmico de alvenaria estrutural.** In: Marizilda Santos Menezes; Monica Moura. (Org.). **Resumo da Pesquisa no Design Contemporâneo Relação Tecnologia X Humanidade.** 1ed. Perdizes: Estação da Letras e Cores Editores Ltda, 2013, v. 1, p. 390-407.
- LOPES, Sebastião. A obra de Sebastião Lopes: inédito. Belo Horizonte/Brasil, 12 fev. 2009. Entrevista concedida a Viviane de Jesus Gomes.
- SILVA, João Carlos da. **A escola pública no Brasil: problematizando a questão.** UEPG, Ponta Grossa: 2007.
- VIANA, S. S. M. **Conforto térmico nas escolas estaduais de Presidente Prudente/SP.** 2013. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Presidente Prudente, 2013.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES e ao Centro de Estudos em Design de Ambientes da Escola de Design-UEMG.