



XIENCAC
ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO
NO AMBIENTE CONSTRUIDO

VIIELACAC
ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO
NO AMBIENTE CONSTRUIDO

Búzios - RJ - 2011

DESEMPENHO LUMÍNICO DE UMA EDIFICAÇÃO SUSTENTÁVEL: AVALIAÇÃO DE UMA SALA DE AULA

Senisse, J. A. L. (1); Zucchetti, L. (2); Berr, L. R. (3); Gemelli, C. (4); Sattler, M. A. (5)

- (1) Engenheira, Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, julianasenisse@gmail.com
(2) Arquiteta, Mestre pelo PPGE/ UFRGS, laiszucchetti@yahoo.com.br
(3) Engenheira, Mestre pelo PPGE/ UFRGS, leticiaberr@gmail.com
(4) Arquiteta, Mestre pelo PPGE/ UFRGS, cbgemelli@gmail.com
(5) PhD., Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação, Av. Osvaldo Aranha, 99, Porto Alegre- RS, 90035-190, Tel.: (51) 3308 3518

RESUMO

Sabe-se que o conforto no ambiente construído pode ser garantido, através de um bom desempenho físico da edificação, proporcionando aos seus usuários, condições mínimas de saúde e bem estar. No caso de edificações escolares o bom desempenho da edificação é fundamental para garantir condições ideais de aprendizado aos usuários. Assim, este trabalho se propôs a avaliar o desempenho lumínico do sistema de iluminação natural e do sistema de iluminação artificial de uma sala de aula de uma edificação escolar, projetada incorporando alguns princípios de sustentabilidade, localizada no município de Viamão – RS - Brasil. Os dados foram coletados em um único dia, próximo ao solstício de inverno, com um luxímetro e estando o céu claro, sem nenhuma nuvem. Utilizou-se uma malha para medições internas, com e sem iluminação artificial, além de pontos especiais internos e externos. Considerou-se para a análise a sala de aula com posição solar mais desfavorável na edificação, o tipo de abóbada celeste, as características do entorno, das aberturas e do ambiente interno, pois estes elementos intervêm no processo de conforto lumínico do ambiente construído. Como principal contribuição deste trabalho, identificou-se o adequado desempenho lumínico natural do ambiente com pouca contribuição da iluminação artificial na maioria das medições.

Palavras-chave: avaliação de desempenho, iluminação natural, edificação sustentável.

ABSTRACT

It's known that the indoor comfort is ensured by a good performance of the building, supplying to its users, good conditions of health and well being. In school buildings, the good performance is fundamental to provide the best possible conditions to the users. This research aims at assessing the natural and artificial luminous performance in a classroom where the building was designed following sustainable design strategies, and located in the municipality of Viamão – RS – Brazil. The data was gathered in one day, near the winter solstice, with a luximeter and a clear sky. The measurements were made with artificial lighting and just daylighting, where the lighting conditions were also assessed both inside and outside, in particular points in the classroom. In the analysis the position and solar orientation of the classroom was considered, as well as the type of sky vault, the surrounding characteristics, the opening characteristics and the environmental characteristics indoors; as these parameters can influence in the luminous comfort. The main contribution of this research was the identification of the high standard of natural luminous performance with little need of artificial illumination in the classroom, thus reducing its use of energy.

Keywords: performance analysis, natural illuminance, sustainable building.

1. INTRODUÇÃO

Sabe-se que o conforto no ambiente construído pode ser garantido, através de um bom desempenho físico da edificação, proporcionando, aos seus usuários, condições mínimas de saúde e bem estar. O conforto em edificações escolares é de fundamental importância para garantir o bom desempenho e aprendizado dos seus usuários. Entretanto, as edificações escolares apresentam características diferenciadas quanto às atividades, tempo de ocupação e importância dentro do processo de formação de seus usuários; a corrente padronização dos projetos escolares faz com que estes diferenciais na maioria das vezes não sejam considerados.

O conforto visual para Lamberts, Pereira e Dutra (1997) é entendido como a existência de condições mínimas no ambiente construído, para que o ser humano possa realizar tarefas visuais com acuidade e precisão, sem precisar de grandes esforços e com reduzidos riscos de acidentes e prejuízos à visão. Quanto mais complexa a tarefa a ser desenvolvida e maior a idade da pessoa, maior também deverá ser o nível de iluminação.

O desempenho lumínico de um ambiente construído engloba o nível de iluminação, que depende da atividade humana a ser exercida no interior da edificação, e os pontos de ofuscamento que normalmente prejudicam a visibilidade.

A fonte de luz natural, proveniente da radiação solar, permite uma maior tolerância na variação do seu nível de iluminação e proporciona uma melhor qualidade de vida nos ambientes internos, sendo qualitativamente superior à luz artificial, sendo que a melhor forma de aproveitamento da luz natural é através da sua reflexão, evitando os ofuscamentos gerados pela incidência direta da fonte de luz no plano de trabalho que podem interferir no processo visual (PILOTTO NETO, 1980 apud CRUZ, 2006).

As características da edificação são determinantes, através das suas superfícies, na reflexão ou absorção da luz natural, sendo que superfícies claras refletem, enquanto superfícies escuras absorvem. Normalmente associa-se a utilização da iluminação natural à busca pela diminuição no consumo de energia elétrica, necessária para o sistema de iluminação artificial.

Segundo o projeto de norma 02:135.02-001 (ABNT, 2003) a luz natural admitida no interior de edificações consiste em luz proveniente diretamente do sol; luz difundida na atmosfera (abóbada celeste) e luz refletida no entorno. A magnitude da distribuição da luz no ambiente interno depende de um conjunto de variáveis, tais como: disponibilidade da luz natural (quantidade e distribuição com relação às condições atmosféricas locais), de obstruções externas, do tamanho, orientação, posição e detalhes de projeto das aberturas, das características óticas dos envidraçados, do tamanho e geometria do ambiente e das refletividades das superfícies internas.

2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo foi avaliar o desempenho lumínico de uma sala de aula em uma edificação escolar municipal situada no município de Viamão – RS, sendo que as medições foram realizadas após a ocupação do prédio e no horário de expediente. Serão apresentados neste artigo os resultados dessas medições, as análises e comparações com os dados fornecidos pela NBR 5413 (ABNT, 1992).

3. MÉTODO

O método deste trabalho está dividido em três etapas principais:

1. Caracterização do local.
2. Caracterização do objeto de análise.
3. Forma, local e modo de coleta de dados.

3.1. Caracterização do local

Foram coletados dados de iluminância na Escola Estadual Frei Pacífico, localizada no município de Viamão – RS, próxima ao Parque Estadual de Itapuã, com localização geográfica aproximada de 30°15' latitude sul e 51°00' longitude oeste e a 36,1 quilômetros da capital do estado do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

A região de implantação da escola apresenta características de topografia bem definidas de terras baixas com morros isolados compostas por terraços e cordões lacustres juntos a ponta de Itapuã sendo caracterizado como uma área rural (MENEGAT, 1998).

A luz natural que incide na região foi caracterizada com base nos procedimentos estimativos de cálculo da disponibilidade de luz natural em planos verticais e horizontais para a condição de céu claro, que é

composta basicamente pela luz direta do sol e luz difundida na atmosfera (abóboda celeste) de acordo com o projeto de norma 02:135.02-002 de iluminação natural (2003), obtendo-se iluminâncias que incidem na fachada norte da unidade estudada.

Dados e técnicas para a estimativa das condições de disponibilidade de luz natural são importantes para a avaliação do desempenho final de um projeto em termos de conforto visual e consumo de energia, assim torna-se importante verificar a maneira como varia a quantidade de luz durante o dia e épocas do ano e o quanto dura essa iluminação.

A escola estudada teve sua região avaliada quanto à quantidade de luz disponível, para isto, inicialmente foram realizados cálculos através de ferramenta disponível no site do observatório naval americano, visto que o observatório nacional brasileiro não disponibiliza softwares para o cálculo destes dados. A partir da aplicação deste software foram obtidas informações sobre a quantidade de luz recebida no dia da medição; a hora do nascer do sol no dia da medição (dia 13 de junho 2008) as 7:10 hs e do pôr do sol às 17:05 hs totalizando 10,12 horas de sol nesta data.

Posteriormente utilizou-se o projeto de norma 02:135.02-002 (2003) para completar a caracterização do local e auxiliar na comparação entre os dados coletados e os calculados pela norma.

3.2 Caracterização do objeto de análise

O projeto para a Escola Municipal Frei Pacífico surgiu de uma demanda da comunidade do distrito de Itapuã, município de Viamão – RS, por uma nova sede da escola, frente à carência de espaço físico adequado e visando atender as demandas da comunidade. A escola encontra-se em funcionamento desde novembro de 2007, sendo que o projeto não está totalmente construído.

O ambiente analisado estava previamente definido, pois faz parte de um trabalho mais amplo de análise de conforto em ambientes escolares, coordenado e executado por uma das autoras deste artigo, Carolina Gemelli. Segundo ela a escolha deu-se em função de verificar o cumprimento das exigências mínimas de conforto visual no ambiente com situação lumínica mais crítica, visto que a sala apresenta uma considerável área coberta em seu acesso, caracterizada por uma circulação com 9,0 metros de projeção de cobertura.

A sala de aula onde foram realizadas as coletas tem área de 49,83m², apresenta esquadrias na fachada norte e sul, sendo que na fachada norte encontra-se o acesso à sala, feito através de uma circulação coberta e prateleiras de luz projetadas a fim de proporcionar um aumento da disponibilidade da luz solar difusa dentro das salas de aula (figuras 1 e 2). A circulação coberta dificulta a entrada de luz natural nos ambientes, refletindo no desempenho lumínico do espaço (figura 3). Ainda ao longo da fachada norte tem-se uma massa de vegetação de eucaliptos, que projeta sombra sobre esta.

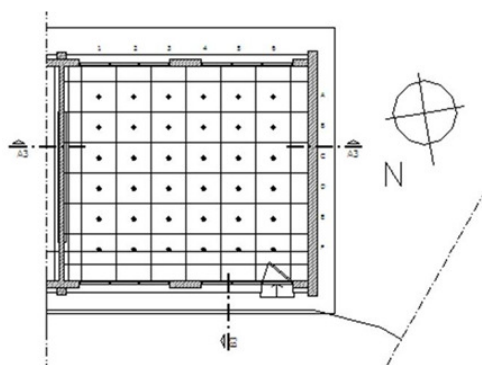


Figura 1 - Planta baixa da sala analisada

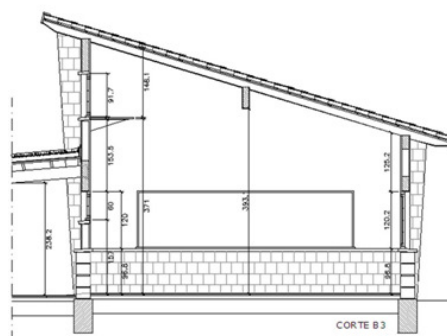


Figura 2 - Corte da sala analisada

O ambiente apresenta diferentes revestimentos internos, caracterizados da seguinte forma: parede oeste - não apresenta esquadrias, sendo executada com pedras graníticas regionais irregulares, caracteriza-se por ser o local projetado para receber o quadro negro; paredes norte e sul - apresentam esquadrias metálicas com fechamentos transparentes em vidro comum, paredes com uma faixa de aproximadamente 96 cm do chão executadas em pedras regionais, e revestimento com reboco e pintura branca acima desta faixa (figura 4); parede leste – onde localiza-se o quadro negro é rebocada e pintada com tinta branca. O piso da sala é revestido com cerâmica clara e o forro é de madeira com acabamento em tinta branca.



Figura 3- Circulação coberta na fachada norte



Figura 4 - Superfícies do ambiente, paredes sul e leste

3.3 Forma, local e modo de coleta de dados

As medições lumínicas internas e externas foram realizadas com o auxílio de um luxímetro (ISO-TECH ILM350), aparelho que mede a intensidade luminosa na unidade lux. A medição foi realizada em 13 de junho de 2008, data próxima ao solstício de inverno (22 de junho), buscando avaliar a qualidade e quantidade de iluminação no período de menor intensidade luminosa, em base horária, com o céu claro sem nenhuma nuvem.

Foram feitas medições ao longo do dia, iniciando às 8h, com coletas posteriores às 10h, 12h, 13h30min, 15h30min, concluindo às 16h30min.

Utilizou-se uma malha com distribuição de 36 pontos (figura 5), calculada de acordo com o projeto de norma 02:135.02-004 (ABNT, 2003), visto que a pesquisa na qual este trabalho está inserido utilizou como base esta normativa que serviu de base para a formulação da NBR 15215-4 (ABNT, 2005). As coletas foram realizadas considerando a altura de trabalho dos alunos (altura da classe, 75cm) sob condição de iluminação natural; coletaram-se em 7 pontos distribuídos na sala considerando a iluminação artificial, figura 6, a fim de verificar a contribuição desta para o desempenho lumínico do ambiente; em 5 pontos do quadro negro existente, figura 7, e em 5 pontos igualmente distribuídos na localização projetada do quadro (figura 5), localizada na face oposta ao quadro real.

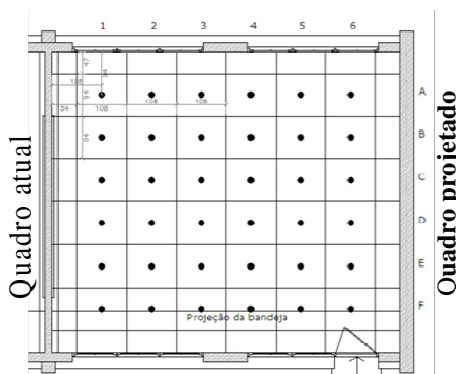


Figura 5 - Malha adotada para coleta de luminância natural

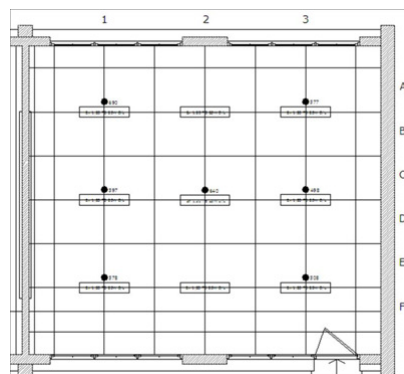


Figura 6 - Malha para coleta de iluminação artificial

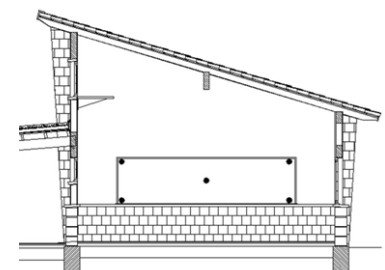


Figura 7 - Pontos coletados no quadro negro

Após a coleta dos dados, verificaram-se os níveis mínimos de iluminância estabelecidos pela NBR 5413 (1992) para as tarefas desenvolvidas na sala de aula, considerando a idade dos usuários, o tempo de realização da tarefa e a interferência de refletâncias e contrastes, com o intuito de verificar se os dados atendiam aos valores mínimos estabelecidos. Partiu-se para o cálculo da iluminância média ponderada; da uniformidade, relacionando a iluminância mínima coletada pela iluminância média, para cada horário de medição; do fator de luz diurna (DF), através da relação entre a iluminância interna (E_i) e externa (E_e) coletadas ($DF = \{(E_i / E_e) \times 100\}$), considerando os diferentes pontos e horários de coleta. A área de esquadrias e porcentagem com relação ao piso foi verificada, assim como a existência de ofuscamentos, causada pela incidência de sol direto nos planos de trabalho.

Considerou-se para a análise o tipo de abóbada celeste, as características do entorno e das aberturas. A abóbada celeste varia com a latitude do local, época do ano e condições climáticas. Com relação às características do entorno ao edifício considerado, verificou-se a existência de uma massa de vegetação que

atua como uma barreira natural. Ainda, analisaram-se as características das aberturas, considerando suas dimensões, o tipo de vidro e forma dos caixilhos utilizados.

As características do ambiente interno, suas dimensões, cores e texturas das paredes, tetos e pisos, foram analisadas, pois caracterizam elementos que intervêm no processo de conforto lumínico do ambiente construído.

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

A seguir serão apresentados os resultados obtidos nesta pesquisa, considerando o desempenho das esquadrias e do ambiente em cada um dos horários coletados.

4.1. Esquadrias

As esquadrias do ambiente analisado apresentam uma relação de 32% entre área de piso e a área de vãos de aberturas, comparando a área de piso com a área efetiva de iluminação representada pelos panos envidraçados esta relação cai para 17%. Analisando o Código de Obras de Viamão (1989), artigo 144, verifica-se que para compartimentos de permanência prolongada à área de aberturas deve ser 1/7 da superfície do piso, ou seja, para 49,83m² de área de piso, deve-se ter uma área mínima de vãos de 7,11m² para atender o valor mínimo de norma. Com isso os cálculos realizados demonstram que tanto a área existente de vãos de aberturas (16,09m²), quanto à de passagem efetiva de iluminação natural nas esquadrias (8,43m²) atendem as especificações do Código.

4.2. Análise das 08:00 horas

Neste horário verificou-se uma baixa incidência de raios solares no ambiente, causada pela massa de vegetação existente na fachada norte da edificação (figura 8).



Figura 8 - Imagem externa no horário das 8 horas

Devido à atenuação solar, ocasionada pela vegetação local, verificou-se que os níveis de iluminância medidos in loco são baixos para a realização de atividades que necessitam acuidade visual. Foi desenvolvido um mapeamento das iluminâncias medidas no ambiente, assim como verificado em Sattler (2007) as quais foram subdivididas em intervalos, para uma melhor visualização dos resultados (figura 9).

As áreas de abrangência dos pontos, na malha em que foram realizadas as medições da sala de aula, não foram iguais, logo para a determinação da iluminância média foi calculada a média ponderada dos valores, conforme determina o projeto de norma 02:135.02-004 (2003).

Analisando a sala de aula neste horário, observa-se uma iluminância decrescente das esquadrias externas da fachada sul para as esquadrias laterais à porta, localizadas na fachada norte.

Todos os dados coletados na sala de aula encontram-se abaixo do valor médio de norma de 300 lux por ponto medido, assim como os valores referentes à medição do quadro negro, que para este horário, teve média de 79,2 lux, o que é muito baixo se comparado com o valor mínimo normalizado.

Logo, para 8 horas, comparando a iluminância média ponderada com o valor médio normalizado, a iluminação natural supre somente cerca de 49% da iluminação necessária para este ambiente.

Os pontos mais críticos encontram-se nos cantos da parede de acesso à sala, onde a iluminação natural é menor. De acordo com as medições realizadas posteriormente verificou-se que a iluminação artificial existente supriu a baixa iluminação natural neste horário.

Devido à baixa altura solar neste período, mesmo com a existência da bandeja para a melhor distribuição dos raios solares, verificou-se a existência de raios solares incidindo diretamente na parede do ambiente analisado, contudo, os raios não atingem os ocupantes diretamente (figura 10).

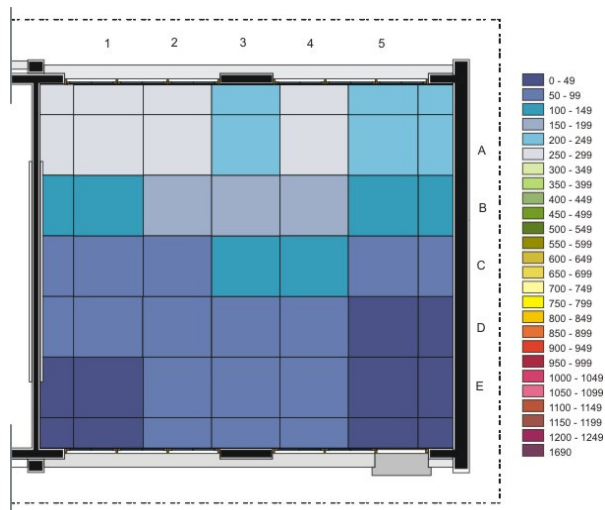


Figura 9 - Mapeamento dos níveis de iluminância às 8 horas, medidos em lux



Figura 10- Raios solares incidindo no ambiente às 8 horas

4.3 Análise das 10:00 horas

A fachada norte da sala de aula analisada encontrava-se iluminada pelos raios solares neste horário, entretanto uma pequena parte da edificação ainda encontrava-se encoberta pela sombra proveniente da massa de vegetação existente.

Neste horário verificou-se o aumento de iluminância no ambiente quando comparado com a medição do horário anterior, acredita-se que foi devido à maior incidência dos raios solares na fachada norte (figura 11). O comportamento do nível de iluminância manteve-se, com níveis maiores para a fachada sul e decrescendo ao aproximar-se da fachada norte.

Todos os dados coletados, neste horário, encontram-se acima dos valores mínimos de norma, assim como a média de iluminância, a qual é cerca de 50% superior ao valor médio normalizado, portanto não há a necessidade de iluminação artificial para a realização das atividades previstas no ambiente.

Com relação ao quadro negro, neste horário, a iluminância média é de aproximadamente 350 lux, valor que se enquadra dentro do valor mínimo normalizado de 300 lux. De acordo com a coleta de dados, utilizando iluminação artificial, verificou-se um aumento médio de aproximadamente 30% na iluminância.

Devido à baixa altura solar no inverno, mesmo com a existência da bandeja para a melhor distribuição dos raios solares, verificou-se neste horário a existência de raios solares incidindo diretamente na parede e carteiras do ambiente, representando ofuscamento para os ocupantes (figura 12). Talvez a existência de um mecanismo móvel na bandeja que se adequasse à variação da altura solar, proporcionasse melhor conforto lumínico para os ocupantes do ambiente.

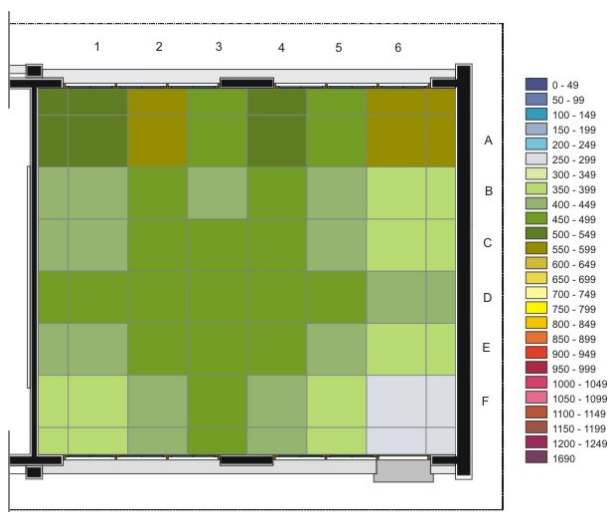


Figura 11 - Mapeamento dos níveis de iluminância às 10 horas, medidos em lux.



Figura 12 - Raios solares incidindo no ambiente às 10 horas

4.4 Análise das 12:00 horas

A fachada norte do ambiente encontrava-se totalmente iluminada pelos raios solares no horário das 12h00min e a massa de vegetação existente ainda projeta sombra sobre a parte leste da edificação.

Verifica-se um aumento de iluminância no ambiente quando comparado com a medição anterior, relacionado à maior incidência dos raios solares na fachada norte. O comportamento do nível de iluminância manteve-se, com níveis maiores no plano das esquadrias e decrescendo ao aproximar-se do acesso da sala (figura 13).

Todos os dados coletados, neste horário, encontram-se acima do valor máximo de norma (500 lux), assim como a sua média de iluminância, que se comparada com o máximo normalizado é cerca de 34% superior, não necessitando de iluminação artificial para a realização das atividades previstas para este ambiente neste horário. Acredita-se que a iluminância média referente à iluminação do quadro negro é satisfatória (451 lux), pois está muito próxima do valor médio da norma (500 lux). Ressaltando que o ponto com menor índice de iluminância encontra-se na porta de acesso da sala de aula. De acordo com a coleta de dados, utilizando iluminação artificial, verificou-se um aumento médio de aproximadamente 18% na iluminância.

Neste horário, verificou-se um aumento da incidência de raios solares no interior do ambiente (figura 14), se comparado com a medição anterior, sendo que mesmo com o auxílio da bandeja que tem por função distribuir melhor os raios solares, não se conseguiu obter desempenho satisfatório devido à baixa inclinação solar nesta época do ano. Entretanto neste horário os alunos não estão desenvolvendo atividades neste ambiente.

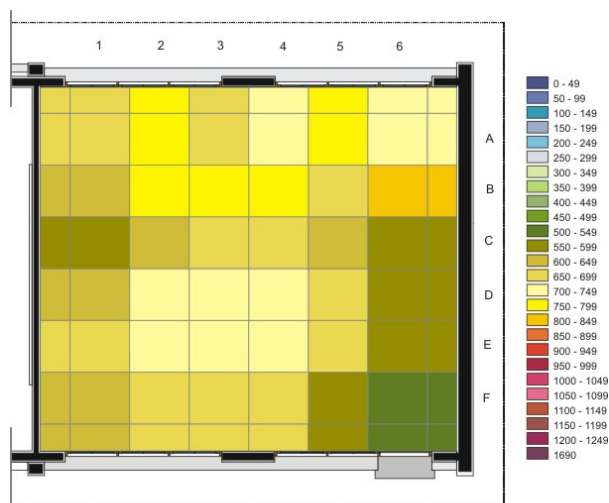


Figura 13 - Mapeamento dos níveis de iluminância às 12 horas, medidos em lux

Figura 14 - Raios solares incidindo no ambiente às 12 horas

4.5 Análise das 13:30 horas

A fachada da edificação está parcialmente ensolarada neste horário, já que a vegetação existente ainda projeta sombra sobre o prédio, na face leste.

Analisando a sala de aula, observam-se valores de iluminância superiores nos pontos próximos à fachada sul, enquanto que nos pontos próximos a fachada norte (de acesso), principalmente nos cantos das paredes, os valores foram inferiores (figura 15). Acredita-se que esta diminuição do desempenho lumínico próxima à parede de acesso, não só para este horário, mas para todos medidos, esteja ligada à presença da cobertura da área de passeio (telhado verde). Entretanto mesmo que nestes pontos tenham valores de iluminância inferiores, o ambiente tem uma média de iluminância superior ao valor médio normalizado (300 lux).

Avaliando-se a iluminância média neste horário (745,8 lux), nota-se que está 50% acima do valor máximo normalizado, ou seja, a iluminação natural supriu as necessidades de luz para esse ambiente. Em relação à medição do quadro negro, os resultados para este horário foram satisfatórios, já que a média foi de aproximadamente 500 lux.

Neste horário as bandejas desempenharam sua função ao refletir os raios solares para o teto, que por ser claro, auxiliou na iluminação do ambiente, e os raios solares não estão incidindo diretamente no interior da sala de aula (figura 16).

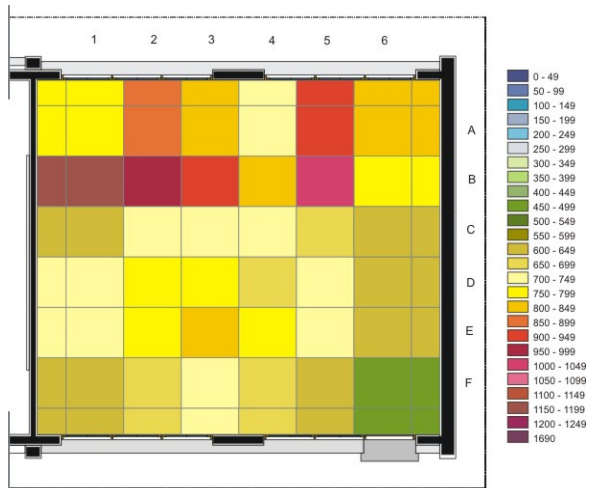


Figura 15 - Mapeamento dos níveis de iluminância às 13:30 horas, medidos em lux



Figura 16 - Iluminação natural refletida pela bandeja

4.6 Análise das 15:30 horas

A fachada norte do ambiente encontrava-se totalmente iluminada pelos raios solares neste horário e a massa de vegetação existente ainda projeta sombra sobre a parte leste da edificação.

Analisando a sala de aula, observam-se valores de iluminância superiores nos pontos próximos à parede do quadro negro, onde se tem uma incidência dos raios solares diretamente no ambiente. Entretanto nos pontos próximos à fachada norte, e principalmente nos cantos da parede de acesso à sala e próximos a parede de pedra, os valores foram significativamente inferiores (figura 17).

Os resultados de iluminância estão acima do valor médio normalizado (300 lux), e a média de iluminância neste horário é cerca de 60% superior ao valor máximo de norma, ou seja, supre totalmente as necessidades de conforto de iluminação no ambiente. Os dados analisados foram considerados satisfatórios, já que a média ficou próxima de 480 lux, e a norma estabelece um valor médio de 500 lux.

A incidência direta dos raios solares no quadro negro causa ofuscamento, podendo prejudicar o desempenho escolar dos alunos, denotando a perda de eficiência da bandeja quanto à refletância neste horário (figura 18).

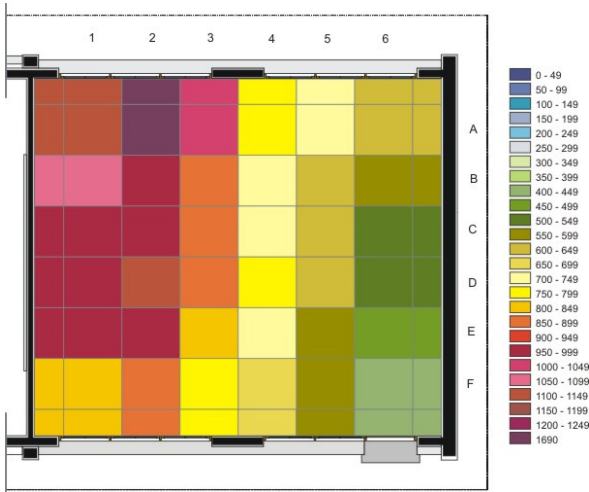


Figura 17 - Mapeamento dos níveis de iluminância às 15:30 horas, medidos em lux



Figura 18 - Incidência dos raios solares às 15h30min

4.7 Análise das 16:30 horas

Neste horário verifica-se uma baixa incidência dos raios solares na fachada norte da escola, causada pela densidade de vegetação no local.

Os níveis de iluminância apresentam comportamento semelhante ao horário anterior, este fato deve-se à proximidade do horário de realização das medições, realizadas em um intervalo de 1 hora devido ao horário do expediente escolar.

O comportamento do nível de iluminância manteve-se com níveis maiores para o canto que possui incidência dos raios solares e foi decrescendo ao aproximar-se do fundo da sala de aula (figura 19).

Todos os dados coletados, neste horário, encontram-se dentro do intervalo de valores normalizados (200-500 lux). A média de iluminância, se comparada com o máximo normalizado, é cerca de 52% superior, entretanto, devido a baixa uniformidade de iluminação natural no ambiente, às 16h30min existe a necessidade da utilização de iluminação artificial para a realização das atividades (figura 20).

A iluminância média referente ao quadro negro, para este horário, é satisfatória (418 lux), pois está dentro do intervalo presente na NBR 5413 (1992). Neste horário, verificou-se que a iluminação artificial não auxilia no aumento da iluminância do ambiente, entretanto, notou-se uma melhora quanto ao conforto lumínico, não constatada pelas medições.

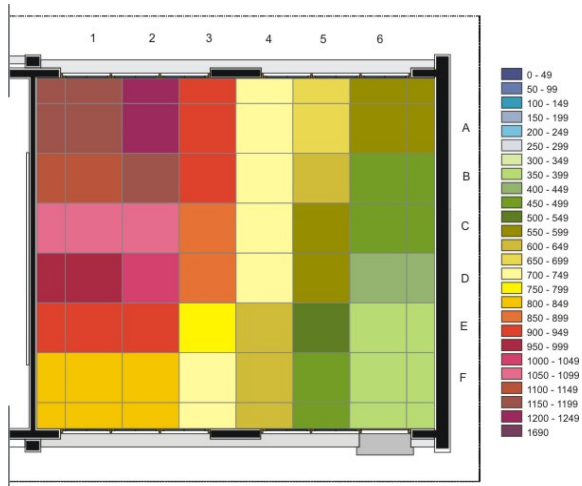


Figura 19 - Mapeamento dos níveis de iluminância às 16:30 horas, medidos em lux



Figura 20 - Iluminação natural e artificial

4.8 Análise do coeficiente de uniformidade

Analisando o coeficiente de uniformidade da sala de aula (figura 21), é notória a relação entre a trajetória solar e a variação da uniformidade, decorrente da incidência dos raios solares na fachada norte, entretanto deve-se salientar que o posicionamento correto da bandeja, é extremamente importante, pois ela auxilia na difusão da refletância, tendo-se assim uma melhor distribuição da iluminação natural.

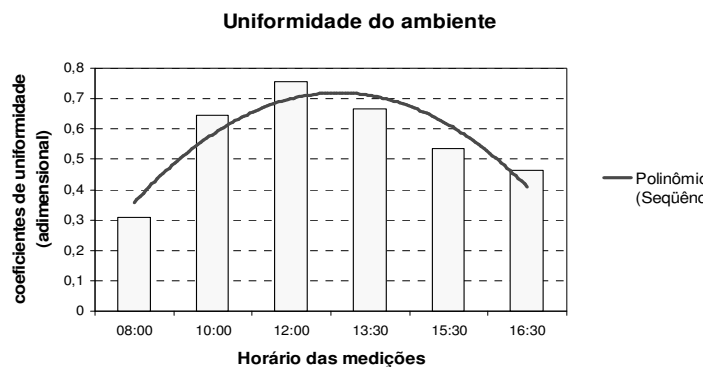


Figura 21 - Valores de uniformidade das iluminâncias medidas

4.9 Análise do fator de luz diurna

Verificou-se um comportamento diferenciado do fator de luz diurna (DF), às 16h30min em relação à fachada norte (figura 22). Acredita-se que esse fenômeno deve-se principalmente à diminuição considerável do valor da iluminância externa no local, já que o DF é uma relação entre as iluminâncias interna e externa. A variação do DF na sala de aula está associada à incidência direta dos raios solares na parede leste interna

ao ambiente, ou seja, os pontos da malha de medição mais próximos desta parede (1, 2) são os que possuem valores de DF superiores.

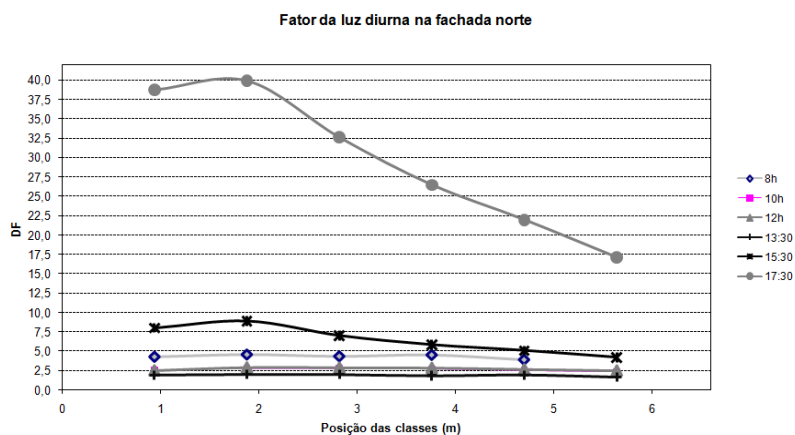


Figura 22 - Fator de luz diurna da sala de aula em relação à fachada norte

5. CONCLUSÕES

Segundo a NBR 5413 (1992), os níveis de iluminância em uma sala de aula devem estar situados entre 200 e 500 lux, logo, de uma forma geral, considera-se que os resultados obtidos referentes ao desempenho lumínico da sala de aula avaliada foram satisfatórios.

Avaliando a iluminância média, notou-se que somente às 8 horas, este valor ficou situado abaixo do intervalo de norma, necessitando a utilização de iluminação artificial. Entretanto nos demais horários, a iluminância média do ambiente é suficiente para atender os requisitos de norma.

No horário das 10 horas, o valor médio da iluminância foi de 450 lux, enquanto que para os horários seguintes essa medida foi consideravelmente maior, variando de 666 a 805 lux, superando em cerca de 50% o valor máximo normalizado.

Conforme mencionado anteriormente, a iluminação artificial contribui para o aumento de iluminância em todos os horários das medições, exceto às 16h30min. Acredita-se que esse fato é decorrente da projeção de sombra da vegetação externa, no interior da sala de aula.

Contudo, após a realização das medições e posteriores análises, constatou-se que o desempenho lumínico do ambiente estudado é satisfatório, pois na maior parte do dia a iluminação natural é suficiente para a realização das atividades. Do ponto de vista de sua ocupação, deve-se mencionar que o ambiente é muito agradável, aspecto considerado importante para o fato de o ambiente ser uma sala de aula.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5413 – Iluminância de interiores. Rio de Janeiro, 1992.
- _____. Projeto 02:135.02-001 - Iluminação Natural: parte 1: Conceitos básicos e definições. Rio de Janeiro, 2003.
- _____. Projeto 02:135.02-002 - Iluminação Natural: parte 2: Procedimento de cálculo para a estimativa da disponibilidade de luz natural. Rio de Janeiro, 2003.
- _____. Projeto 02:135.02-004 - Iluminação Natural: parte 4: Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações: Método de medição. Rio de Janeiro, 2003.
- CRUZ, H. R. S. (2006) Avaliação pós-ocupação e apreciação ergonômica do ambiente construído: um estudo de caso. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Pernambuco. Recife.
- GOOGLE. Google Earth. Acessado em 19/06/2008.
- LAMBERTS, R., DUTRA, L., PEREIRA, F. (1997) Eficiência Energética na arquitetura. São Paulo. 192 p.
- MENEGAT, R. (1998) Atlas Ambiental de Porto Alegre. Porto Alegre: Ed. da Universidade - UFRGS.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE VIAMÃO. (1989) Lei Municipal N.º 2023/89 - Alterado pelas Leis Municipais n.º 2.382/94 e 2.788/99, Viamão. Disponível em: <http://www.viamao.rs.gov.br/lei-12.htm>.
- SATTLER, M. A. (2007) Habitações de Baixo Custo mais Sustentáveis: A Casa Alvorada e o Centro Experimental de Tecnologias Habitacionais Sustentáveis. Porto Alegre: ANTAC. 488 p. (Vol. 8). Coleção Habitar.
- UNITED STATES NAVAL OBSERVATORY. Astronomical applications department. Disponível em: <http://aa.usno.navy.mil/>. Acessado em 13/06/2008.