



**XII ENCAC** Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído  
**VIII ELACAC** Encontro Latinoamericano de Conforto no Ambiente Construído

BRASÍLIA | 25 a 27 de setembro de 2013

## **ARQUITETURA ESCOLAR: AVALIAÇÃO DOS NÍVEIS DE ILUMINÂNCIA E SIMULAÇÃO DA IMPLANTAÇÃO IDEAL EM ESCOLAS PÚBLICAS DE ÁLVARES MACHADO - SP**

**Victor Martins de Aguiar<sup>1</sup>; Carolina Lotufo Bueno-Bartholomei<sup>2</sup>**

(1) Graduando em Arquitetura e Urbanismo, victormartins56@hotmail.com

(2) Doutora, Professora do Departamento de Planejamento, Urbanismo e Ambiente, carolinalotufo@fct.unesp.br

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Campus Presidente Prudente, Departamento de Planejamento, Urbanismo e Ambiente, Grupo de Pesquisa Conforto Ambiental em Espaços Externos, 19060-900, Tel.: (18) 3229-5388

### **RESUMO**

A estratégia correta para o uso da iluminação natural requer uma análise detalhada da função de cada ambiente, se atentando aos aspectos quantitativos e qualitativos para o seu melhor aproveitamento. Este trabalho verificou em Álvares Machado, município vizinho a Presidente Prudente, capital da região conhecida como Oeste Paulista no Estado de São Paulo, se os níveis de iluminância natural e artificial de duas edificações escolares públicas, com faixas etárias diferentes, atendiam o recomendado pela NBR 5413 (1992): Iluminância de interiores. Posteriormente buscamos, a partir de simulações, destacar a importância de estudos preliminares, durante a implantação, para garantir os níveis ideais. Como existe uma relação direta entre a produtividade e às características do ambiente é fundamental, que o ambiente proporcione condições saudáveis e garanta a espontaneidade nas atividades. Assim, os níveis insatisfatórios coletados, sobretudo na condição de iluminação natural demonstram, em alguns casos, que não houve estratégias com o propósito de minimizar a incidência da radiação nas elevações, existindo a necessidade de readequações.

Palavras-chave: iluminação, ambiente escolar, conforto lumínico.

### **ABSTRACT**

The correct strategy for the use of natural lighting requires a detailed analysis of the function of each environment, pays attention to quantitative and qualitative aspects to its best advantage. This work found in Alvares Machado, neighboring municipality to Presidente Prudente, capital of the region known as West Paulista in Sao Paulo, the levels of natural and artificial illuminance two public school buildings, with different age groups, attended recommended by NBR 5413 (1992): Illuminance interior. Later, we seek from simulations highlight the importance of preliminary studies, during deployment, to ensure optimal levels. As there is a direct relationship between productivity and the characteristics of the environment is essential that the environment provides a healthy condition and ensure the spontaneity activities. Thus, the levels listed unsatisfactory especially in the condition of natural light demonstrate in some cases that no strategies in order to minimize the incidence of radiation on the elevations, the need exists where necessary.

Keywords: lighting, school environment, lighting comfort.

## 1. INTRODUÇÃO

Na história da arquitetura, afirma Pereira (2006), que o correto uso da iluminação natural sempre esteve ligado à prática do projeto arquitetônico, porém com o desenvolvimento do sistema artificial seu emprego se tornou dispensável para garantir os níveis satisfatórios de iluminância. Este aspecto é comumente observado em edificações, como às escolares, onde os projetos, em sua maioria, não consideram às variáveis do clima e tampouco demonstram iniciativas para o aproveitamento da iluminação natural, além da constante padronização dos ambientes (KOWALTOWSKI et al., 2002; KRÜGER et al., 2004).

Durante o desenvolvimento do projeto arquitetônico, para Rosim (2006), a iluminação natural é negligenciada, seja ela proveniente da luz direta do sol ou da solar refletida na abóbada celeste, tendo em vista que inúmeras vezes os projetistas somente buscam posicionar alguns ambientes de modo privilegiado, em relação à orientação solar. Neste caso, o nível de iluminância poderá ser comprometido ainda mais, devido o modelo de abertura adotado. Apesar da abertura unilateral, com peitoril de 1,20 m, ser empregada em salas de aula, por possibilitar à visão externa, não corresponde, segundo Egan e Olgyay (2002), ao modelo ideal para à distribuição da luz natural, por apresentar falta de uniformidade e ocasionar o desconforto visual.

É imprescindível o complemento com o sistema artificial nos locais em que se deve assegurar a realização das tarefas visuais, porém ressalta Scarazzato (1995) como ideal sua ocorrência somente em alguns dias do ano, por exemplo, nos chuvosos ou muito nublados. O autor se utiliza da expressão “clima luminoso”, denotando a variação que ocorre durante o ano, para destacar como fundamental no emprego da iluminação natural à verificação de sua disponibilidade. Outras estratégias para integrar a iluminação natural ao sistema artificial são apresentadas por Pereira (2006), como, o sombreamento das aberturas, impedindo à componente direta do sol no plano de trabalho, que ocasiona o ofuscamento, e a dimerização das luminárias, que se ajustam ao nível pré-determinado, levando em consideração a luz disponível no momento.

No trabalho realizado em 39 escolas na cidade de Campinas – SP buscaram Graça et al. (2007) ao analisar às condições ambientais, segundo à satisfação do usuário, demonstrar a importância dos estudos que antecedem ao projeto final de uma edificação como instrumento para aprimorá-lo. Quanto aos níveis de iluminância averiguaram falhas, em razão da distribuição não uniforme, falta de manutenção das luminárias e padronização do número de lâmpadas. Os autores concluíram, na maioria das edificações, que raramente simulações se aplicaram aos projetos e não foram consideradas às dimensões dos ambientes e à orientação das aberturas como parâmetros para a iluminação artificial.

Sabemos que nas salas de aula à tarefa visual inclui desde a visão à distância, como ler na lousa, até às próximas, como ler e escrever, e quando os níveis de iluminância são insatisfatórios influenciam negativamente à saúde, acarretando desde um ardor nos olhos à fotofobia, de modo a refletir no desempenho escolar. Influenciam também o desempenho, conforme Kowaltowski (2011) às temperaturas elevadas, o ruído exagerado, à densidade excessiva nas salas e o mobiliário não adaptado às faixas etárias.

Como à função primordial do edifício escolar é estimular o processo educacional todos os esforços devem ser realizados com o propósito de fornecer aos alunos um ambiente educacional adequado (GEMELLI, 2009). Aliadas às preocupações com o conforto e a sustentabilidade novas propostas buscam apresentar modelos distantes das salas com carteiras dispostas em fileiras, apostando no ensino em grupo, integração do interior com o exterior e possibilidades de modificar a distribuição do mobiliário. Vejamos que não solicitam apenas aos projetistas à edificação ideal, mas contribuições às questões do cotidiano.

Fica claro, que a qualidade do ensino não é somente resultado da capacitação dos professores, mas das características do ambiente. Deste modo, é necessária uma arquitetura escolar que proporcione espaços agradáveis e condizentes às atuais modificações do ensino.

## 2. OBJETIVO

Avaliar se os níveis de iluminância de duas salas de aula na Escola Municipal de Ensino Infantil e Fundamental (Figuras 1a e 1b) e na Estadual Prof<sup>ª</sup> Angélica de Oliveira (Figuras 1c e 1d) estavam de acordo com às recomendações da NBR 5413 (1992): Iluminância de interiores. Destacando em seguida, a partir de simulações, a implantação ideal e se houve falhas nos projetos. À Norma recomenda para salas de aula como satisfatório 300 lux, sendo o mínimo 200 lux e o máximo 500 lux, enquanto para as lousas os valores são 500 lux, 300 lux e 750 lux.

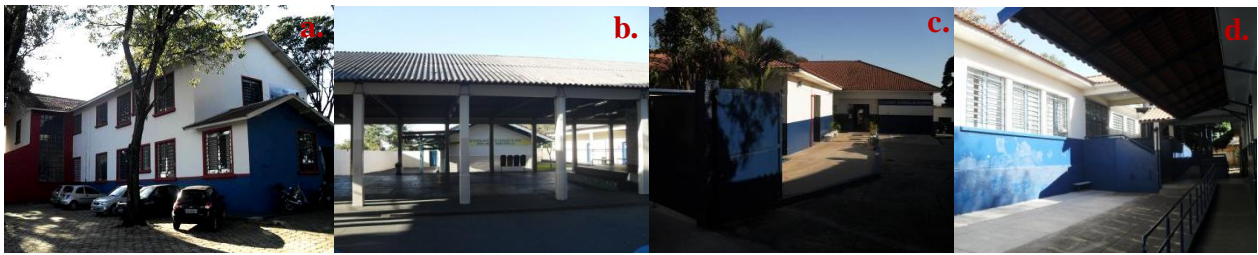


Figura 1 – a. Acesso para os funcionários da Escola Municipal de Ensino Infantil e Fundamental, onde se observa à dimensão das copas das árvores; b. Pátio Coberto, ao fundo o bloco de salas de aulas; c. Vista da Escola Estadual Prof<sup>a</sup> Angélica de Oliveira na Rua Vicente Dias Garcia, ao fundo o bloco de atividades da administração e coordenação; d. Rampas de acesso construídas durante a reforma de 2011.

### 3. MÉTODO

#### 3.1 Identificação das características projetuais das escolas

A edificação da Escola Municipal de Ensino Infantil e Fundamental estava implantada no Eixo NO-SE (Noroeste e Sudeste) com salas para capacidade máxima de 29 alunos e compreendia a faixa etária de 6 a 14 anos (Figura 2a). A área construída era de 1.769 m<sup>2</sup> e a do terreno de 6.315,75 m<sup>2</sup>.

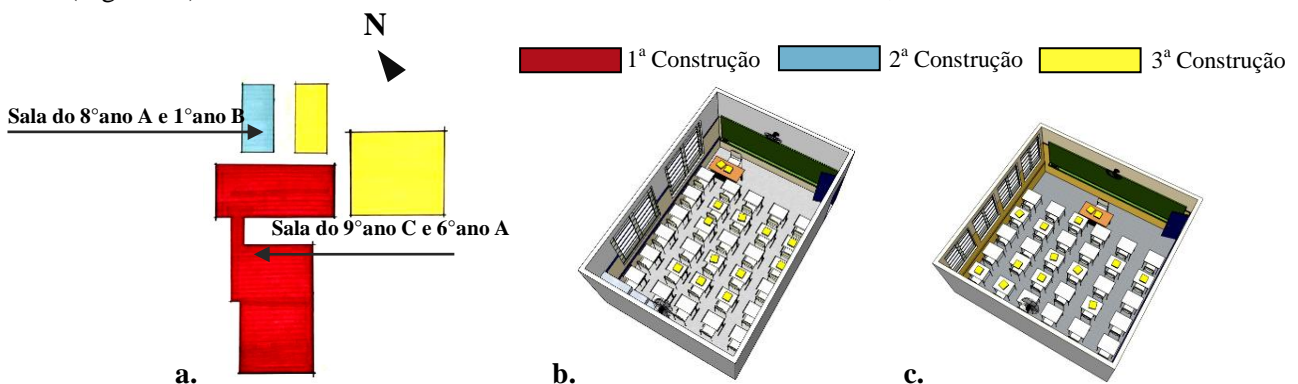


Figura 2 – a. Croqui da cronologia da ampliação da Escola Municipal de Ensino Infantil e Fundamental de Álvares Machado – sem escala; b. Layout das salas de aula do bloco vermelho (5,30 x 8,00 m); c. Layout das salas de aula do bloco azul (6,80 x 6,80 m).

Em razão de ser uma das primeiras escolas da cidade ao longo dos anos houve ampliações, resultando em salas com diferentes características, com relação a materiais construtivos, dimensão, altura do pé-direito, esquadrias, revestimentos e número e distribuição das luminárias (Figuras 2b e 2c). No que se referem aos materiais, as salas do bloco azul foram construídas em blocos de concreto e possuíam uma viga no centro, enquanto às do amarelo, que também correspondiam ao período de construção da quadra poliesportiva, mantiveram o padrão em alvenaria do vermelho. Nas salas do bloco vermelho, pé-direito de 3,45 m, no térreo foram posicionadas oito luminárias entre às quatro vigas e seis no primeiro pavimento (Figura 3a). No azul, pé-direito de 2,90 m, as salas apresentavam seis luminárias instaladas lado a lado, devido à viga no centro (Figura 3b). As salas do amarelo, pé-direito de 3,30 m, possuíam quatro luminárias fixadas na diagonal (Figura 3c). Em ambos os blocos, às luminárias eram compostas de duas lâmpadas fluorescentes.

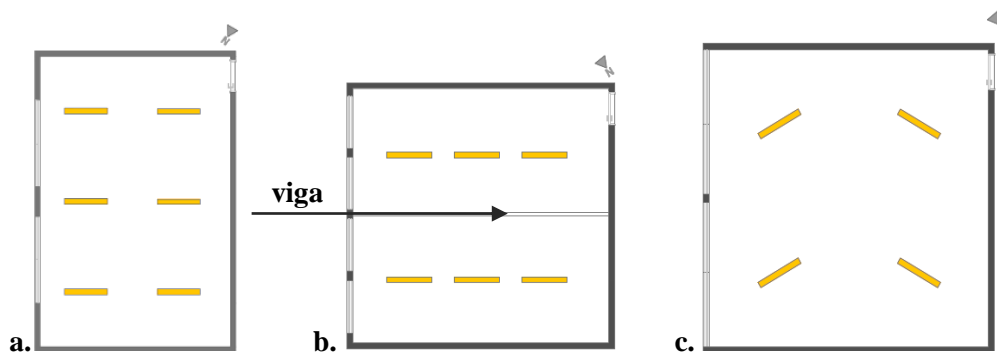


Figura 3 – a. Layout do posicionamento das luminárias das salas de aula do bloco vermelho do primeiro pavimento – sem escala; b. Layout do posicionamento das luminárias das salas de aula do bloco azul – sem escala; c. Layout do posicionamento das luminárias das salas de aula do bloco amarelo – sem escala.

Semelhante à outra escola avaliada a Estadual Prof<sup>a</sup> Angélica de Oliveira foi ampliada com a construção de cinco salas que apresentavam características semelhantes ao bloco anterior, quanto à dimensão, esquadrias e revestimentos. A edificação que atendia alunos com faixa etária entre 15 a 17 anos e funcionamento no período da manhã, tarde e noite estava implantada no Eixo N-S (Norte e Sul), com área construída de 2.360,30 m<sup>2</sup> e o terreno de 8.200,60 m<sup>2</sup> (Figura 4a).

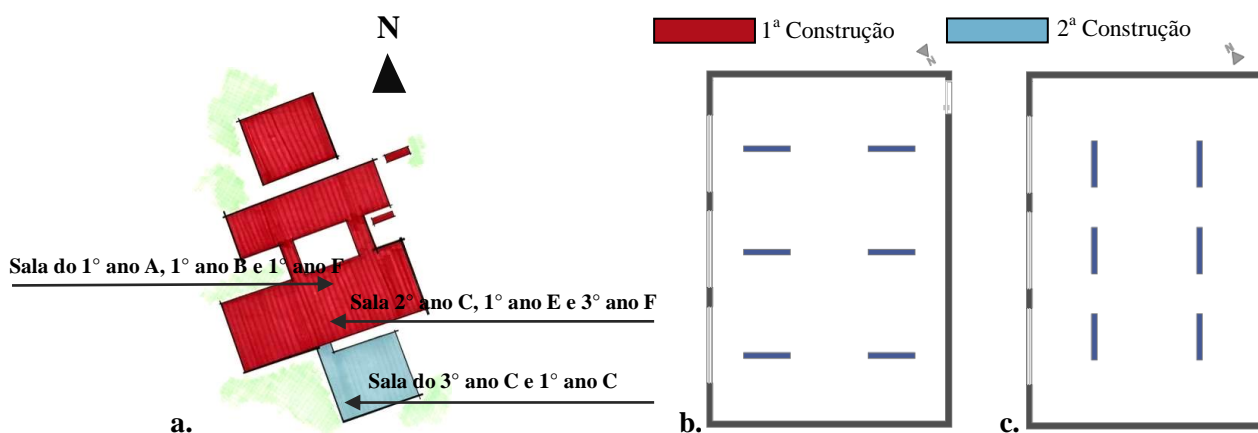


Figura 4 – a. Croqui da cronologia da ampliação da Escola Estadual Prof<sup>a</sup> Angélica de Oliveira; b. Layout do posicionamento das luminárias da sala de aula do bloco vermelho – sem escala; c. Layout do posicionamento das luminárias da sala de aula do bloco azul – sem escala;

As salas de aulas, dimensão de 6,00 x 9,00 m e pé-direito de 3,40 m, tinham capacidade máxima para 40 alunos com diferença na instalação das luminárias (Figura 4b e 4c). Em razão da reforma, em 2011, que além da construção das rampas para acessibilidade realizou a substituição de algumas luminárias e do piso de madeira e pintura das paredes, janelas e portas do bloco vermelho, a edificação estava bem conservada.

### 3.2 Caracterização das salas de aula avaliadas

Na Escola Municipal de Ensino Infantil e Fundamental a Sala do 8º ano A e 1º ano B (bloco vermelho), faixa etária 13 e 6 anos, recebia à incidência da radiação na elevação Noroeste (NO), enquanto a Sala do 9º ano C e 6º ano A (bloco azul), faixa etária de 14 e 11 anos, na Nordeste (NE) (Figuras 5a e 5b). Nas elevações dos blocos não havia elementos externos de proteção, apenas cortinas.

A Sala do 8º ano A e 1º ano B apresentava às paredes branca e amarela dividida por uma faixa em madeira na cor azul (Figura 5c). As duas aberturas, com vidro liso, eram basculantes com a dimensão de 2,30 x 2,00 m e peitoril de 1,00 m de altura. O beiral do telhado era de aproximadamente 0,50 m. A instalação de interruptores permitia o acionamento tanto das luminárias e dos ventiladores. Na medição de verão (dezembro) uma luminária estava com duas lâmpadas queimadas.

Nas paredes da Sala do 9º ano C e 6º ano A foram utilizadas duas cores, amarelo e ocre, além de uma faixa azul (Figura 5d). As quatro aberturas basculantes, com vidro liso, possuíam a dimensão de 2,00 x 1,60 m e peitoril de 1,30 m de altura. O beiral do telhado era próximo de 1,20 m. Não apresentava interruptores para o acionamento das luminárias e ventiladores, somente duas tomadas. No inverno (junho) uma lâmpada estava queimada.



Figura 5 – a. Elevação Noroeste (NO) do primeiro bloco (vermelho), em destaque a Sala do 8º ano A e 1º ano B, durante o verão (09h10min); b. Elevação Nordeste (NE) do segundo bloco (azul), em destaque a Sala do 9º ano C e 6º ano A, durante o inverno (15h10min); c. Sala do 8º ano A e 1º ano B, período da tarde, no verão (dezembro), condição de iluminação artificial, no qual se observou que uma luminária estava em desuso; d. Sala 9º ano C e 6º ano A, período da manhã, durante o inverno (julho), na condição de iluminação natural.

Na Estadual Prof<sup>a</sup> Angélica de Oliveira a Sala do 1º ano A, 1º ano B e 1º ano F, faixa etária de 15

anos, apresentava à incidência da radiação na elevação Norte (N) e a Sala do 3º ano C e 1º ano C, faixas etárias de 17 e 15 anos, na Sul (S) (Figuras 6a e 6b). Na medição de verão (novembro) como a Sala do 3º ano C e 1º ano C foi transformada em depósito, em razão de desistências e transferências para o período da noite, se realizou na Sala 2º ano C, 1º ano E e 3º ano F, faixas etárias de 16, 15 e 17 anos, com incidência semelhante. Notamos também que às elevações não possuíam elementos de proteção.



Figura 6 – a. Elevação Norte (N) do primeiro bloco (vermelho), em destaque a Sala do 1º ano A, 1º ano B e 1º ano F, durante o inverno (15h10min); b. Elevação Sul (S) do segundo bloco (azul), em destaque a Sala do 3º ano C e 1º ano C, durante o inverno (09h10min); c. Sala 1º ano A, 1º ano B e 1º ano F, período da tarde, durante o inverno (julho), condição de iluminação natural, onde se verificou a incidência da radiação no plano de trabalho dos alunos; d. Sala 2º ano C, 1º ano E e 3º ano F, período da manhã, durante o verão (novembro), na condição de iluminação artificial.

As três salas, dimensão de 2,00 x 1,50 m e peitoril de 1,30 m, apresentavam paredes na cor ocre e três aberturas basculantes com vidro liso. Não possuíam interruptores para o acionamento das seis luminárias, compostas por duas lâmpadas fluorescentes, e dos ventiladores. O beiral era de aproximadamente 0,70 m. Durante a reforma na Sala do 1º ano A, 1º ano B e 1º ano F e na do 2º ano C, 1º ano E e 3º ano F foi substituído o forro em madeira por PVC e o revestimento de tacos por granilite (Figuras 6c e 6d). Verificamos também diferença nas luminárias, devido à instalação de novas com aletas refletoras. Nas duas estações todas as luminárias estavam em funcionamento nas salas.

### 3.3 Medição e análise dos dados

Antes da realização das medições foi elaborada à malha do percurso para à verificação dos níveis de iluminância na sala e na lousa seguindo às recomendações da NBR 15215-4 (2005): Iluminação natural - Parte 4 - Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações - Método de medição. Apesar, do número mínimo de pontos se enquadrarem em 16 foram adotados 25 para que houvesse uma melhor divisão da malha em todas as salas. Assim, coletamos em 25 pontos no piso e 3 pontos na lousa, com o luxímetro Modelo LD-209®, o nível de iluminância nas estações de inverno (junho-julho) e verão (novembro-dezembro) estando a luz acesa e apagada, com às cortinas abertas e fechadas, de modo a obter o maior número de variáveis. Durante a etapa da caracterização das salas avaliadas foi observado algumas cortinas fechadas, em razão da incidência da radiação, logo também coletamos os valores nessa condição. Ao todo foram realizadas quatro medições em cada escola no horário do intervalo das aulas, período da manhã 09h10min à 09h30min e a tarde 14h40min às 15h00min e 15h10min às 15h30min, visando reduzir à interferência dos alunos. Após, à medição os dados foram tabulados e elaborados os gráficos e às curvas isolux, permitindo confrontar às informações e verificar a diferença no nível de iluminância entre às estações.

### 3.4 Simulação da implantação ideal

Com o auxílio do programa Google Sketchup 8 Free® foram elaborados os modelos das salas avaliadas, realizando simulações na condição de iluminação natural nas quatro orientações (Norte, Leste, Sul e Oeste), semelhantes os horários e as estações das medições in loco (Figuras 7a, 7b, 7c e 7d).

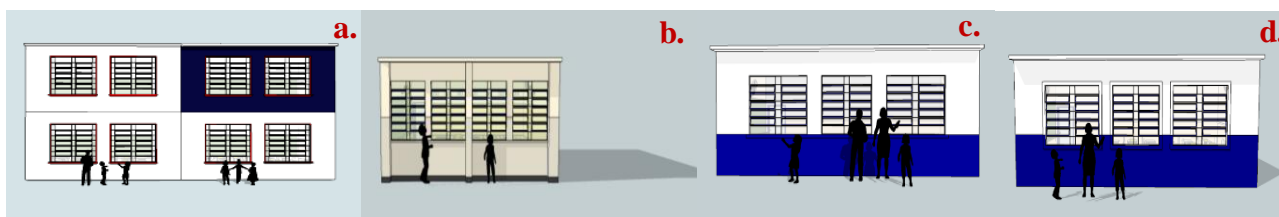


Figura 7 – a. Modelo da Sala do 8º ano A e 1º ano B simulação no inverno da elevação Norte (N) – 09h10min; b. Modelo da Sala do 9º ano C e 6º ano A simulação no verão da elevação Oeste (O) – 15h10min; c. Modelo da Sala do 1º ano A, 1º ano B e 1º ano F simulação no inverno na elevação Norte (N) – 15h10min; d. Modelo da Sala do 2º ano C, 1º ano E e 3º ano F simulação no verão elevação Leste (L) – 09h10min.

#### 4. ANÁLISE DE RESULTADOS

Na classificação de Köppen o clima de Álvares Machado, latitude  $-22^{\circ} 04' 46''$ , é Aw, tropical com inverno seco, sendo os meses mais quentes janeiro e fevereiro. Devemos também destacar que, segundo a NBR 15220-3 (2003), se localiza no Mapa de Zona Bioclimática na Zona 6 (Figura 8), apresentando como diretrizes construtivas: aberturas médias para ventilação e seu sombreamento. Embora, fossem realizadas às medições em quatro condições apresentaremos os principais resultados coletados nos 25 pontos do piso, com a luz acesa e apagada estando às cortinas abertas.

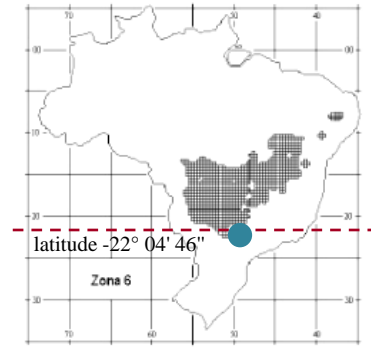


Figura 8 – Zona Bioclimática 6, em destaque a localização de Álvares Machado.

Os valores na Sala do 8<sup>o</sup> ano A e 1<sup>o</sup> ano B da Escola Municipal de Ensino Infantil e Fundamental no período da manhã, luz acesa, estavam acima de 2.000 lux durante o inverno, enquanto no verão de 2.400 lux (Figuras 9a e 9b). Observamos a partir das curvas isolux que nas duas estações todos os valores superaram o recomendado pela NBR 5413 (1992) e à diferença dos pontos próximos às aberturas em relação aos da parede oposta, em alguns casos, foi superior a 1.000 lux. Em razão da incidência da radiação na elevação, como consequência no plano de trabalho, na medição de verão, em que o céu apresentava poucas nuvens, constatamos que às cortinas estavam fechadas como meio de bloqueá-la. No inverno coletamos à maior média, 1.198 lux, acima quatro vezes do sugerido, sendo a diferença entre às estações de 194 lux.

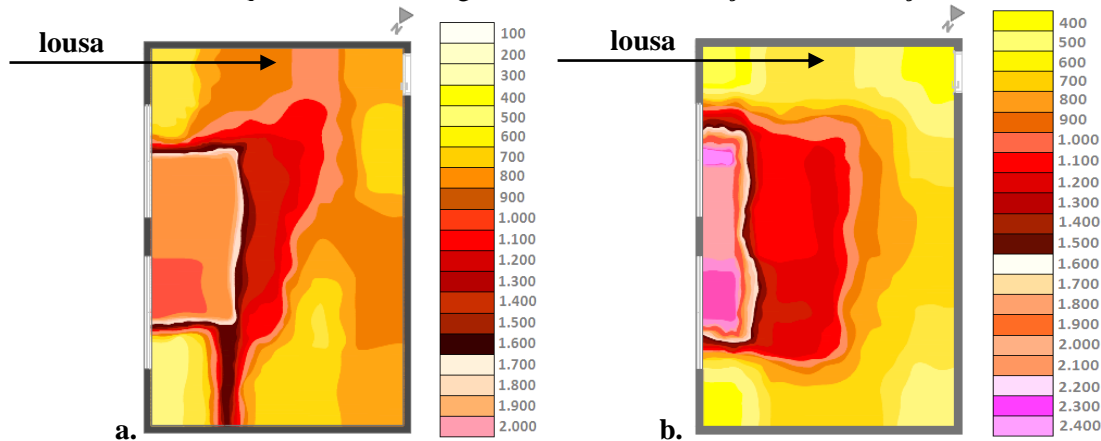


Figura 9 – Curvas Isolux da Sala do 8<sup>o</sup> ano A e 1<sup>o</sup> ano B durante o inverno (a) e verão (b) na condição de iluminação artificial no período da manhã – 09h10min – sem escala.

Se na condição com a luz acesa à maioria dos valores na Sala do 9<sup>o</sup> ano C e 6<sup>o</sup> ano A, se enquadraram durante à tarde no inverno, quando apagada, apenas dois próximos às aberturas atenderam o mínimo, 200 lux, e no verão um, 300 lux (Figuras 10a e 10b). Nas duas estações, condição de céu com algumas nuvens, os pontos do centro estavam abaixo de 100 lux, decaindo na direção oposta às aberturas. No verão duas cortinas estavam fechadas, porém não havia a incidência no plano de trabalho. Nesta estação registramos à maior média, 143 lux, portanto abaixo do sugerido, diferença em relação ao inverno de 47,70 lux.

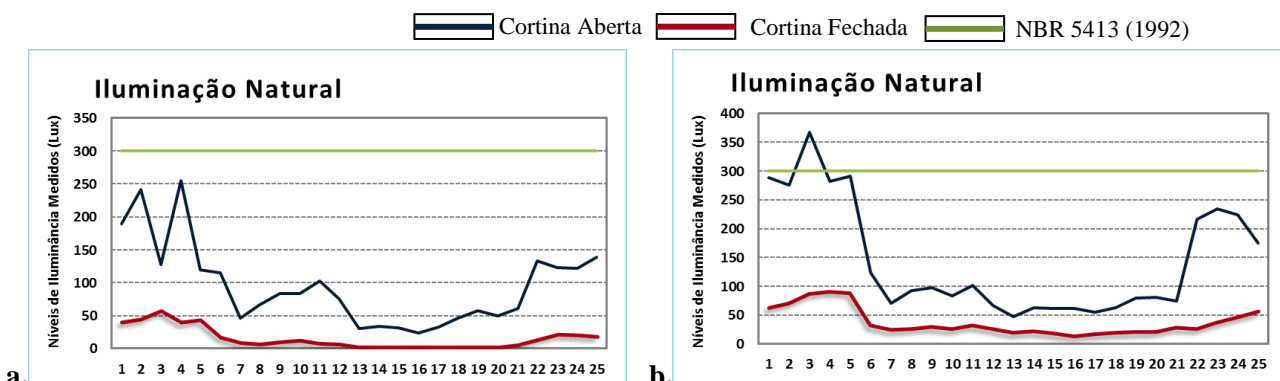


Figura 10 – Gráficos da Sala do 9<sup>o</sup> ano C e 6<sup>o</sup> ano A durante o inverno (a) e verão (b) na condição de iluminação natural no período da tarde – 15h10min.

Com a luz acesa à tarde na Sala do 1º ano A, 1º ano B e 1º ano F da Estadual Profª Angélica de Oliveira coletamos valores acima de 4.000 lux no inverno, sendo o maior 4.131 lux (Figura 11a). No entanto, observamos na mesma área no verão, por meio das curvas isolux, uma redução de aproximadamente 2.200 lux (Figura 11b). No centro verificamos também esta redução, que ao compararmos às estações foi acima de 500 lux. Nas duas estações, condição de céu apresentando pouquíssimas nuvens, em todas às áreas nas medições os valores ultrapassaram a recomendação. À maior média foi coletada durante o inverno, 2.135,64 lux, sete vezes acima do indicado pela NBR 5413 (1992), de modo que à diferença entre as estações foi de 975,60 lux.

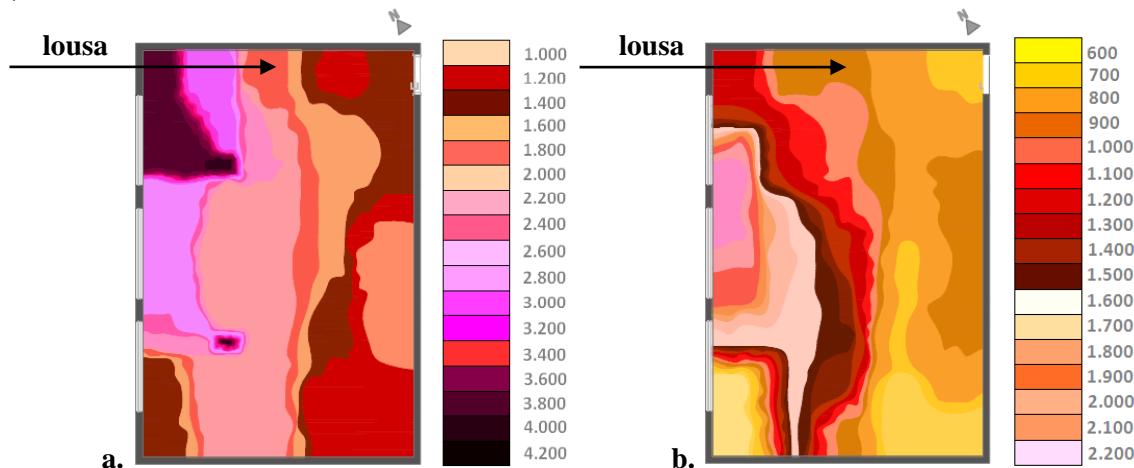


Figura 11 – Curvas Isolux da Sala do 1º Ano A, 1º Ano B e 1º Ano F durante o inverno (a.) e verão (b.) na condição de iluminação artificial no período da tarde – 15h10min – sem escala.

Ainda que às medições não tenham sido realizadas na mesma sala, ambas apresentavam direção semelhante na incidência da radiação. À situação se agravou na Sala do 3º ano C e 1º ano C no período da manhã, luz apagada, uma vez que nenhum valor se enquadrava no mínimo, 200 lux (Figura 12a). Os pontos próximos às aberturas foram inferiores a 100 lux, sendo coletado na parede oposta entorno de 25 lux. O menor valor foi 18 lux. Observamos na Sala do 2º ano C, 1º ano E e 3º ano F no verão, somente dois pontos acima de 300 lux e três atendendo o mínimo, ambos ao lado das aberturas (Figura 12b). No centro estavam abaixo de 100 lux. À maior média registramos no verão, 137,04 lux, distante 162,96 lux do sugerido, diferença entre às estações de 7,24 lux.

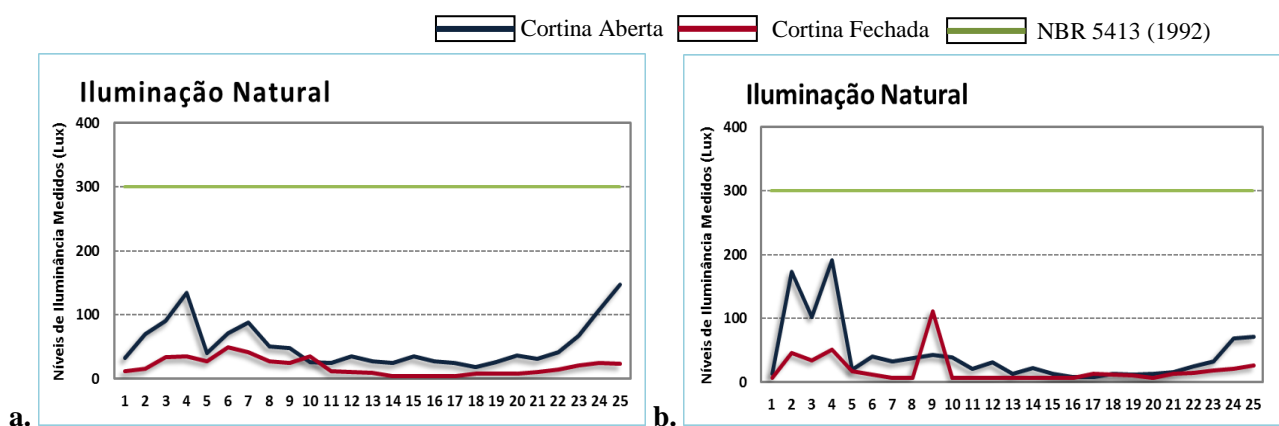


Figura 12 – Gráficos da Sala do 3º ano C e 1º ano C durante o inverno (a.) e Sala do 2º ano C, 1º ano E e 3º ano F durante o verão (b.), ambos na condição de iluminação natural no período da manhã – 09h10min.

O sombreamento das aberturas é aconselhado nas edificações em Álvares Machado, todavia nas escolas avaliadas não foram previstos elementos de proteção, acarretando à constante incidência da radiação e à depreciação do conforto lumínico e térmico dos usuários. Ainda que as salas apresentassem cortinas, quando fechadas reduziam ainda mais os níveis de iluminância nas áreas opostas às aberturas.

Este aspecto se agrava uma vez que possivelmente não foram realizados estudos preliminares para à implantação, em virtude das escolas possuírem salas orientadas ao Norte (N), incidência máxima. Para destacar à importância de estudos, semelhante ao trabalho de Graça et al. (2007), a partir das simulações, procuramos demonstrar à radiação nas elevações e no interior das salas. Abaixo são apresentadas algumas

tabelas dos horários semelhantes às medições descritas acima:

Tabela 1 – Incidência do Sol na Sala 8° ano A e 1° ano B – 09h10min

Orientação	Inverno			Orientação	Verão		
	Lousa	Plano de Trabalho do Professor	Plano de Trabalho do Aluno		Lousa	Plano de Trabalho do Professor	Plano de Trabalho do Aluno
Norte			x	Norte			x
Sul				Sul			
Leste				Leste			
Oeste				Oeste	x	x	x

Tabela 2 – Incidência do Sol na Sala 9° ano C e 6° ano A – 15h10min

Orientação	Inverno			Orientação	Verão		
	Lousa	Plano de Trabalho do Professor	Plano de Trabalho do Aluno		Lousa	Plano de Trabalho do Professor	Plano de Trabalho do Aluno
Norte				Norte			
Sul				Sul			
Leste				Leste			
Oeste				Oeste			

Tabela 3 – Incidência do Sol na Sala 1° Ano A, 1° Ano B e 1° Ano F – 15h10min

Orientação	Inverno			Orientação	Verão		
	Lousa	Plano de Trabalho do Professor	Plano de Trabalho do Aluno		Lousa	Plano de Trabalho do Professor	Plano de Trabalho do Aluno
Norte		x	x	Norte			
Sul				Sul			
Leste			x	Leste			x
Oeste				Oeste			

Tabela 4 – Incidência do Sol nas Salas do 3° ano C e 1° ano C (inverno) e do 2° ano C, 1° ano E e 3° ano F (verão) - 09h10min

Orientação	Inverno			Orientação	Verão		
	Lousa	Plano de Trabalho do Professor	Plano de Trabalho do Aluno		Lousa	Plano de Trabalho do Professor	Plano de Trabalho do Aluno
Norte				Norte			x
Sul				Sul			
Leste		x	x	Leste			x
Oeste				Oeste			

Verificamos na Sala do 8° ano A e 1° ano B (Tabela 1) da Escola Municipal de Ensino Infantil e Fundamental, período da manhã, que a orientação crítica é a Norte (N), que corresponde a atual, devido nas duas estações à radiação incidir no plano de trabalho (Figura 13a). No verão, caso a sala estivesse orientada a Oeste (O) haveria incidência nos três locais. A implantação ideal para os dois períodos seria a Sul (S).



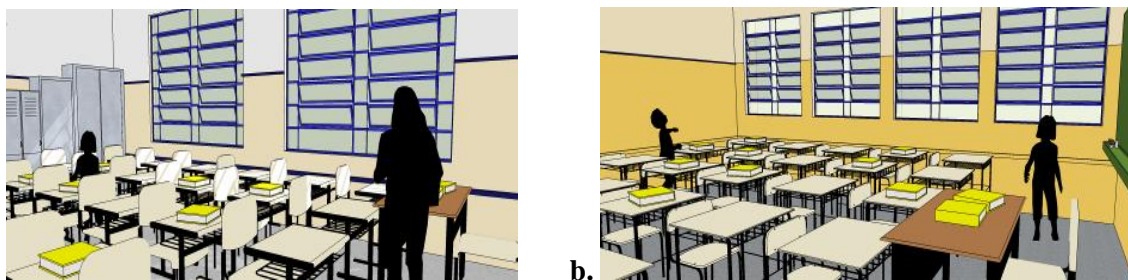


Figura 13 – a. Sala 8º ano A e 1º ano B orientação Norte (N) no inverno – 09h10min; b. Sala 9º ano C e 6º ano A orientação Oeste (O) no verão – 15h10min.

Na Sala do 9º ano C e 6º ano A (Tabela 2), período da tarde, não há incidência nos três locais para as diferentes orientações (Figura 13b). No inverno nas medições constatamos que durante à tarde a sala era escura, exigindo um acréscimo da iluminação artificial, principalmente nas áreas distantes das aberturas. Porém, no período da manhã (09h10min) verificamos à incidência nas orientações Norte (N) e Leste (L), assim à implantação ideal corresponderia a Oeste (O) ou ainda a Sul (S), semelhante à outra sala.

À orientação crítica na Escola Estadual Profª Angélica de Oliveira na Sala do 1º Ano A, 1º Ano B e 1º Ano F (Tabela 3) seria a Leste (L), em virtude da radiação nos planos de trabalho próximos às aberturas nas duas estações. Constatamos no inverno, período da tarde, na orientação atual, Norte (N), a incidência nos planos de trabalho em metade da sala. A implantação Sul (S) representa à ideal, visto que durante a manhã (09h10min) incidiria no verão somente no chão, podendo ser minimizada com a instalação de elementos de proteção (Figura 14a).

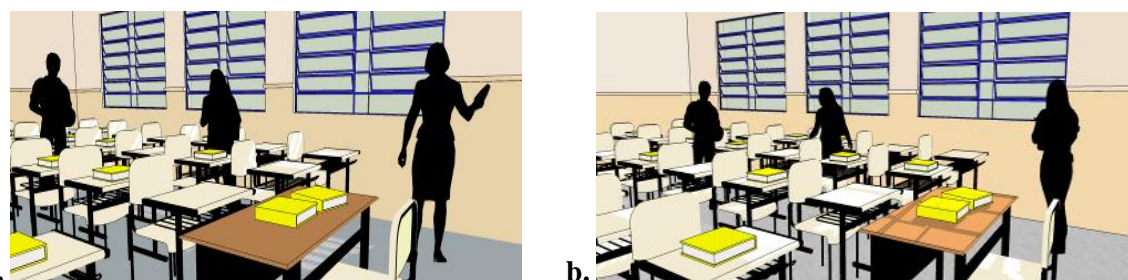


Figura 14 – a. Sala 1º ano A, 1º ano B e 1º ano F orientação Sul (S) no verão – 15h10min; b. Sala 3º ano C e 1º ano C orientação Leste (L) no inverno – 09h10min;

Verificamos no período da manhã para a Sala do 3º ano C e 1º ano C e Sala do 2º ano C, 1º ano E e 3º ano F (Tabela 4), que a orientação crítica nas duas estações significaria a Leste (L), tendo em vista que haveria a incidência nos planos de trabalho (Figura 14b). A implantação ideal, durante a tarde (15h10min), corresponderia a Norte (N), pois não ocorreria nos três locais. Entretanto, no verão na Sala do 2º ano C, 1º ano E e 3º ano F observamos nos planos de trabalhos dos alunos, exigindo também a instalação de elementos de proteção.

## 5. CONCLUSÃO

O presente trabalho inicialmente avaliou os níveis de iluminância na Escola Municipal de Ensino Infantil e Fundamental e na Estadual Profª Angélica de Oliveira em Álvares Machado - SP, constatando valores abaixo do recomendado pela NBR 5413 (1992), sobretudo na condição da iluminação natural. Às medições revelaram que os níveis variam ao longo do dia e entre às estações, caracterizando a distribuição da iluminância como não homogênea e dependente do sistema artificial nas áreas distantes das aberturas.

Concluimos que a não concordância dos níveis é resultado de dois fatores: ao projeto construtivo, que não procurou reduzir à radiação nas elevações, conforme verificado nas simulações da Sala do 8º ano A e 1º ano B (Municipal) e na do 1º Ano A, 1º Ano B e 1º Ano F (Estadual), e à padronização da distribuição das luminárias, que implica na oscilação da iluminância, de modo que, em alguns casos, nas proximidades das aberturas os valores foram superiores ao máximo, enquanto distantes destas inferiores ao mínimo.

À qualidade do ambiente escolar exerce papel fundamental na aprendizagem, portanto às recomendações as edificações analisadas, como, à redistribuição das luminárias, emprego de cores claras nas superfícies e reparação da instalação elétrica, em razão de estarem construídas são fundamentais para correções e deveriam ser realizadas para melhorar o conforto, evitando o constante esforço dos alunos

durante a realização de atividades.

Os projetos de edificações escolares são um desafio, devido o processo de mudança do ensino que não se resume mais as carteiras e cadeiras enfileiradas. Deste modo, as pesquisas realizadas nas edificações construídas nas décadas anteriores são experiências aos futuros projetos, que devem prever ambientes condizentes aos aspectos do conforto ambiental.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5413**: Iluminância de Interiores. Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 1992. 13p.
- \_\_\_\_\_. **NBR 15220-3**: Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2003. 23p.
- \_\_\_\_\_. **NBR 15215-4**: Iluminação natural: Parte 4: Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações - Método de medição. Rio de Janeiro, 2005. 16p.
- EGAN, M. D.; OLGAY, V. **Architectural lighting**. New York: McGraw-Hill, 2002. 219p.
- GEMELLI, C. B. **Avaliação de conforto térmico, acústico e lumínico de edificação escolar com estratégias sustentáveis e bioclimáticas**: o caso da Escola Municipal de Ensino Fundamental Frei Pacífico. 175 f. Tese (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.
- GRAÇA, V. A. C.; KOWALTOWSKI, D. C. C. K.; PETRECHE, J. R. D. An evolution method for school building design at the preliminar phase with optimisation of aspects of environmental for the school system of the State São Paulo in Brazil. **Building and Environment**, USA, v.42, p. 984–999. 2007.
- KOWALTOWSKI, D. C. C. C.; MIKAMI, S. A.; PINA, G.; LABAKI, L. C.; RUSCHEL, R. C.; STELAMARIS, B. F. F.; BERTOLLI, R.; BORGES, F. F. O conforto no ambiente escolar: elementos para intervenções de melhoria. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 9., 2002, Foz do Iguaçu. **Anais...** Florianópolis: ENTAC, 2002, p. 173-182. CD-ROM
- KOWALTOWSKI, D. C. C. K. **Arquitetura escolar**: o projeto do ambiente de ensino. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. 272p.
- KRÜGER, E.; ADRIAZOLA, M.; TAKEDA, N. Avaliação do desempenho térmico em escolas emergenciais da Região de Curitiba. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 10., 2004, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ANTAC, 2004, p. 1-14. CD-ROM.
- PEREIRA, D. C. L. **Modelos físicos reduzidos**: uma ferramenta para avaliação da iluminação natural. 245 f. Tese (Mestrado em Arquitetura) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
- ROSIM, C. A. **Comportamento de prateleira de luz em modelo físico sob céu real na cidade de Campinas – SP**. 163 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil e Arquitetura, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.
- SCARAZZATO, P. S. DLN: Software preditivo da disponibilidade de luz natural em planos horizontais e verticais externos às edificações. In: ENCONTRO NACIONAL DE MODELOS DE SIMULAÇÃO DE AMBIENTES, 5. 1995, São Paulo. **Anais ...** São Paulo: FAUUSP, p. 269-273. CD-ROM

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelos recursos financeiros aplicados no financiamento do projeto no período de 2011 a 2013 e aos professores e funcionários das escolas pela disposição sempre que solicitado.