



## AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO LUMINOSO DE EDIFICAÇÕES ESCOLARES CONFORME SUA ORIENTAÇÃO SOLAR

**Adriano L. Dorigo (1); Mauro Suga (2); Eduardo L. Krüger (3)**

- (1) Arquiteto, Mestrando, Programa de Pós-Graduação em Tecnologia – PPGTE – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba – e-mail: [aldorigo@mps.com.br](mailto:aldorigo@mps.com.br)
- (2) Arquiteto, Mestre, Programa de Pós-Graduação em Tecnologia – PPGTE – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba – e-mail: [mauro.suga@gmail.com](mailto:mauro.suga@gmail.com)
- (3) Eng. Civil, Prof. Dr., Programa de Pós-Graduação em Tecnologia – PPGTE – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba – e-mail: [krueger@ppgte.cefetpr.br](mailto:krueger@ppgte.cefetpr.br)

### RESUMO

**Proposta:** Na década de 70, adotou-se no Brasil a linha de construir escolas conforme um padrão único, independentemente da diversidade climática em que eram implantadas. A repetição de mesmas tipologias em diferentes regiões pode resultar em construções que se comportam de maneiras distintas de lugar para lugar, com grandes variações nas características internas dos ambientes. Devido a isso, essas edificações devem ser construídas e implantadas de acordo com projetos cuidadosamente elaborados, que levem em consideração todas as condicionantes e variáveis envolvidas. **Método de pesquisa/ Abordagens:** O objetivo deste artigo é avaliar as salas de aula do projeto padrão 023 da rede de ensino do Estado do Paraná, com relação a aspectos de orientação solar, fator que apresenta relação direta com as condições de conforto do ambiente interno e com a qualidade da atividade desenvolvida no local. Foram realizadas simulações com o uso de softwares específicos, que fornecem dados relativos à iluminação natural dos ambientes em estudo. Com base nas especificações técnicas do projeto utilizado, foi construído um modelo computacional com o programa Ecotect. Utilizando as ferramentas do programa Radiance tornou-se possível simular as condições de iluminação natural em dias e horários pré-determinados. **Resultados:** Os resultados permitiram conhecer o nível de iluminação das salas de aula analisadas conforme sua implantação em diferentes posições relativas ao Norte. **Contribuições/ Originalidade:** Uma vez que se trata de um projeto padrão e que a variação da faixa de latitudes do Paraná não é significativa, as conclusões obtidas são extensíveis a todo o Estado. A verificação das condições de iluminação natural dos ambientes fornece informações para que possam ser feitas melhorias nesse projeto específico, contribuindo para o desenvolvimento de futuros projetos e critérios de implantação para novas escolas.

Palavras-chave: conforto ambiental; iluminação natural; salas de aula, escolas.

### ABSTRACT

**Propose:** In the decade of 70, Brazil adopted the concept of building standardized schools throughout its territory, independently of the climatic diversity it entails. The repetition of same typologies in different regions can result in buildings that respond in distinct ways in each location, with great variations of indoor comfort. Therefore, such constructions should be built and implemented according to carefully elaborated projects, which consider all the involved conditions and variables. **Methods:** The purpose of this article is to evaluate the standard project 023, adopted by classrooms in the State of Paraná, concerning the aspect of solar orientation, which is directly related to indoor comfort conditions and to the quality of the activities developed in such places. Simulations were performed, using specific software, which provide data about daylighting in the analyzed building. Based on technical specifications of the project, a computational model was generated with the Ecotect program. Using the tools of the Radiance program, it was possible to simulate daylighting conditions

in predetermined days and times of the year. **Results:** Results allowed to know lighting levels of the analyzed classrooms, according to their solar orientation. **Originality/value:** Considering that a standard project is being evaluated and that the variation of latitudes in Paraná is not significant, the conclusions are extensible to all this State. The verification of indoor daylight supplies information, which enable improvements in this specific project, contributing to the development of future projects and suggesting criteria for siting new schools.

Keywords: environmental comfort; daylighting; classrooms, schools.

## 1 INTRODUÇÃO

Em um mundo onde o desenvolvimento tecnológico cada vez mais exige mão-de-obra qualificada, o capital educacional de uma pessoa interfere diretamente na sua oportunidade de crescimento social. A qualidade da educação recebida se reflete, com a diferença de remuneração entre a mão-de-obra mais e a menos qualificada, na posição social ocupada pelo trabalhador, contribuindo para realçar a importância da escola como agente de inserção dos indivíduos na sociedade.

### 1.1 Ambientes escolares no Brasil

Preocupado com a qualidade do ensino no Brasil, já em 1931 o Serviço de Estatística da Educação e Cultura – SEEC/MEC assinou um convênio entre união e estados com o objetivo de suprir a necessidade de informações estatístico-educacionais, para avaliação, planejamento e decisões de políticas referentes à rede de ensino (FUNDEPAR, 2004). Atualmente, apesar do censo escolar fornecer um diagnóstico mais preciso sobre movimento e rendimento de alunos e condições físicas de prédios e equipamentos, entre outros, ainda existe a carência de informações mais criteriosas sobre os níveis de desempenho e conforto ambiental apresentados pelos ambientes escolares. Preenchendo em parte essa lacuna, nos últimos anos vêm sendo realizados no Brasil diversos estudos que abordam as condições de conforto ambiental em ambientes escolares, como os trabalhos desenvolvidos por Cabus e Pereira (1997), Xavier e Lamberts (1997), Pereira e Bogo (1998), Labaki e Bartholomei (2001), Kowaltowski et al. (2002), Bogo (2003) e Pizarro (2005).

Na década de 70, o Brasil adotou o princípio de construir as escolas da rede pública de ensino conforme um padrão único, sem levar em consideração as possíveis diferenças climáticas em que eram implantadas. Considerando que as condições ambientais encontradas em um determinado local influenciam a qualidade das tarefas e o desenvolvimento das atividades realizadas em seu interior, tem-se que a ampliação da rede de ensino público pela repetição de mesmas tipologias pode vir a comprometer diretamente a saúde e o rendimento escolar dos alunos, além de gerar edifícios pouco econômicos e com baixa eficiência energética.

Loro (2003) confirma a importância do tema conforto ambiental e de seu caráter interdisciplinar, apontando que todos os seus conceitos e variáveis – térmicas, acústicas e luminosas - devem ser pensados para atuar em conjunto com o objetivo de melhorar a qualidade de vida, reduzindo o consumo energético e diminuindo os impactos sobre o ambiente natural.

### 1.2 Iluminação natural

Segundo Hopkinson et al. (1975), originalmente o objetivo principal dos padrões de iluminação natural era estabelecer relações adequadas entre visão e iluminação que beneficiassem a execução de quaisquer tarefas, evitando condições desfavoráveis e garantindo a segurança das pessoas sob os aspectos visuais. Com o passar do tempo, a essa preocupação foram agregadas outras necessidades como eficiência e conforto visual das pessoas, produzindo-se no Brasil estudos diversos relacionados ao uso específico de cada edificação, como residências, lojas, escolas, hotéis e museus. É evidente a relevância dos aspectos luminosos relativos aos ambientes escolares, onde a qualidade do aprendizado é função direta do grau de conforto ambiental apresentado pelo espaço. A visão que o aluno tem do

quadro, do educador e das atividades que está realizando influenciam a atenção, o comportamento e o desenvolvimento do educando, interferindo na sua formação e na sua qualificação para o trabalho.

O desenvolvimento de novas tecnologias permitiu o uso de áreas de vidro cada vez maiores, trazendo consigo questões relacionadas à qualidade ambiental dos espaços. Além de problemas térmicos e acústicos, também as condições de iluminação podem ser prejudicadas pelo uso de grandes aberturas, com a criação de zonas de desconforto visual causado pela má distribuição luminosa ou por excessivos contrastes gerados por ofuscamentos. De acordo com Mascaró (1991), raramente as aberturas – em especial as janelas – são projetadas e dimensionadas para transmitir uma quantidade de luz diurna adequada às atividades que serão desenvolvidas no local. Antes, elas são pensadas para permitir a relação do usuário com o meio exterior durante o dia e para “mostrar” a iluminação artificial à noite, produzindo assim grandes desperdícios de energia e edificações energeticamente pouco eficientes. Os sistemas de iluminação natural, quando bem projetados, podem levar a economias consideráveis em energia elétrica, sobretudo no Brasil, onde se encontra boa disponibilidade de luz natural.

## **2 OBJETIVO**

O objetivo do estudo é analisar as condições de iluminação natural das salas de aula construídas com o projeto padrão 023 da rede pública de ensino do Estado do Paraná, para as diferentes posições da edificação com relação à sua orientação solar. Desta forma, pretende-se oferecer algum suporte para a implantação de novas escolas nessa tipologia, para que promovam um melhor desempenho luminoso e, assim, contribuam para a melhoria do desempenho escolar.

## **3 METODOLOGIA**

Optou-se pelo projeto padrão 023 da rede pública de ensino após uma confirmação, junto aos órgãos responsáveis, de sua relevância e atual utilização. Conforme levantado por Loro (2003), esse projeto foi elaborado em 2000 pela equipe técnica do Instituto Educacional do Paraná – FUNDEPAR, cujos dados indicam que até 2005 essa mesma tipologia foi utilizada em 79 escolas, distribuídas em 35 diferentes municípios do Estado do Paraná.

De posse do projeto das salas de aula, disponibilizado pela FUNDEPAR, foi elaborado um modelo computacional para simulações das características de iluminância apresentadas pelos ambientes. Em visita feita a uma escola já implantada, foram levantadas informações sobre características dos ambientes bem como acerca de quantidades, disposição e características do mobiliário utilizado.

Os valores de iluminância foram considerados em planos de trabalho situados a 75cm do piso, conforme dimensões e posições levantadas *in loco*. As simulações foram feitas considerando-se céu claro, para uma série de horários e datas que fornecessem dados sobre possíveis situações encontradas durante a utilização das salas. Dessa forma, foram utilizados os dias 21 de junho e 21 de dezembro, relativos aos solstícios de inverno e verão, que permitem avaliar os ambientes nos dois extremos de exposição solar. Adotou-se três posições solares em cada dia - 9, 12 e 15 horas – para obter leituras referentes a períodos de aulas de manhã, de tarde e com sol a pino. Para cada situação, foram levadas em conta orientações da planta com janelas voltadas para Norte-Sul e Leste-Oeste, esta última mais comum e encontrada também na escola visitada. Considerou-se a edificação sem quaisquer obstruções no entorno e sem anteparos nas janelas, como cortinas ou brises, para que se obtivessem dados relativos ao espaço físico das salas, sem a interferência de elementos externos ao projeto.

Para as análises, as lâmpadas da sala foram mantidas apagadas, restringindo-se exclusivamente aos valores obtidos com uso de iluminação natural. Os resultados das imagens simuladas possibilitam, por meio da posição das curvas isolux, determinar as regiões da sala que apresentam condições adequadas ou inadequadas de iluminância, tomando-se como referência os valores estabelecidos pela NBR 5413 – *Iluminância de interiores*, de 1992.

### 3.1 Objeto de análise

No Estado do Paraná, segundo Loro (2003), a gestão de obras escolares tem sido feita pelo Instituto Educacional do Paraná – FUNDEPAR e as escolas públicas são construídas ou ampliadas conforme projetos de módulos padrão que, combinados, possibilitam atender às necessidades e características do terreno onde serão implantadas. De forma geral, as configurações dos módulos referentes às salas de aula seguem dois layouts básicos: uma fileira de salas de aula com circulação lateral ou duas fileiras de salas de aula com uma circulação central entre elas.

O módulo de salas de aula do padrão 023 segue a segunda disposição, tendo uma circulação central e duas salas de aula de cada lado, podendo ser construído com um pavimento ou dois. Dessa forma, os módulos podem ser agrupados um após o outro para atender à quantidade de salas de aula necessárias.

Para as simulações, considerou-se a edificação de somente um pavimento, com quatro salas de aula e corredor central com pé-direito de aproximadamente 6m de altura e duas aberturas zenitais para ventilação e iluminação, cada uma com um vão de 1,60m por 1,60m e cobertas com chapa de policarbonato alveolar incolor cristal. As salas possuem 7m de largura por 7,10m de profundidade e pé-direito com 3,05m, sendo espelhadas em relação ao eixo do corredor. Cada ambiente apresenta 2 janelas de dimensões 3,40m x 1,50m (largura x altura), esquadrias de ferro e vidros basculantes, voltadas para o exterior e uma faixa de blocos de tijolos de vidro na parte superior da parede adjacente à circulação, que captam parte da iluminação das zenitais. As paredes são em alvenaria, pintadas internamente com cores claras, o teto em laje é pintado de branco e os pisos recebem revestimento cerâmico, também em cores claras. Para as análises, foram usados os índices de refletividade padrão desses materiais. Devido à simetria da planta, as análises foram realizadas em duas salas de aula, localizadas em lados opostos do corredor.

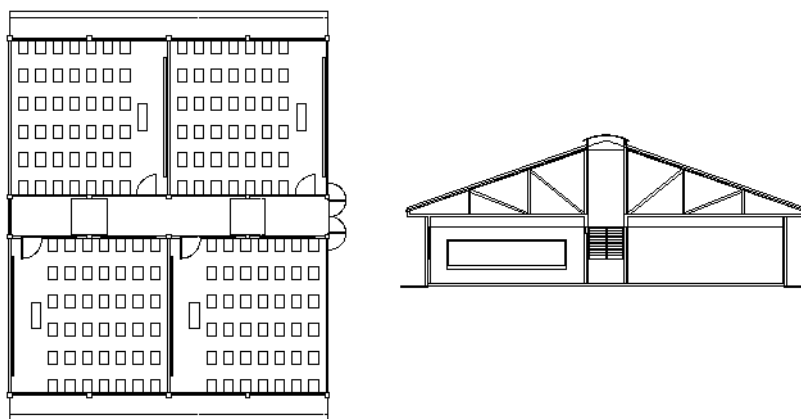


Figura 1 – Planta e corte das salas de aula do projeto padrão 023

### 3.2 Ferramentas utilizadas

Foram utilizados os softwares Ecotect e Radiance, específicos para a construção de um modelo computacional das salas de aula analisadas e para a simulação das datas, horários e orientações solares relativas à posição geográfica solicitada (Curitiba, latitude 25°25'48'' S e longitude 49°16'15'' W). O modelo foi elaborado conforme as especificações técnicas constantes no projeto padrão das salas utilizadas, obtido junto ao Instituto de Desenvolvimento Educacional do Paraná – FUNDEPAR.

#### 3.2.1 Ecotect

Utilizou-se a versão 5.20 do Ecotect, software desenvolvido com base em estudos de Andrew Marsh, da *School of Architecture and Fine Arts, University of Western Australia*, que apresenta uma interface

de modelagem 3D, integrada com funções de simulação e análise, capazes de fornecer dados para avaliações das condições térmicas, acústicas, de ventilação ou iluminação de edificações.

A função de modelagem 3D permite a criação de modelos capazes de reproduzir as mesmas condições, materiais e detalhes construtivos existentes na construção ou no projeto real. Adotou-se, para os índices de refletividade dos materiais especificados, valores do próprio Ecotect, que foram comparados a dados encontrados em Vianna (2004). Após a entrada de todos os dados necessários para as verificações, relativos às salas de aula analisadas, tornou-se possível exportar esse modelo para o Radiance, software para estudos de iluminação, capaz de fornecer resultados mais precisos sobre as condições de luz do espaço em questão.

### 3.2.2 Radiance

O Desktop Radiance, desenvolvido pelo *Building Technologies Department, Environmental Energy Technologies Division, Berkeley Lab*, é uma ferramenta que trabalha juntamente com softwares CAD – de desenho e modelagem – para reprodução de situações reais e leituras relativas às condições dos sistemas de iluminação natural ou artificial existentes ou propostas para um espaço, permitindo o conhecimento da eficiência desses sistemas. Os resultados obtidos são demonstrados por imagens renderizadas, com os dados analíticos referentes aos parâmetros, propriedades e variáveis previamente definidos. Utilizado em conjunto com o Ecotect, o Radiance incorpora os dados do primeiro programa, referentes à altura solar para os dias e horários escolhidos para simulação.

Segundo Vianna (2004), dois dos requisitos essenciais para que se tenha uma boa visão são iluminância suficiente – quantidade de luz que incide sobre uma determinada área – e boa distribuição da iluminação, de forma a se evitar problemas como ofuscamentos. Baseado nisso, optou-se como metodologia realizar as análises especificamente sobre as condições de iluminância encontradas nas salas de aula (figura 2), embora o software permita também outras simulações. É possível, por exemplo, a obtenção de imagens referentes à luminância – reflexão dos raios luminosos por uma determinada superfície - dos ambientes ou de simulações da visão humana. Nesse último caso, o software simula a relação entre o nível de luminância e a sensibilidade ao contraste característica da visão humana. Uma comparação entre duas diferentes leituras para o mesmo ambiente pode ser vista nas figuras 2 e 3.



**Figura 2 – Simulação das iluminâncias de sala de aula**



**Figura 3 – Simulação das luminâncias da mesma sala de aula, conforme a visão humana**

### **3.3 Comparação dos resultados**

Para a pesquisa, foram adotados como referência os valores de iluminância constantes na NBR 5413 – *Iluminância de interiores*, com uma tolerância de 30% para mais ou para menos, conforme sugerido pela norma e utilizado por Cabus (1997). Em um primeiro momento, teve-se como foco de interesse os planos de trabalho onde os educandos realizam suas atividades. Posteriormente, como complemento da pesquisa serão verificados também, sob os mesmos aspectos, o corredor central iluminado pelas zenitais e os valores de iluminância encontrados nas paredes onde se encontram os quadros negros dos ambientes.

Segundo Vianna (2004), quando a preocupação diz respeito à acuidade visual, o elemento principal a ser considerado é o nível de iluminância. Pesquisas apontam que 2000 lux é um valor a partir do qual qualquer incremento do nível de iluminância não traz nenhuma melhoria para a acuidade visual, estabelecendo assim um ponto de saturação. Entretanto, para salas de aula, a norma NBR 5413 estabelece valores médios em serviço de iluminância entre 200 a 500 lux, ficando a critério do projetista a determinação do valor final utilizado, de acordo com as características do local e das tarefas realizadas. Uma vez que as salas avaliadas podem comportar aulas para crianças e adultos, usou-se como referência o valor normatizado de 500 lux para as atividades desenvolvidas, considerado adequado. Dessa forma, foi possível também estabelecer os limites para determinação de áreas com iluminâncias abaixo e acima do valor adequado. Estas áreas foram denominadas como insuficientes ou elevadas<sup>1</sup>, conforme os seguintes valores:

**insuficientes < 350lux < adequadas < 650lux < elevadas**

Conhecidos os valores-limite, as leituras das imagens simuladas com o uso das curvas isolux forneceram informações sobre as quantidades de carteiras com iluminância adequada ou inadequada, representados por meio de porcentagens sobre a ocupação total do ambiente, o que permite avaliar o grau de eficiência das condições de iluminação natural das salas de aula.

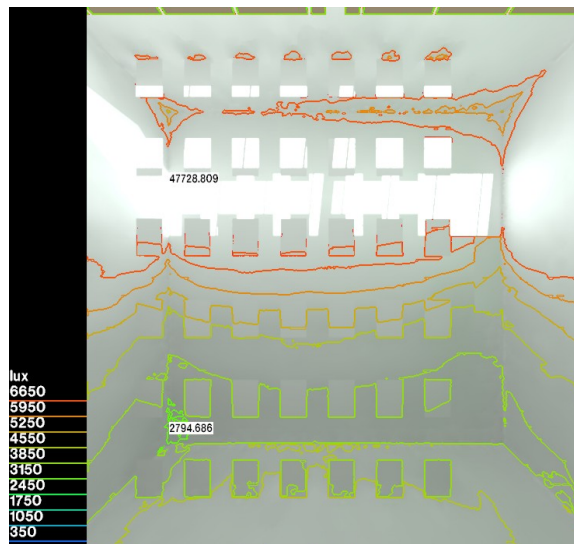
## **4 ANÁLISE DE RESULTADOS**

Todas as imagens - com as variações de dias, horários e orientações solares – foram geradas de maneira que fornecessem as curvas isolux referentes às condições de iluminância máximas e mínimas

---

<sup>1</sup> A definição de uma faixa de valores tida como aceitável dentro de limites relativamente próximos permite que se avalie a existência de excesso de contraste entre diferentes áreas do mesmo ambiente, avaliando-se assim o grau de distribuição de luz natural.

nos planos de trabalho. Como os ambientes recebem iluminações diferentes, conseqüentemente os valores sofrem grandes variações de caso para caso. Em algumas leituras foram utilizadas curvas entre 0 e 1000 lux e outras entre 0 e 5000 lux. A definição desses limites máximos mudou de situação para situação de acordo com a necessidade de se conseguir resultados satisfatórios na identificação das carteiras bem ou mal iluminadas, verificadas em imagens como a demonstrada na figura 4.



**Figura 4 – Resultado da simulação das iluminâncias dos planos de trabalho com janelas voltadas para o Norte, às 12:00h do dia 21 de junho**

Estabelecidos os valores de referência - insuficientes, adequados e elevados - fez-se a leitura das carteiras situadas em cada faixa, conforme demonstrado na tabela 1.

A interpretação dos dados coletados demonstra que não há ocorrência, em nenhuma situação, de carteiras com iluminância abaixo do adequado. No entanto, percebe-se que na grande maioria dos casos os planos de trabalho apresentam iluminância acima desse valor. Dessa forma, foi inserida uma subdivisão dentro da faixa *elevada*, distinguindo os valores entre 650 e 1000 lux e os valores acima de 1000 lux. Adotou-se 1000 lux, uma vez que esse foi constatado como o menor valor de limite máximo para as leituras.

Para as combinações de horário e orientação simuladas no solstício de verão não houve incidência de carteiras na faixa considerada como adequada. No solstício de inverno, a orientação de janelas para o Sul é a que apresenta melhores condições, com 50% de carteiras adequadas às 9:00h e 19% às 15:00h, seguida da orientação Oeste, com 50% às 9:00h e da Leste, com 7% às 12:00h e 33% às 15:00h. As salas com janelas voltadas para o Norte não apresentam posições adequadas.

Para esse mesmo dia, a faixa de valores acima de 1000 lux é percebida em 50% das carteiras às 12:00h na sala com as janelas para o Sul, em 50% às 12:00h e 100% às 15:00h com janelas para o Oeste e 100% às 9:00h e 62% às 12:00h para o Leste. As janelas voltadas para o Norte fazem com que todas as carteiras recebam iluminâncias acima de 1000 lux nos três horários verificados, mostrando-se a pior situação de todas.

Para o solstício de verão, foi adotada a faixa entre 650 e 1000 lux para avaliação, uma vez que não há ocorrência de posições adequadas. Nesse caso e para as iluminâncias acima de 1000 lux, as janelas para o Norte apresentam a melhor situação de planos de trabalho, seguida das orientações Leste, Oeste, e Sul.

**Tabela 1 – Distribuição das carteiras de acordo com as faixas de iluminância**

Faixas			Insuficiente	Adequado	Elevado	
			<350 lux	350 a 650 lux	650 a 1000 lux	>1000 lux
			% de cart.	% de cart.	% de cart.	% de cart.
INVERNO	NORTE	9h	0%	0%	0%	100%
		12h	0%	0%	0%	100%
		15h	0%	0%	0%	100%
	Média		<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>100%</b>
	SUL	9h	0%	50%	50%	0%
		12h	0%	0%	50%	50%
		15h	0%	19%	81%	0%
	Média		<b>0%</b>	<b>23%</b>	<b>60%</b>	<b>17%</b>
	OESTE	9h	0%	50%	50%	0%
		12h	0%	0%	50%	50%
		15h	0%	0%	0%	100%
	Média		<b>0%</b>	<b>17%</b>	<b>33%</b>	<b>50%</b>
LESTE	9h	0%	0%	0%	100%	
	12h	0%	7%	31%	62%	
	15h	0%	33%	67%	0%	
Média		<b>0%</b>	<b>13%</b>	<b>33%</b>	<b>54%</b>	
VERÃO	NORTE	9h	0%	0%	50%	50%
		12h	0%	0%	0%	100%
		15h	0%	0%	33%	67%
	Média		<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>28%</b>	<b>72%</b>
	SUL	9h	0%	0%	33%	67%
		12h	0%	0%	0%	100%
		15h	0%	0%	14%	86%
	Média		<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>16%</b>	<b>84%</b>
	OESTE	9h	0%	0%	50%	50%
		12h	0%	0%	0%	100%
		15h	0%	0%	0%	100%
	Média		<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>17%</b>	<b>83%</b>
LESTE	9h	0%	0%	0%	100%	
	12h	0%	0%	0%	100%	
	15h	0%	0%	50%	50%	
Média		<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>17%</b>	<b>83%</b>	

Em um primeiro momento, os resultados permitem concluir que:

- Para a condição analisada, com céu claro e sem elementos de sombreamento - exceto o próprio beiral – a existência de grandes áreas envidraçadas pode provocar iluminâncias elevadas e ofuscamentos, prejudiciais às atividades realizadas no local;
- Verifica-se a ocorrência de níveis excessivos nas situações em que há incidência direta de sol sobre as janelas. Dessa forma, faz-se necessária a utilização de elementos para melhor proteção solar e/ou melhor distribuição da luz natural, sobretudo para as orientações críticas. A união destes equipamentos de sombreamento com as orientações solares mais adequadas para a construção pode significar ganhos consideráveis na qualidade visual oferecida pelos ambientes.
- Limites máximos específicos utilizados em cada caso permitiram a leitura exata de cada situação, mas produziram também gradações intermediárias diferentes para as iluminâncias, dificultando um tratamento de dados para comparações diretas entre as diferentes combinações de orientação-dia-hora. No entanto, a partir do conhecimento dos valores máximos e mínimos de cada ambiente, torna-se possível estabelecer novos limites e gradações



para as curvas isolux, com valores proporcionais que possam ser aplicáveis a todas as situações. Dessa forma, poderão ser feitas comparações entre as mesmas – inclusive com as demais orientações NE, NW, SE e SW - possibilitando a identificação das melhores orientações solares e de pontos positivos e negativos relativos à construção.

Sendo assim, o conhecimento dos níveis de iluminação das salas de aula do projeto padrão 023 passa a figurar como uma primeira etapa da pesquisa. Os resultados obtidos até o momento sugerem como próximos passos a consideração de elementos de proteção solar e a verificação da influência desses elementos para o amortecimento térmico da construção.

As conclusões tiradas posteriormente, somadas aos dados já obtidos, fornecerão um panorama das condições de iluminação natural das salas, contribuindo para o conhecimento do comportamento dessas construções com relação ao conforto ambiental, agregando informações a outros trabalhos e pesquisas, como a realizada por Loro (2003) sobre os aspectos acústicos desse mesmo projeto.

## 5 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5413**: Iluminância de interiores. Rio de Janeiro, 1992.

BOGO, A.J. **Recomendações de projeto de arquitetura visando o conforto térmico e a conservação de energia em edificações escolares**. In: IX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2002, Foz do Iguaçu. Anais... Foz do Iguaçu: ENTAC, 2002.

CABUS, R.C. ; PEREIRA, F. O. R. . **Análise do desempenho luminoso de sistemas zenitais em função do número de aberturas** . In: IV ENCONTRO LATINO AMERICANO DE ERGONOMIA, 1997, Florianópolis. Anais... Florianópolis, 1997.

HOPKINSON, R. G.; PETHERBRIDGE, P.; LONGMORE, J. **Iluminação natural**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbekian, 1975.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO EDUCACIONAL DO PARANÁ (FUNDEPAR). **Principais ações da Fundepar – janeiro/2003 - março/2004**. Curitiba: FUNDEPAR, 2004.

KOWALTOWSKI, D. C. C. K.; PINA, S. A. M. G.; RUSCHEL, R. C.; LABAKI, L. C.; BERTOLI, S. R.; FILHO, F. B. **O Conforto no Ambiente Escolar: Elementos para Intervenções de Melhoria**. In: : IX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2002, Foz do Iguaçu. Anais... Foz do Iguaçu: ENTAC, 2002.

LABAKI, L. C. ; BARTHOLOMEI, C. L. B. **Avaliação do conforto térmico e luminoso de prédios escolares da rede pública**. In: VI ENCONTRO NACIONAL e III ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2001, São Pedro, SP. Anais... São Carlos: ENCAC, 2001.

LORO, C.L.P. **Avaliação acústica de salas de aula – estudo de caso em salas de aula padrão – 023 da rede pública**. Dissertação de Mestrado – UFPR – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

MASCARÓ, L.R. **Energia na edificação – estratégia para minimizar seu consumo**. São Paulo: Projeto, 2ªed., 1991.

PEREIRA, F. O. R.; BOGO, A. J. **Análise do Potencial de Conservação de Energia Elétrica Em Escolas Pela Utilização da Iluminação Natural**. In: NUTAU 98: Arquitetura e Urbanismo: Tecnologias para o Século XXI, 1998, São Paulo. Anais... São Paulo: NUTAU 98, 1998, CD ROM.

PIZARRO, P.R. **Estudo das variáveis do conforto térmico e luminoso em ambientes escolares**. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2005.

VIANNA, N. S.; GONÇALVES, J. C. S. **Iluminação e Arquitetura**. São Paulo: Geros, 2ªed., 2004.

XAVIER, A.A.P.; LAMBERTS, R. **Temperatura interna de conforto e percentagem de insatisfeitos para a atividade escolar: diferenças entre a teoria e a prática.** In: IV ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 1997, Salvador. Anais... Salvador: ENCAC, 1997.

### **AGRADECIMENTOS**

Os autores gostariam de agradecer ao Instituto Educacional do Paraná – FUNDEPAR, pelos materiais e informações fornecidos.