



AVALIAÇÃO DO CONFORTO VISUAL NAS SALAS DE AULA DO CENTRO DE TECNOLOGIA NA UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

Mariana Caldas Melo Lucena (UFPB) - marianacmelo@gmail.com

Resumo:

O ambiente educacional é um espaço vivido. Nele os corpos se orientam para caminhar, sentar, levantar, enxergar, escrever, ler e se relacionar com os demais. As interferências que impedem tais atividades podem também restringir a saúde e o aprendizado, sendo caracterizadas como as condições desfavoráveis de conforto ambiental. Este estudo tem como objetivo geral caracterizar o desempenho da iluminação natural, visando identificar fatores que determinem ou contribuam para ocorrência de níveis inadequados de iluminância e baixa uniformidade no interior das salas de aula.

Palavras-chave:

Conforto visual, iluminação natural, sala de aula.

1. Introdução

As questões educacionais têm desencadeado muitas discussões no Brasil. A qualidade do desempenho dos alunos tem sido colocada em pauta, principalmente em ambientes educacionais públicos. De acordo com Kowaltowski (2013), essas discussões demonstram a necessidade de tratar a educação com prioridade, dada sua importância social na preparação dos indivíduos para a vida adulta.

A organização EFL (Educational Facilities Laboratories), em uma de suas publicações, relaciona uma melhor aprendizagem a fatores como condições internas favoráveis. São elas qualidade do ar, temperatura, umidade, ventilação, iluminação e acústica de salas de aula (GROSS; MURPHY, 1986). Nesta pesquisa serão abordadas as questões relacionadas à iluminação, uma das vertentes considerada como facilitadora ou não do processo de aprendizagem, tendo como objeto de estudo as salas de aula localizadas no Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, justificada pela importância da iluminação em ambientes educacionais e pela quantidade de usuários das





III Simpósio de Engenharia de Produção

GESTÃO DE INFORMAÇÕES COMO APORTE DE COMPETITIVIDADE PARA ORGANIZAÇÕES PRODUTIVAS

universidades federais em todo país - de acordo com o censo feito pelo Ministério da Educação, no ano de 2011 as universidades federais no Brasil receberam 1.032.936 matrículas de graduação.

Parte-se da hipótese de que os diferentes esquemas de iluminação, localização das janelas, entorno, luz artificial, a combinação destes ou a utilização da luz elétrica de forma permanente utilizados na sala de aula do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), favorecem baixos níveis de conforto luminoso.

2. Iluminação em ambientes educacionais

A iluminação das diversas unidades que compõem os ambientes educacionais devem estar equipados com sistemas que proporcionem um ambiente visual confortável e deve ser adequada de acordo com uma variedade de atividades que serão desenvolvidas em cada uma das unidades que compõem o estabelecimento de ensino (IDAE, 2001).

De acordo com o manual produzido pelo Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (2001), uma iluminação adequada proporciona aos alunos e professores um ambiente amigável e estimulante, ou seja, confortável visualmente, que lhes permite continuar a sua atividade sem exigir deles esforço excessivo da visão.

A meta primordial da iluminação educacional é proporcionar um ambiente visual para os alunos e professores que apoie os processos de aprendizagem. Isso só pode ser alcançado se os ocupantes podem ver suas tarefas visuais de forma precisa, rápida e confortavelmente. (IESNA, 2000)

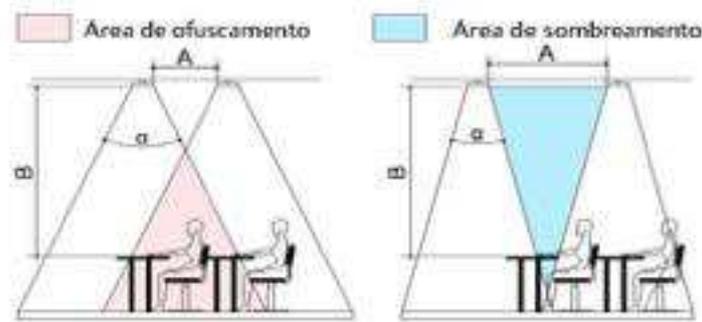
Em estudos feitos na década de 70, diagnosticou-se que ao elevar o nível de iluminação de uma sala de aula de 90 para 500 lux, tem-se um aumento médio de 15,9% na memória, 9,4% no raciocínio lógico e de 5% na eficiência e rapidez para a realização de cálculos matemáticos (VERDUSSEN, 1978).



Para que este ambiente físico, a sala de aula, seja um dos facilitadores dos processos de ensino e aprendizagem a IESNA (2000) destaca os fatores mais importantes de um projeto de iluminação de instituições de ensino: a integração da luz natural e artificial, ofuscamento direto, iluminância horizontal e vertical, distribuição de luz em superfícies e distribuição de luz no plano de tarefas (uniformidade).

Alves (2011), menciona que “(...) a iluminação artificial deve ser dirigida preferencialmente do plano superior ou das laterais para o plano de trabalho evitando-se áreas de ofuscamento ou/e sombreamento.”

Figura 01: Representação áreas de ofuscamento e de sombreamento



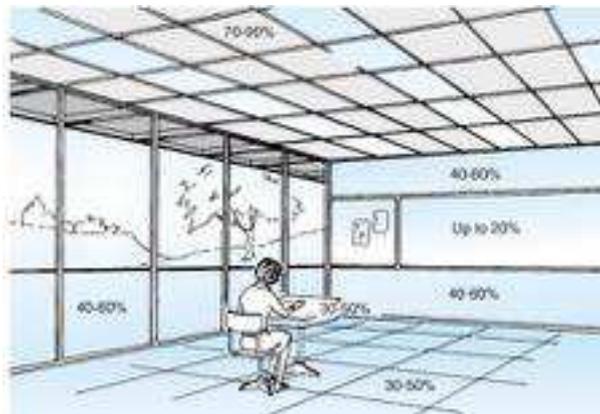
Fonte: ALVES, 2011

IESNA (2000), recomenda que as paredes, incluindo quadros e lousas, devem ter superfícies não especulares com 40 a 60% de reflectância, de forma que seja evitado o ofuscamento por reflexão em superfícies especulares e é normalmente conhecido como ofuscamento refletido (NBR ISO 8995-1:2013).

Paredes adjacentes às janelas devem também ter revestimentos de baixa reflectâncias, não especulares, para evitar proporções excessivas de iluminância entre as janelas e a superfície da parede. Idealmente, o teto deverá ter uma iluminância maior ou igual à das paredes laterais. É desejável que a iluminância das paredes laterais sejam de, pelo menos, metade das do teto. Os pisos também devem ser não especulares, com reflectância que esteja entre 30-50% .

Os valores recomendados pela NBR ISO 8995-1:2013 utiliza um intervalo maior. Determina que as faixas de reflectâncias úteis para as superfícies internas mais importantes são: teto (60 - 90%), paredes (30 - 80%), planos de trabalho (20 - 60%) e piso (10 - 50%).

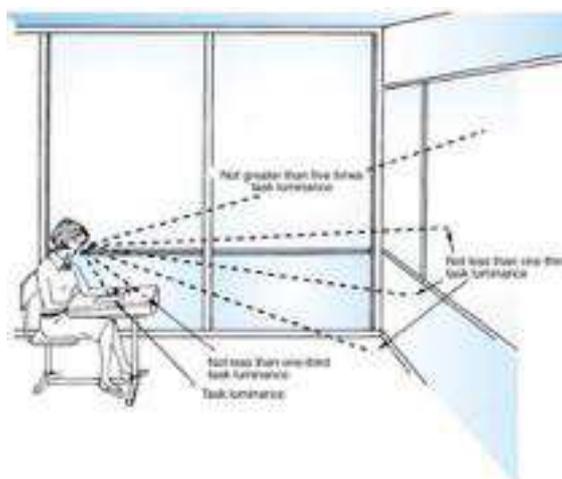
Figura 02: Reflectâncias recomendadas para superfícies em salas de aula



Fonte: IESNA, 2000.

Para IESNA (2000), o brilho das várias superfícies no campo normal da visão devem ser mantidos dentro dos limites aceitáveis para um bom desempenho visual e conforto, ou seja, em uma sala de aula as luminâncias das superfícies não deverá ser muito diferente daquele da tarefa visual. A luminosidade de qualquer plano normalmente visto diretamente não deve ser maior do que cinco vezes a luminosidade da tarefa (IESNA, 2000), pois condições continuamente variáveis de intensidade de luz exigem da visão constante adaptação e podem resultar em cansaço visual. Em se agravando a situação, pode-se chegar as doenças oculares, dores de cabeça e outros males ao organismo (NETO, 1980). Esta mudança do olhar para o livro e para o quadro, deve acontecer de modo que o tempo de adaptação da visão seja reduzido, é necessário um período de tempo para o olho ajustar-se à nova situação (IESNA, 2000).

Figura 03: Proporção das luminâncias recomendadas.



Fonte: IESNA, 2000.

No que diz respeito as iluminâncias, ou seja, o fluxo luminoso que incide sobre uma superfície situada a uma certa distância da fonte, medida em lux (lx) (SILVA, 2002), é recomendado para salas de aula pela NBR ISO 8995-1:2013 o valor de 300 lux no plano de trabalho e 200 lux no entorno imediato. Já a IESNA (2000) recomenda de 300-500 lux as iluminâncias das salas de aula.

Tabela 1 - Síntese Valores Recomendados pela normas

Variável	IESNA	NBR ISO 8995:1
Reflectância Paredes	40-60%	30-80%
Reflect. Piso	30-50%	10-50%
Reflect. Teto	70-90%	60-90%
Reflect. Plano de Trabalho	30-50%	20-60%
Fluxo Luminoso	300-500 lux	300 lux

Fonte: IESNA, 2000, NBR ISO 8995:1, 2014. Editado pela autora, 2015

Todos os fatores mencionados anteriormente devem ser levados em consideração tanto



para fontes de luz natural quanto artificial.

Sendo assim, o foco deste estudo é diagnosticar se o ambiente visual das salas de aula do Centro de Tecnologia da UFPB são facilitadores do processo de aprendizagem. Para isto serão analisadas nas salas de aula não só a quantidade de luz que chega ao plano de trabalho mas também aos aspectos qualitativos mencionados acima, como a reflectância das superfícies internas as quais são responsáveis pela melhor ou pior reflexão da luz (NBR 8995:1, 2013); especularidade das superfícies (IESNA, 2000).

3. Método

O método utilizado para esta pesquisa foi o proposto por Fialho e Santos (1995) e consiste na análise da tarefa ou seja, o estudo das condições de trabalho do objeto de estudo (FIALHO E SANTOS, 1995). De acordo com Melo Junior (2012), nesta fase é definida a situação de trabalho a ser analisada, ou seja, é delimitado o sistema homem/tarefa a ser abordado e é realizada uma descrição o mais precisa possível dos diversos componentes deste sistema. Por último é realizada uma avaliação das exigências do trabalho. Para esta pesquisa iremos focar apenas no que diz respeito ao conforto visual.

Na etapa de definição da situação de trabalho, fez-se a caracterização do objeto, sendo realizadas observações *in loco* dos blocos A, B e D, e levantadas informações referente a dimensão da sala de aula, orientação solar, tamanho das aberturas, materiais utilizados nas paredes, piso, teto, esquadrias, carteiras e quadro e caracterização do entorno.

De posse destas observações, a avaliação ergonômica do conforto visual foi feita através da utilização de simulação computacional dinâmica junto ao *software* Daysim, obtendo-se o perfis anuais das condições das salas de aula do centro de tecnologia. Foram analisadas as variáveis de autonomia da luz natural e iluminância natural útil para diagnóstico das condições da luz natural e gerar diretrizes para utilização da luz artificial complementar a natural. Objetivando um melhor desempenho na questão lumínica dos ambientes em questão.



3. Caracterização do Objeto

O objeto de estudo desta pesquisa são as salas de aula do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba. Dentre os centros existentes no Campus I, o centro de tecnologia é composto por um total de 22 blocos (Figura 04), dentre os quais, 10 deles possuem 68 salas de aula padrão, compostas por carteiras e quadro.

Figura 04: Implantação Centro de Tecnologia, UFPB



Fonte: Prefeitura da UFPB, editado pela autora.

Os blocos de tipologia térrea que serão analisados (A, B e D) são compostos por um total de quatro salas de aulas com aberturas de 1,40m de altura e largura de 8,85m orientadas para norte, sendo as mesmas em alumínio e vidro com película fumê (Figura 05). Nas alvenarias paralelas as das janelas existem aberturas com peitoril de 1,60m, altura de 1,00m e larguras que variam de acordo com a dimensão da sala de aula.

Figura 05: Esquadria sala de aula dos blocos A, B e D.



Fonte: Acervo pessoal, 2015.

Na fachada orientada para norte são utilizados como protetores solares brises verticais e uma marquise. Na fachada sul, as aberturas são protegidas pela marquise que cobre a circulação das salas de aula e ainda reforçadas pela proteção de brises verticais.

Figura 06: Tipologia dos blocos A, B e D.



Fonte: Produzido por LUCENA, 2015.

As paredes são em tijolo maciço na cor terracota (Figura 10), o piso em cerâmica bege 30x30cm (Figura 10) e o teto é a própria laje emassada e pintada na cor branca. As portas são revestidas com laminado branco fosco. O quadro é em vidro, com acabamento jateado e está fixado na parede perpendicular a janela (Figura 09). As carteiras possuem encosto, assento e prancheta em polipropileno azul (Figura 11). Segue tabela abaixo com as reflectâncias, absorvâncias e transmitâncias dos materiais mencionados acima.

Tabela 2 - Características das superfícies

Superfície	Reflectância	Absortância	Transmitâncias	Fonte
Vidro	0,06 - 0,08	0,04 - 0,02	0,8 - 0,9	PEREIRA e SOUSA, 2005
Gesso	0,8 - 0,9	0,2 - 0,1	-	PEREIRA e SOUSA, 2005
Concreto	0,4 - 0,5	0,6 - 0,5	-	PEREIRA e SOUSA, 2005
Madeira	0,15 - 0,50	0,85 - 0,50	-	PEREIRA e SOUSA, 2005
Paredes tijolo aparente	0,18 - 0,32	0,82 - 0,68	-	PEREIRA e SOUSA, 2005
Piso interno	0,30	-	-	REINHART, 2010
Teto interno	0,84	-	-	REINHART, 2010
Azul royal	0,32	0,68	-	CASTRO, et al, 2003
Pintura Branca	0,8	0,2	-	PEREIRA e SOUSA, 2005

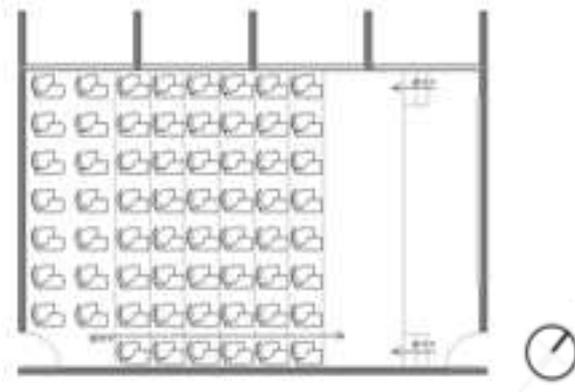
Fonte: Produzido pela autora, 2015

Figura 07: Foto fachada noroeste bloco D.



Fonte: Acervo pessoal, 2014.

Figura 08: Planta baixa layout das salas de aula dos blocos A, B e D.



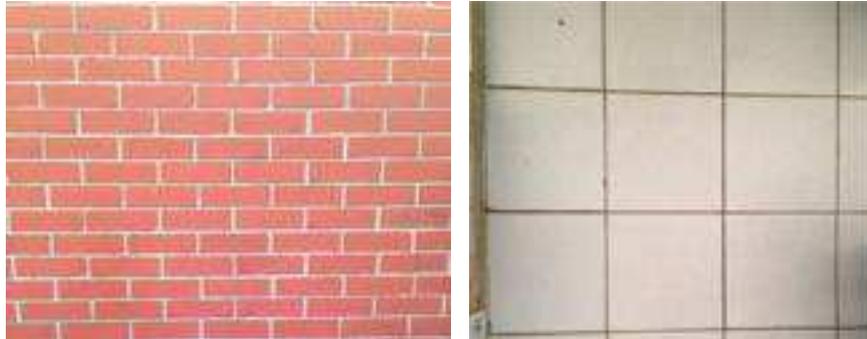
Fonte: Prefeitura da UFPB, editado pela autora.

Figura 09: Foto Interna Sala de Aula.



Fonte: Acervo pessoal, 2014

Figura 10: A esquerda parede em tijolo na cor terracota. A direita piso em cerâmica.



Fonte: Acervo pessoal, 2015.

Figura 11: As carteiras são em encosto, assento e prancheta em polipropileno azul



Fonte: Acervo pessoal, 2015.

Em termos construtivos, os blocos analisados não apresentam nenhuma diferença, sendo apenas o entorno o fator de alteração. O entorno do bloco A é composto a norte e a oeste por uma edificação de tipologia térreo mais dois pavimentos. Já o entorno do bloco B, além da edificação a oeste, possui a norte árvores de médio e grande porte. No bloco D, a vegetação é de pequeno porte e a edificação a oeste é de tipologia térreo mais um pavimento.



4. Coleta de dados

A coleta de dados foi feita a partir da simulação computacional dinâmica no *software* Daysim. O Daysim é um dos programas de simulação dinâmica de iluminação natural recomendados pelo RTQ-C (BRASIL, 2010) devido a possibilidade de trabalhar com sazonalidade da luz natural. O programa foi desenvolvido pelos National Research Council Canadá (NRCC) e Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems (FRAUNHOFER ISE) da Alemanha. O software é baseado no algoritmo do Radiance para calcular as iluminâncias internas de um dado ambiente para o período de um ano em todas as condições de céu (REINHART et al, 2010).

As simulações foram realizadas para sala de aula descrita anteriormente, com base em um arquivo de pontos feito de acordo com as recomendações da NBR 15:215-4:2005. Partiu-se do princípio que a sala de aula é ocupada de segunda a sexta de 8:00 às 18:00, (horário este onde têm-se disponibilidade de luz natural na cidade de João Pessoa, PB), resultando em um total anual de 8764.1h de ocupação. Para a execução da tarefa foi considerada a iluminância mínima recomendada pela norma nacional de 300 lux. Com isso foram verificadas a autonomia da luz natural e iluminância natural útil de acordo com o arquivo climático anual da cidade de João Pessoa, formatado pelo professor Maurício Roriz e disponível no site do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações da Universidade Federal de Santa Catarina (LABEEE – UFSC).

5. Análise e Resultados

A partir da definição da situação de trabalho pode-se observar que as refletâncias dos materiais utilizados na parede, piso, teto e plano de trabalho encontram-se de acordo com os recomendados para ambientes escolares (Tabela 03). No entanto, recomenda-se que não haja superfícies especulares - os ambientes estudado possuem quadro em vidro com película branca que apresenta refletância abaixo e transmitância acima do recomendado.

Tabela 3 - Comparativo entre refletância dos materiais na situação atual e os recomendados pela NBR ISO 8995-1:2013.





III Simpósio de Engenharia de Produção

GESTÃO DE INFORMAÇÕES COMO APORTE DE COMPETITIVIDADE PARA ORGANIZAÇÕES PRODUTIVAS

Aplicação	Situação	Recomendado (NBR ISO 8995-1:2013)
Parede	20%	30 - 80%
Piso	30%	30 - 50%
Teto	80%	60 - 90%
Plano de Trabalho	32%	20 - 60%
Quadro	8%	Mais que 20%

Fonte: Produzido por LUCENA, 2015.

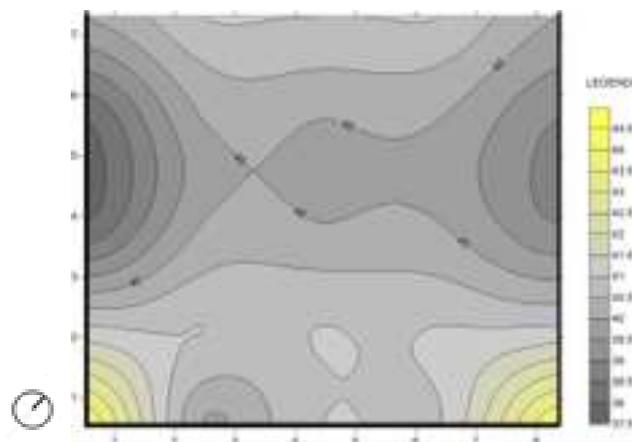
De acordo com os resultados obtidos através das simulações realizadas nas salas de aula localizadas no bloco A, a luz natural possui autonomia, ou seja, à porcentagem de horas (do ambiente ocupado) em que a iluminância no plano de trabalho atinge um valor estipulado como padrão para as atividades do ambiente (MARDALJEVIC; NABIL, 2005) que varia entre 38% a 44%. Isso significa dizer que de 56% a 62% das horas ocupadas é necessária a complementação da iluminação com luz artificial para alcançar o nível de 300 lux indicado pela NBR ISO 8995-1:2013. A partir da figura 12 é possível perceber que os percentuais mais altos estão localizados próximos as portas - diferentemente do que ocorre nos blocos B e D. Tal fato deve-se ao entorno à norte, o qual é caracterizado pela existência de uma edificação de tipologia térreo mais dois pavimentos. Já os outros blocos possuem na porção norte apenas vegetação e edificações de tipologia térrea. Do total de 25 pontos analisados 56% possuem iluminância menor que 100 lux, 18% entre 100-2000 lux e 26% acima de 2000 lux.

Nas salas de aula do bloco B a luz natural possui autonomia entre 42% e 45%. Os percentuais mais altos estão localizados na porção mais próxima as janelas e portas (Figura 13 e 14). Na porção central e sul têm-se valores mais baixos, o que caracteriza baixa uniformidade, ou seja, níveis de distribuição diferentes ao longo da sala. Variável esta confirmada a partir da iluminância natural útil, revelando que 55% dos pontos analisados possuem menos que 100 lux, 13% entre 100 - 2000 lux e 32% maior que



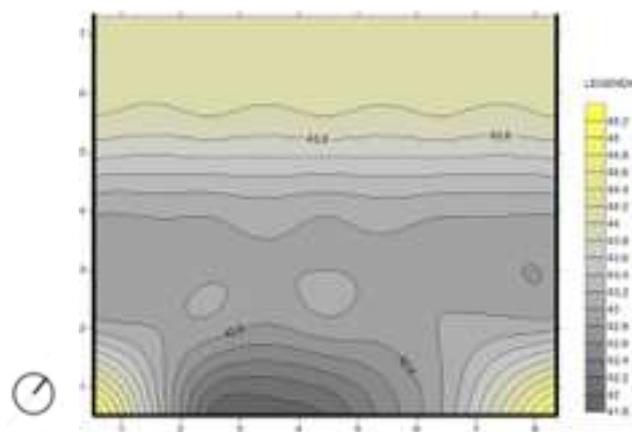
2000 lux, ou seja, mais da metade da sala de aula não atinge os valores estabelecidos pela norma. Tal fato não difere da situação encontrada no bloco C, onde a ALN está entre 42% e 45%, a iluminância natural útil é de 55% menor que 100 lux, 13% entre 100 - 2000 lux e 32%.

Figura 12: Autonomia da luz natural salas de aula bloco A.



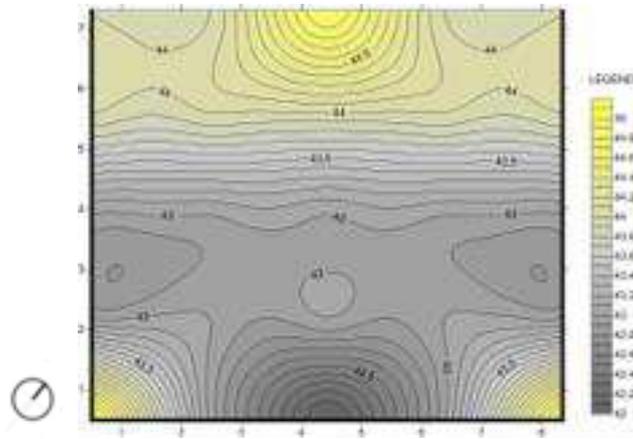
Fonte: Produzido por LUCENA, 2015.

Figura 13: Autonomia da luz natural salas de aula bloco B.



Fonte: Produzido por LUCENA, 2015.

Figura 14: Autonomia da luz natural salas de aula bloco C.



Fonte: Produzido por LUCENA, 2015.

6. Conclusão

Conclui-se que as salas de aula dos blocos A, B e D do centro de tecnologia da Universidade Federal da Paraíba possuem níveis inadequados de iluminância - mais da metade dos pontos analisados não alcança aos valores estabelecidos pela NBR ISO 8991-1:2013 - acarretando aos usuários um maior esforço visual para a execução da tarefa e resultando em baixa produtividade, fadiga visual pela baixa uniformidade, baixa concentração e conseqüentemente baixo rendimento.

Para melhor rendimento da luz natural recomenda-se a utilização de revestimentos com maior refletância (principalmente nas paredes). Pois nos ambientes analisados o revestimento utilizado nas paredes possui baixa contribuição para a reflexão da luz incidente. É indicado que o quadro em vidro com película branca seja substituído por um quadro branco, de forma que a especularidade seja eliminada da sala de aula - ponto este indesejado pela propensão a ocorrência de ofuscamento.

Devido a baixa autonomia da luz natural em todas as situações se faz necessário a complementação com luz artificial. No entanto, tal complementação deve ser feita em



circuitos paralelos a janela, de forma que seja possível o acendimento separadamente, complementando assim as porções central e sul da sala de aula quando assim for necessário.

7. Referências Bibliográficas

ALVES, Manoel Rodrigues. **Manual de ambientes didáticos para graduação**. São Carlos, Suprema Gráfica e Editora, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5461:1991: Iluminação. Rio de Janeiro, 1991.

_____. NBR 15.215-2:2005: **Iluminação Natural - Parte 2: Procedimento de cálculo para a estimativa da disponibilidade de luz natural**. Rio de Janeiro, 2003.

_____. NBR 15.215-3:2005: **Iluminação Natural - Parte 3: Procedimento de cálculo para a determinação da iluminação natural em ambientes internos**. Rio de Janeiro, 2003.

_____. NBR 15.215-4:2005: **Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações – Método de medição**. Rio de Janeiro, 2004.

_____. NBR ISO 8995-1: **Iluminação de ambientes de trabalho parte 1: Interior**. Rio de Janeiro, 2013.

BRASIL. Decreto Presidencial 4.131 de 14 de fevereiro de 2002. Brasília, DF.

CASTRO, G. N. de. **Componente de condução da luz natural em edifícios**





III Simpósio de Engenharia de Produção

GESTÃO DE INFORMAÇÕES COMO APORTE DE COMPETITIVIDADE PARA ORGANIZAÇÕES PRODUTIVAS

multifamiliares. João Pessoa, PB: Dissertação, UFPB, 2013.

FIALHO, Francisco e SANTOS, Neri. dos. **Manual da análise ergonômica no trabalho.** Curitiba, Editora Gênese, 1995.

GROSS, R.; MURPHY, J. **Educational change and architectural consequences.** Nova Iorque: Educational Facilities Laboratories, 1968.

IDAE - Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. **Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación. Centros docentes.** Madri, 2001.

INTERNATIONAL LIGHTING HANDBOOK. **The IESNA lighting handbook.** New York: Illuminating Engineering Society of North America, 2000.

KOWALTOWSKI, D. C. **Arquitetura Escolar: o projeto do ambiente de ensino.** São Paulo: Oficina de textos, 2013.

MARDALJEVIC, J. & NABIL, A. Useful daylight illuminance: a new paradigm to access daylight in buildings. **Lighting Research & Technology**, vol. 37, no 1. 2005.

MELO JUNIOR, 2012. **Apostila de Ergonomia.** Pós-Graduação Segurança do Trabalho. João Pessoa: IESP, 2012.

NETO, Egydio Pilloto. **Cor e Iluminação nos Ambientes de Trabalho.** São Paulo: Livraria Ciência e Tecnologia Editora Ltda, 1980.

PEREIRA, F. O. R., SOUSA, M. B. **Apostila Conforto Ambiental - Iluminação.** Florianópolis: UFSC, 2005





III Simpósio de Engenharia de Produção

GESTÃO DE INFORMAÇÕES COMO APORTE DE COMPETITIVIDADE PARA ORGANIZAÇÕES PRODUTIVAS

REINHART, C. F. **Tutorial on the Use of Daysim Simulations for Sustainable Design.** Cambridge: Harvard University, 2010.

SILVA, M. L da. **Luz, Lâmpada e Iluminação.** Porto Alegre: M. L. da Silva, 2002.

VERDUSSEN, Roberto. **Ergonomia:** A racionalização humana do trabalho. Rio de Janeiro: Livros técnicos e Científicos, 1978.

