

Iluminação Natural

Estudo realizado para
salas de aula em Tucumán

Por Guillermo E. Gonzalo

ESTUDOS REALIZADOS SOBRE RENDIMENTO ESCOLAR, NOS QUAIS

foram analisados os resultados de 21 mil alunos, em mais de 2 mil salas de aula, mostram que estudantes que fazem provas em escolas com salas de aula bem iluminadas e com maior iluminação natural têm um rendimento da ordem de 20% maior em provas de matemática e de 26% maior em provas de leitura (Loisos G., 1999). Ainda sobre dados estatísticos, pesquisas realizadas na Califórnia mostram que cerca de 40% do consumo energético nas escolas pode ser atribuído simplesmente à iluminação elétrica (Daylighting and Windows, 2005). Considerando-se estes e outros estudos no campo da luminotécnica, é de fundamental importância no projeto arquitetônico de edifícios escolares, especificamente no que diz respeito a salas de aulas, considerarmos o desenvolvimento de um sistema de janelas que ofereça níveis adequados de iluminação natural, de maneira a garantir o conforto visual dos estudantes, bem como favorecer economia de energia elétrica quando do uso de iluminação artificial.

Para que os sistemas de janelas sejam eficientes, o projeto deve ser criterioso, de forma a evitar a entrada de radiação solar no interior, o que causa ofuscamento e superaquecimento do ambiente em locais de clima quente, como é o caso da cidade de Tucumán, onde foi desenvolvido o estudo de projeto que apresentamos neste artigo.

Os sistemas de janelas mais freqüentemente empregados nas escolas de Tucumán têm controle solar do tipo “tudo ou nada” (persianas, cortinas de enrolar, etc) e não respondem às premissas básicas de adequadas condições lumínicas e de isolamento (Ledesma S.L. et al., 2003).



Ilustração da escola Capitán de los Andes

Atualmente, complexas tecnologias de vidros especiais permitem um adequado controle da entrada de luz solar em vez de favorecer a distribuição da luz natural. Entretanto, soluções como estas são inaplicáveis em nosso contexto, considerando-se a situação econômica do país. Portanto, é recomendável a adoção de sistemas simples, preferencialmente os de fácil manuseio ou fixos.

O estudo descrito a seguir (e que pode ser encontrado na íntegra no *site* www.lumearquitetura.com.br) apresenta propostas de projeto para sistemas customizados de janelas, desenvolvidos com o objetivo de se obter um efetivo aproveitamento da iluminação natural, adequado controle da radiação solar, conforto visual e economia de energia. São propostos sistemas de resolução construtiva simples e viável às condições econômicas das escolas de Tucumán.

Descrição do trabalho

Em 90% dos casos considerados na pesquisa inicial para desenvolvimento do estudo, verificou-se que não são cumpridas as condições mínimas de iluminação estabelecidas segundo as normas locais (Normas IRAM). Pôde-se observar, também, que no interior das salas ocorrem problemas de ofuscamento devido à entrada de raios solares, inadequada distribuição da iluminação, falta de uniformidade, excessivos contrastes, entre outros fatores. Esta situação gera condições de desconforto visual e, na maioria dos casos, recorre-se ao uso permanente de iluminação artificial, com os conseqüentes gastos energéticos.

Numa segunda etapa de pesquisa, foram avaliados casos com uso de parassóis utilizados com freqüência nas janelas de escolas da cidade, que possibilitaram a identificação dos níveis percentuais de obstrução da radiação solar conseguidos por este tipo de proteção, ao longo do ano.

Ao final, foram analisados locais com diferentes situações de sistemas de janelas com “prateleiras de luz”, a partir das quais se pode estabelecer melhora das condições de iluminação interior, principalmente se tais prateleiras se encontrarem orientadas para o Norte.

A partir dos estudos mencionados foram projetados sistemas de janelas para as salas de

Como cerca de 40% do consumo energético nas escolas pode ser atribuído simplesmente à iluminação elétrica, é de fundamental importância no projeto de edifícios escolares, considerarmos o desenvolvimento de um sistema de janelas que ofereça níveis adequados de iluminação natural.

aula de escolas de Tucumán, considerando-se a seguinte pauta básica:

- Evitar a colocação de janelas nas orientações Leste e Oeste.
- Distribuir as janelas em paredes opostas para permitir a iluminação bilateral.
- Utilizar proteções solares nas janelas que permitam a obstrução total da radiação solar incidente.
- Incorporar “prateleiras de luz”, as quais favorecem a obstrução da radiação solar e beneficiam a distribuição da iluminação natural.
- Utilizar janelas superiores para melhorar a iluminação natural interior, pois permitem o ingresso de luz em direção à parte mais profunda da sala, o aporte de iluminação de um setor mais luminoso da abóboda celeste e uma menor possibilidade de obstrução por elementos exteriores.
- Cumprir com os valores de superfície envidraçada recomendados pelo documento “Critérios e Normativa Básica de Arquitetura Escolar”.

Os sistemas implantados foram desenvolvidos para serem aplicados em salas de aula organizadas em forma linear, com janelas em paredes opostas e com uma galeria de circulação num lado das mesmas, já que é a situação que se verifica com maior freqüência nos estabelecimentos escolares.

As dimensões da sala de aula correspondem à superfície mínima requerida por aluno para um número máximo de trinta estudantes, estabelecida no documento “Critérios e Normativa Básica de Arquitetura Escolar”. As superfícies de janelas foram determinadas segundo o indicado no documento mencionado, que recomenda uma relação máxima entre área envidraçada e área de piso de 25% em locais com orientação Norte ou Sul.

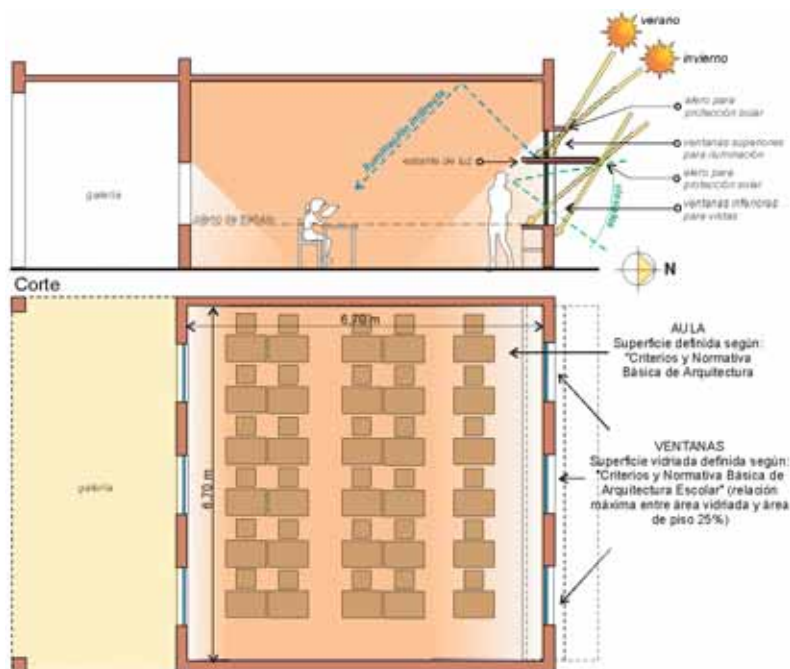


Figura 1:
Situação de janelas
proposta para
as salas de aula.

O sistema de janelas proposto para a orientação Norte se encontra setorizado em duas partes: a parte inferior, que consiste em três janelas de dimensões básicas de 1.10 de largura por 1.20m de altura, as quais possibilitam visualização exterior; e a parte superior, composta por janelas horizontais (setorizadas e corridas) que permitem reforçar a iluminação interior em direção à parte mais profunda da sala e que contam com um beiral de proteção solar. Entre as duas partes - inferior e superior - coloca-se uma "prateleira de luz" (em

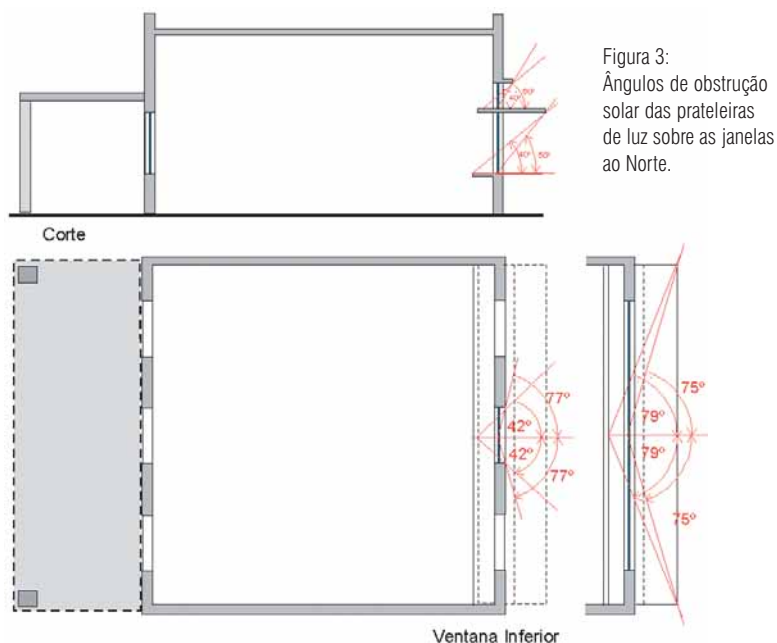


Figura 3:
Ângulos de obstrução
solar das prateleiras
de luz sobre as janelas
ao Norte.

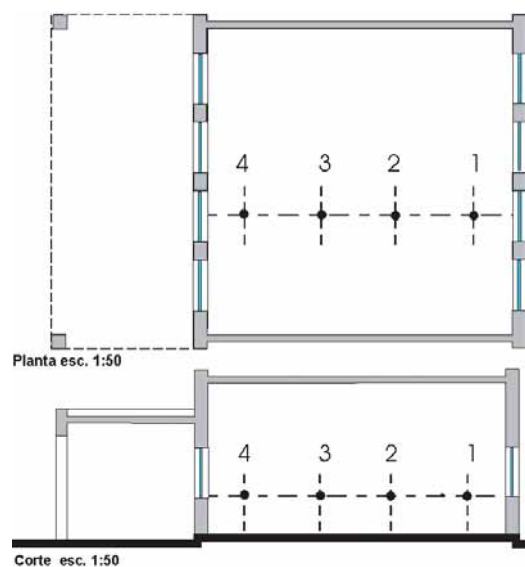


Figura 2:
Colocação dos pontos de análise no local.

direção ao interior da sala) que permite reforçar a iluminação por reflexão até o teto. Nos casos em que as janelas inferiores não estão protegidas pela galeria, a "prateleira de luz" se prolonga até o exterior, servindo também como beiral para impedir o ingresso de radiação solar no verão.

Na orientação Sul são colocadas quatro janelas que possuem proteções solares com telas verticais em ambos os lados, e beiral, quando as mesmas não se encontrarem protegidas pela galeria. Foi feito um protótipo, em quatro versões, avaliando-se o ponto de vista lumínico e de isolamento em diferentes situações de orientação e projeto (Figura 1).

Para avaliar o comportamento lumínico das versões do protótipo foram determinados os níveis de iluminação natural no interior, para o qual se realizaram medições em modelos construídos em escala 1:10 dentro de um céu celeste artificial (Figura 2). Foram determinados quatro pontos de medição alinhados de forma perpendicular às paredes que contêm as janelas. Com uso de um luxímetro foram registrados os níveis de iluminação da altura do plano de trabalho (0,80m).

Para a avaliação de isolamento, foram determinados os ângulos necessários para 100% de radiação solar em cada situação analisada (Figura 3).

A partir dos resultados obtidos, pôde-se observar que a proposta analisada superava amplamente a pauta estabelecida.



O protótipo desenvolvido permitiu levantar-se uma proposta de projeto de sistemas de janelas de fácil aplicabilidade nos estabelecimentos escolares

Determinação de consumo energético

Com o objetivo de quantificar a possível redução no consumo energético com a implementação do protótipo proposto, se tomou como exemplo de estudo uma escola que apresenta um partido de projeto tipologicamente freqüente em Tucumán. O estudo consistiu na comparação entre o consumo energético empregado atualmente para a iluminação artificial e o provável consumo energético no caso de ser implementado nas salas de aula o sistema de janelas projetado. A escola escolhida tem salas de aula dispostas linearmente, com galeria em um dos lados e iluminação bilateral (Figura 4). Apesar de contar com sistema bilateral de janelas, sendo estas superiores em um dos lados, os níveis de iluminação natural ficam muito abaixo dos estabelecidos na Norma IRAM, de forma que o uso de iluminação artificial é praticamente permanente durante todo o ano.

A incorporação das janelas projetadas modifica notavelmente as condições de iluminação natural, considerando-se a proposta um CLD médio de 5%. A partir dos níveis de iluminação natural registrados no interior da sala, determinou-se a quantidade de luz artificial necessária em ambas situações, de forma a se alcançar a condição de iluminação de trezentos lux, estabelecido como nível adequado.

Considerando-se a variabilidade da iluminação natural no interior da sala, se estabeleceram diferentes situações de iluminação:

- Situação 0: nenhuma lâmpada em níveis de iluminação natural maiores que 300 lux.
- Situação 1: 6 lâmpadas em uso para complementar a iluminação natural quando esta se encontra entre 150 e 500 lux.
- Situação 2: 9 lâmpadas em uso para complementar a iluminação natural quando esta se encontra entre 75 e 150 lux.
- Situação 3: 12 lâmpadas em uso para complementar a iluminação natural quando esta se encontra com níveis inferiores a 75 lux.

Calculou-se o número de luminárias necessárias para as três situações de iluminação determinadas. As luminárias foram definidas considerando-se que as mesmas se encontram embutidas no teto e que a sala de aula conta com piso escuro, teto e paredes claras. Além disso, considerou-se o uso de lâmpadas fluorescentes padrão.

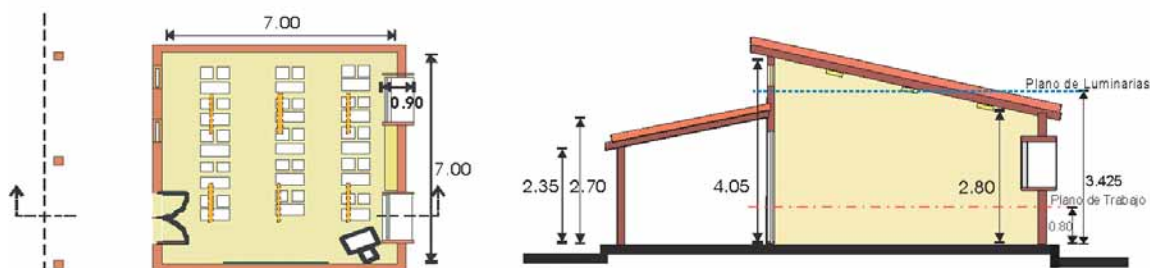
Com o objetivo de quantificar a incidência que teria o uso racional da iluminação artificial, foram consideradas duas situações de uso diferentes:

1. Sem controle de uso: esta situação, que é a mais freqüente em edifícios públicos, estabelece o acendimento da totalidade das luzes no início da jornada e o apagar das mesmas no fim do dia.
2. Com controle de uso: esta situação estabelece o ajuste do acendimento das luzes em função da disponibilidade de iluminação natural interior.

A partir dele se estabeleceu a quantidade de horas em que as lâmpadas ficariam acesas, segundo as três situações antes descritas. Com base no tempo de utilização das lâmpadas, calculou-se o custo da energia necessária para a iluminação artificial de cada caso mencionado, considerando-se os gastos em energia elétrica, manutenção e reposição da instalação (Assaf 1997).

Finalmente, as situações foram comparadas e estudadas, levando-se em conta o consumo de onze salas de aula, configuração de um setor da escola escolhida. Considerando-se que as luzes

Figura 4:
Planta e Corte
de salas de aula
analisadas.



funcionam sem serem controladas, o gasto energético final por ano diminui 68.8%. Considerando-se o uso racional da iluminação artificial, mediante a conscientização dos usuários, conseguindo-se que as luzes funcionem de forma controlada, o gasto energético final por ano diminuiria o valor de 90.3%.

Os valores de consumo energético diminuiriam 62,1% e 79,8%, respectivamente, ao se considerar o gasto total de energia, manutenção e reposição de lâmpadas.

Conclusões

O estudo descrito abrangeu as instâncias de diagnóstico da situação das condições de iluminação natural das escolas e incluiu uma completa análise sobre o comportamento lumínico e de isolamento de diferentes soluções de janelas e suas proteções. O protótipo desenvolvido permitiu

levantar-se uma proposta de projeto de sistemas de janelas de fácil aplicabilidade nos estabelecimentos escolares construídos ou a construir na cidade, com ações que respondem às condições climáticas locais, garantem benefícios energéticos, oferecem melhor qualidade de vida e uma menor deterioração do meio ambiente. ◀

Este artigo é o resumo do estudo "Aproveitamento da Iluminação Natural em Edifícios Escolares em Tucumán", desenvolvido pelo Dr. Arq. Guillermo E. Gonzalo e pelas arquitetas Sara L. Ledesma, Susana Cisterna, Viviana M. Nota, Gabriela Márquez Veja e Graciela Quiñones, da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Nacional de Tucumán.

Este trabalho foi vencedor do primeiro Concurso Técnico de Eficiência Energética na Categoria Iluminação, na Biel Lighting Building 2005.

O trabalho e as referências bibliográficas podem ser lidos na íntegra no site www.lumearquitetura.com.br