

Avaliação dos parâmetros dinâmicos da luz natural via simulação para salas de aula

Camila Sales Nóbrega de Santana
Universidade Federal da Paraíba – Brasil
sales.camila@cear.ufpb.br

Marçal Rosas Florentino Lima Filho
Universidade Federal da Paraíba – Brasil
marcal@cear.ufpb.br

Luiz Moreira Coelho Júnior
Universidade Federal da Paraíba – Brasil
luz@cear.ufpb.br

ABSTRACT

This paper evaluated the luminous performance focusing on the autonomy of the natural light in rooms of units of the CEAR - Center for Alternative and Renewable Energies and presented scenarios for artificial lighting to reach the suitable parameters for perfect use of the rooms. An analysis covered the diagnosis of the current situation with the Shetchup and Dialux computer programs, correlating it with an amount of illumination recommended by NBR 15: 215-4: 2005 for teaching environments. The results indicate that the autonomy of natural light is insufficient to meet as specified activities without design. The work proposes the use of alternative alternatives (bioclimatic or artificial) to adapt the project for technical feasibility and energy efficiency. As a result of the proposed intervention, the impact caused without energy consumption is enough to guarantee the operational viability in the classrooms as well as a reduction of 60.70% of the total per month of artificial lighting consumed no local proposal in electrical design. The salary is what is a greater work to evaluate the energy efficiency in public buildings and presents potential for extrapolation to other buildings with the same purpose.

Keywords: Energy Efficiency; Light Comfort; Energy Consumption.

1. INTRODUÇÃO

O panorama energético mundial apresenta um quadro preocupante quanto ao tipo de fonte de energia consumida uma vez que para Lamberts et al. (2014), a maior parte dos recursos energéticos demandado no mundo são provenientes de fontes não renováveis. No Brasil, devido ao modelo de desenvolvimento econômico, entre 1975 a 2000, o consumo de fontes não renováveis cresceu cerca de 250% proveniente da rápida industrialização. Este crescimento proporcionou impactos populacionais sobre o meio ambiente e nos serviços energéticos residenciais, institucionais, industriais e comerciais.

Albuquerque e Amorim (2012) destacam que a eficiência energética e a adequação ambiental devem se relacionar com os materiais aplicados na construção civil de modo que, as edificações, sejam referências para a disseminação no desenvolvimento econômico. Em consonância Heywood (2015) afirmou que mais de 20% da energia consumida em edificações projetadas para ambientes educacionais é usada para iluminação artificial, e com o uso de estratégias de iluminação natural associada a artificial, pode-se acarretar em uma redução significativa no balanço energético total.

Compreendem-se por espaços educacionais, ambientes físicos que ocasionam impactos no processo de ensino e aprendizagem, na qual Kowaltowski (2013) ratificou que é necessário haver uma atuação multidisciplinar entre a qualidade de ensino e o espaço físico. Em complemento, afirmou que no Brasil, o ensino público tem sido alvo de muitas discussões devido os indicadores negativos obtidos pelos alunos em avaliações, sendo como uma das justificativas, a falta de qualidade do espaço físico em reação ao desempenho acadêmico. O autor ainda ressalta elementos que compõem o ambiente construído, de acordo com a organização EFL (Educational Facilities Laboratories), em que a tipologia educacional deve ser avaliada pela qualidade do ar, iluminação, temperatura, umidade, ventilação e acústica de salas de aula.

Diante deste contexto, justifica-se a importância do suporte luminotécnico aos ambientes educacionais ajustáveis em nível de projeto como fadiga e ofuscamento, regulamentos técnicos de edifícios públicos, eficiência energética por meio de uma utilização de parâmetros que possibilitem maior autonomia da luz natural, sistemas de iluminação artificial e seus respectivos acionamentos que reduzam o consumo energético da edificação.

Sendo assim, o ensaio de projeção avaliou o desempenho luminoso com enfoque na autonomia da iluminação natural em salas de aulas do bloco do Centro de Energias Renováveis da Universidade Federal da Paraíba. Como também, foram elaborados cenários com iluminação artificial para o alcance dos parâmetros adequados para o uso das salas. O recorte da pesquisa delimita-se nas salas de aulas do bloco por compreender o espaço de maior permanência do aluno, situadas no primeiro pavimento. Avaliou-se o desempenho nas datas dos solstícios e dos equinócios, através de simulações computacionais no período de Março de 2017 à Junho de 2018. A transcrição de dados por meio dos isográficos relacionou inserção cartográfica, tipos de céus, fenestração, materiais de acabamento, tamanho das salas de aulas e níveis de iluminação alcançados.

2. REVISÃO

No Brasil, as primeiras normas de eficiência em edificações datam da década de 1970 (CEPAL, 2015). Com a crise energética de 2001, surgiu a primeira diligência para fomentar a eficiência energética no país, através da Lei 10.295 (BRASIL, 2001). Outros programas relacionados à eficiência energética em edificações como o PROCEL (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica) obtiveram, em 2012, 9.097 GWh de energia economizada como resultado, equivalente ao que seria produzido por uma usina de 2.182 MW (CEPAL, 2015).

O conceito em si sobre eficiência energética relaciona-se com suprimento de energia necessária para alcançar condições ambientais desejáveis que minimizem o seu consumo (OMER, 2008). Em complemento, o autor ressalta que para projetar construção nestes moldes, as variáveis de projeto e os parâmetros de construção devem ser otimizados. Assim, as necessidades relacionadas aos espaços construídos e seus aspectos ambientais devem fornecer caminhos orientados aos recursos naturais, como a luz solar, proveniente da radiação solar, utilizada de forma direta ou difusa (ALBUQUERQUE; AMORIM, 2012).

No setor educacional, torna-se relevante discutir e compreender aspectos arquitetônicos assim como características climáticas que afetam diretamente na adoção de estratégias passivas do comportamento energético. As normas *Illuminating Engineering Society of North America* - IESNA

(2000) e a NBR ISO 8995-1 (2013) - Iluminação em Ambientes de Trabalho - recomendam analisar dois parâmetros de desempenho: nível de iluminância e ausência de ofuscamento, na qual a quantidade de iluminância no plano de trabalho é de 500 lux no plano de trabalho e no entorno de 300 lux.

A IESNA (2000) complementa que a quantidade de luz também se associa aos níveis de refletâncias dos materiais para espaços internos: teto 70-90%, paredes: 40 a 60% luminância de pelo menos metade das do teto, pisos: 30-50% e plano de trabalho: 20-60%. Já em relação ao conforto visual, para evitar o ofuscamento, a mesma recomenda que a luminosidade da tarefa deva ser cinco vezes maior a qualquer plano visto diretamente. Já a NBR 5410 – Instalações de baixa tensão – estabelece como deve acontecer a distribuição e as condições necessárias para as instalações elétricas.

No quesito implantação e orientação, a inserção da edificação influencia no maior aproveitamento da luz natural. As melhores orientações para a iluminação natural são para direção norte, devido à incidência solar direta, e sul por conta da constância da luz no quesito qualidade de temperatura de cor. Nas direções leste e oeste ficam desfavoráveis, pois recebem luz solar direta com maior intensidade (LAMBERTS et al., 2014).

Albuquerque e Amorim (2012) advertem a dificuldade em analisar o comportamento da luz natural e sua influência em ambientes internos devido às variações diárias e sazonais. Assim, com base em dados de radiação solar anual para cada local em específico, oriundos de arquivos climáticos, que geram o fator de Autonomia da Luz Natural (ALN). É medida em porcentagem de horas ocupadas no ambiente e o valor que iluminância atinge que o plano de trabalho de acordo com a atividade.

É conveniente destacar que a luz artificial como complemento do estudo da natural, de forma que sejam alcançados valores de iluminância coerentes com o tipo de atividade. Para Romerio (2012), existem poucas edificações que conseguem responder aos problemas de iluminação apenas com o uso da luz natural, sendo a profundidade do ambiente um dos fatores que influenciam. Logo, o controle a solução desta problemática, ocorre por meio de especificações de equipamentos (lâmpadas e luminárias) e formas de acionamento que causem menos transtornos no consumo energético da edificação.

3. METODOLOGIA

O objeto de estudo contemplou novo bloco de aulas do CEAR- Centro de Energias Alternativas e Renováveis da Universidade Federal da Paraíba – UFPB, na latitude de 7,11° sul, longitude de 34,86° oeste e elevação de 44m acima do nível do mar (INMET, 2017), conforme a **Figura 1**. Teve uma abordagem qualitativa e quantitativa sobre as condicionantes de desempenho luminoso para avaliar desempenho da luz natural complementada pela artificial.

Para caracterização da análise do desempenho luminoso, dividiu em quatro etapas: aspectos formais do objeto de estudo (dimensões e localizações das fenestraçãoes e *layout* interno proposto), codificação (categorização climática, medições lumínicas de acordo com o tempo de permanência no local), simulação computacional e rendimento luminoso (normas, estratégias bioclimáticas e consumo energético).

A edificação do CEAR apresenta 04 pavimentos, 18m de altura há uma distância de aproximadamente 16 m em relação ao Centro de Ciências Sociais Aplicadas (com 8m de altura) e 18m

em relação ao bloco de aulas (com 5 metros de altura), conforme a **Figura 1.a.** e **Figura 1.b.** Foram selecionadas duas salas de aulas no novo bloco do CEAR - em fase de construção, para aferir os aspectos quantitativos (níveis de iluminância) e os aspectos qualitativos (ofuscamento e refletância dos materiais).

Em relação à distribuição espacial interna, o novo bloco CEAR contemplou o total de 19 salas de aulas, porém, para avaliação de desempenho luminoso, se deteve em duas, ambas situadas no primeiro pavimento e localizadas perante a carta solar no sentido Nordeste e Sudeste. Os ambientes de estudo contemplaram a mesma tipologia arquitetônica, 10m x 8m de dimensão, abertura bilateral de 4 m de comprimento e 1,60m de altura, do tipo correção em alumínio preto e vidro com película fumê, peitoril de 1,10m de altura e beirais com 1,60m de altura que contornam as fachadas (**Figura 1.c.**).

Figura 1. Caracterização do ambiente do novo bloco do CEAR com os seguintes recortes: (a) Implantação geral; (b) Edificação - destaque ao primeiro pavimento; (c) Planta baixa primeiro pavimento com destaque das salas analisadas.



Em relação ao acabamento interno, as salas 01 e 02 apresentaram tetos com forro de gesso e pintura branca fosca, parede em massadas e pintura branca fosca piso em granilite cinza claro - **Tabela 1.**

Tabela 1. Coeficiente de Reflexão NBR ISO 8995-1:2013

Superfície	Coeficiente de Reflexão
Gesso	0,8 – 0,9
Pintura Branca	0,8
Vidro fumê	0,5
Piso Granilite	0,2

Fonte: ABNT, 2013.

Após a compreensão da situação atual houve a codificação, através da técnica operacional de categorização climática da cidade de João Pessoa, disponível no site do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações da Universidade Federal de Santa Catarina (LABEEE – UFSC - 2014). Apesar de se tratar de uma edificação com características educacionais ainda sem usuários, estabeleceu ocupação de segunda-feira à sexta-feira, das 8h: 00min às 18h: 00min, (horário estabelecido pelo cronograma de aulas), resultando em um total anual de aproximadamente 2400h de ocupação.

Todos os dados foram transcritos na simulação computacional, por meio dos programas Schetchup versão 16.0, para construir o modelo 3D, e Dialux versão 4.12 para averiguar a base de dados de cada sala com o nível de iluminância estabelecida pela NBR ISO 8995-1:2013. As duas salas foram comparados entre si em seus respectivos comportamentos luminosos de acordo com a escala de

quantidade de lux, sendo identificado o déficit da luz natural em relação aos níveis de iluminância e homogeneidade. Desta forma, foram propostas estratégias da arquitetura bioclimáticas para potencializar a quantidade lumínica, inter-relacionando com sistema de iluminação artificial de forma que alcançassem os 500 lux recomendados pela norma. Os novos estudos de manchas dos níveis de desempenho coerente para cada ambiente de ensino foram transcritas no Dialux versão 4.12, associando-os com os respectivos impactos no consumo energético.

Diante dos cenários energéticos encontrados, foram considerados três modelos comparativos de iluminação artificial: equipamentos de uso padrão da UFPB, equipamentos que potencialize a maior distribuição do fluxo luminoso coerente com a situação da sala e equipamentos que além de potencializar estejam associados aos dispositivos de controle automático.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES


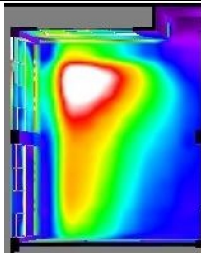
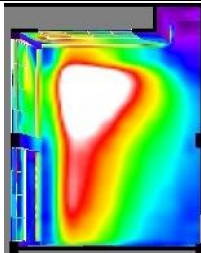
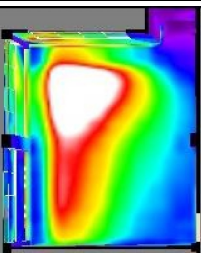
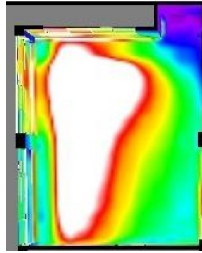
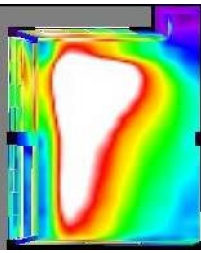

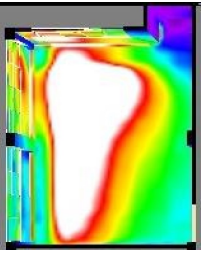
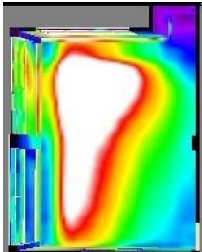
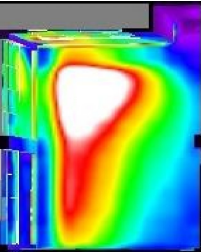
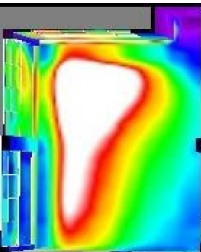

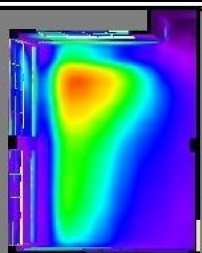
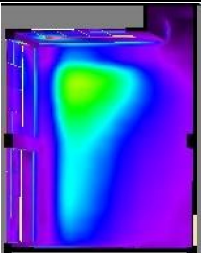
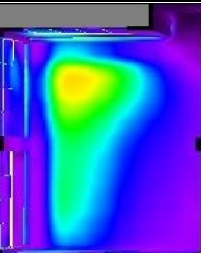
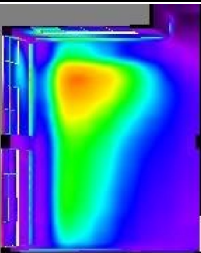
4.1 Parâmetro dinâmico

Todas as simulações da luz natural ocorreram nas datas dos dias 20/03 e 23/09 para equinócios e 21/06 e 21/12 para solstícios, nos horários das 8h, 10h, 14h e 16h. Optou-se pela medida de desempenho Autonomia da luz natural (ALN), inter-relacionada com a quantidade de horas que se utiliza o ambiente e a iluminância necessário no plano de trabalho. Com relação à superfície de cálculo, a medida de 75 cm acima do piso, seguindo as recomendações da NBR 15:215-4:2005. Assim, para compreensão dos parâmetros dinâmicos da luz foram realizados os isográficos para cada dia e horário, sobrepondo-os, de maneira individual, em plantas baixas conforme **Tabela 2**.

A primeira análise correspondeu à primeira data do equinócio, dia 20 de Março de 2018. Por meio das linhas isográficas, em ambas as salas houve uma repetição do comportamento da luz, quanto mais próximas às fenestrações maiores os níveis do aproveitamento da luz natural, conseqüentemente, a área de alcance é menor. Às 8h da manhã há uma quantidade maior de luz próxima as janelas, mas não o suficiente para iluminar todo o ambiente. Às 10h, houve uma concentração de luz ao centro da sala de aula, o que proporcionou uma maior distribuição em relação às 8h. Já no período da tarde, às 14h a simulação demonstrou o comportamento da luz natural semelhante ao horário das 10h da manhã e, às 16h, verificou-se a necessidade da iluminação artificial para que os usuários exerçam as atividades necessárias. A segunda data analisada foi o dia 21 de Junho de 2018, correspondente ao solstício de inverno. No horário das 8h da manhã houve uma perda de autonomia de luz concentrando maior iluminância apenas na fenestração da fachada Norte e a primeira da fachada Noroeste. Por seguinte, às 10h da manhã, as linhas isográficas foram mais abrangentes no interior das salas quando comparadas ao do horário anterior. O comportamento da luz natural no horário das 14h não refletiu grandes mudanças em relação ao horário das 8h, ambas os fluxos se concentram nas janelas. A situação mais crítica ocorreu às 16 horas alcançando no máximo 200 lux, comprometendo o conforto visual em todos os locais da sala. A terceira data correspondeu ao dia 23 de Setembro onde houve um maior alcance do fluxo luminoso nas salas de aulas, mas não de forma que satisfatória com os 500lux recomendados por norma. O horário das 10h foi o que mais se aproximou da quantidade de iluminação natural necessária diferentemente do horário das 16h, cujo iluminância alcançou o total de 250lux. A quarta e última data aferida referiu-se ao solstício de verão, dia 21 de Dezembro. Notou-se pelas linhas isográficas que em todos os horários houve uma maior abrangência da iluminação natural em relação às outras datas aferidas respectivamente. O horário das 10h foi único que obteve os 500 lux


necessários, mas não de forma homogênea, e o mais comprometido é o das 16h. O diagnóstico encontrado, através da ALN, nos equinócios e solstícios, teve uma distribuição não homogênea da luz natural nas duas salas, apesar de estarem em localizações cartográficas diferentes. Em relação à autonomia da luz natural acredita-se que seja reduzida pelo sombreamento causado pelos blocos do CCSA, os beirais e janelas em vidro com película fumê.

Tabela 2. Plantas Baixas com as simulações no programa DIALux para Equinócios e Solstício de inverno e verão.

		Equinócio 20 de Março	Solstício inverno 21 de Junho	Equinócio 23 de Setembro	Solstício verão 21 de Dezembro
Horários	8:00 h				
	10:00 h				
	14:00 h				
	16:00 h				

Legenda:

500 437 375 312 250 187 125 62 Quantidade de lux

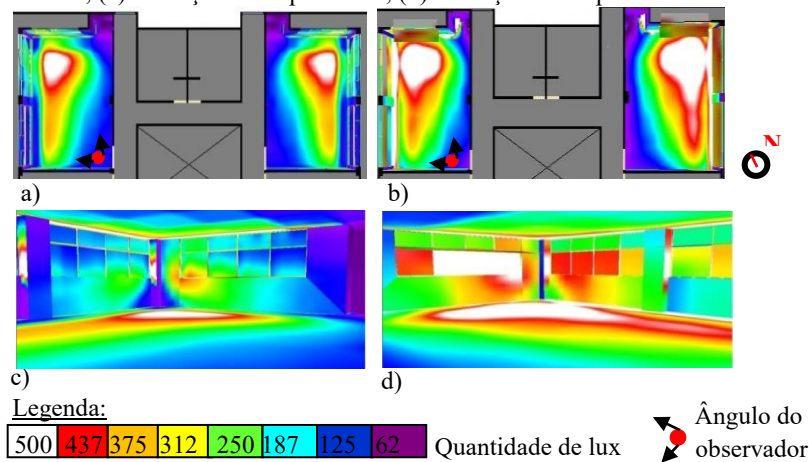

 Ângulo do observador

4.2 Propostas luminotécnicas

Em virtude da necessidade de potencializar a quantidade de iluminação natural dentro das salas de aulas foi proposta a técnica de prateleira de luz nas fenestraçãoes, uma vez que interfere nos índices qualitativos - ofuscamento, quanto na maior dissipação luminosa. O pré-dimensionamento junto à especificação do material foi fundamentado no estudo de Borba (2005) sobre a avaliação do potencial

de luz na distribuição da luz natural. As variáveis utilizadas foram às dimensões, angulações e material de acabamentos a partir da razão entre a iluminância horizontal interna e a iluminância simultaneamente disponível sobre o plano horizontal externo, sob condições de céu real (Fator de Luz Diurna - FLD). Sendo para Borba (2005) a principal vantagem do FLD é a constância, recomendando em atividades que exijam maior acuidade visual, um nível mínimo de 5%. Portanto, a partir dos estudos do autor acima, apropriou-se da prateleira de luz com 1,50m de largura e inclinação de 10° calculadas diante da situação mais desfavorável dentre as analisadas no Dialux. A distribuição do fluxo luminoso, mesmo utilizando a técnica da prateleira de luz, aconteceu em proporções diferentes e insuficientes dos 500 lux recomendado na norma conforme **Figura 2**. Assim, a inclinação utilizada permitiu um maior alcance e uniformidade da luz natural no interior da sala, diminuindo o ofuscamento existente próximo às janelas e permitindo que as salas sejam também eficientemente energéticas. Portanto, a luminância aparente e o ofuscamento estão intimamente relacionados no projeto de iluminação natural.

Figura 2. (a) Planta Baixa: Sem prateleira de luz; (b) Planta Baixa: Com prateleira de luz; (c) Elevação: Sem prateleira; (d) Elevação: Com prateleira de luz



Tratando-se da luz artificial, em ambas as salas utilizaram-se quatro fileiras cada qual com três luminárias paralelas ao plano de trabalho, e de acordo com Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas RQT-C, um controle independente instalado próximo às aberturas para maior aproveitamento da iluminação. Para a distribuição fotométrica intensiva especificou-se a luminária da linha Lift, modelo pendente da Everlight, com iluminação direta/indireta e lâmpadas dimerizáveis do fabricante OSRAM, modelo Lumilux T5 HE-ES Led, possui fluxo luminoso 2450lm, 25W de potência, índice de reprodução de cor 80. Vale ressaltar que os testes ocorreram no Dialux a partir de uma superfície de cálculo a 75 cm do piso conforme recomendações da norma NBR 8995-1, na altura de 1,85m abaixo do forro de gesso. Sendo assim, a proposta em questão se deteve em aliar desde a locação e especificação de equipamentos para luz artificial, para que fossem capazes de não só contribuir para superar os problemas econômicos e ambientais, como passíveis de garantir redução no consumo energético sem interferir no conforto luminoso almejado.

4.3 Análises dos consumos energéticos

Ao constatar o diagnóstico atual da iluminação natural com os dados das propostas na simulação computacional, a porcentagem do ALN da situação mais desfavoráveis, varia entre 30% a 62%, o que

refletiu em 38% a 70% necessários para que a luz artificial complementasse a quantidade de iluminação recomendada pela NBR 8995-1:2013.

Supondo-se 08 horas de consumo diário em 05 dias semanais, havendo um acionamento total das 12 luminárias e 24 lâmpadas de 25 W cada, houve um consumo mensal (taxa tarifária de R\$ 0,43 centavos deste mês disponibilizado pela Agência Nacional de Energia Elétrica – Aneel) de R\$ 41,28 reais para cada sala de aula, o que totalizou um valor de R\$ 85,26 reais para as duas salas de estudo. Em posse dessas informações a **Tabela 3** simulou em porcentagem a quantidade de iluminação artificial necessária nos respectivos horários (simulados no programa Dialux), inter-relacionando com a quantidade de lâmpadas acionadas e controle automático do dimerizador. A relação consumo R\$/mês foi elaborado pelo solstício de inverno, mês de Junho, por se caracterizar a época que o Sol atinge o maior grau de afastamento angular a linha do equador.

Tabela 3. Caracterização do consumo R\$/mês para cada sala de aula - Junho de 2018, parâmetros estáticos.

Horários	Luz Artificial (%)	Potência lâmpadas	Horas consumidas ano	Consumo R\$/ mês
8h - 10h	70	420 (17 lâmpadas)	840	7,22
10h - 12h	38	228 (09 lâmpadas)	450	3,87
14h - 16h	44	264 (11 lâmpadas)	528	4,54
16h - 18h	100	600 (24 lâmpadas)	1200	10,32
				Total: 25,95

Notou-se que as estratégias para aumentar a autonomia dos parâmetros dinâmicos, como a prateleira de luz, aliadas aos parâmetros estáticos da luz, houve uma redução significativa do consumo energético de R\$ 15,33 reais por sala, totalizando uma diferença entre as duas formas de caracterizações de consumo energético de R\$ 59,31 reais por mês. Ainda em relação ao estudo comparativo, de acordo com o último Relatório de Gestão da UFPB, 2017 para todas as salas de aulas do centro de aulas utiliza-se o sistema de iluminação padrão: dois pares lâmpadas tubulares T10 de 40 W com fluxo luminoso de 2700 lm. A partir disto, considerando a mesma distribuição (12 luminárias, 08 horas de consumo diário em 05 dias semanais, 24 lâmpadas fluorescentes e sem um sistema de dimerização) houve um aumento significativo do impacto do parâmetro estático no consumo energético como mostra a **Tabela 4**.

Tabela 4. Caracterização do consumo mensal por sala de aula - Junho de 2017, parâmetros estáticos padrão da XX.

Horários	Luz Artificial (%)	Potência da lâmpadas	Horas consumidas/ano	Consumo R\$/ mês
8h - 10h	100	480 (24 lâmpadas)	1200	16,51
10h - 12h	100	480 (24 lâmpadas)	1200	16,51
14h - 16h	100	480 (24 lâmpadas)	1200	16,51
16h - 18h	100	480 (24 lâmpadas)	1200	16,51
				Total: 66,04

Em relação aos estudos comparativos, a **Tabela 5** aborda os diferentes valores de consumo energético com base nas mesmas distribuições luminosas, 12 lâmpadas, 24 luminárias e horas de consumo nos três tipos de sistemas: o de uso padrão da UFPB, a proposta sem e com controle automático. Sendo assim, o tipo de sistema proposto - utilização das prateleiras de luz, lâmpadas a Led com dimmer e luminárias de foco direto/indireto- permitiu uma redução no consumo energético comparando-os aos equipamentos de uso padrão na UFPB. Vale ressaltar também que outro ponto positivo foi à quantidade de luz, uma vez que permitiu atingir os 500lux de forma homogênea sem

comprometer o conforto visual dos usuários local.

Tabela 5. Comparativo entre consumo do sistema de uso padrão da UFPB, o proposto sem dimerização e o com dimerização para cada sala de aula - Junho de 2018.

Sistema	Consumo energético (R\$)	Redução (%)
Padrão FPB	66,04	-
Sem dimmer	41,28	-37,49
Com dimmer	25,95	-60,70

5. COMENTÁRIOS FINAIS

Mediante aos resultados, percebeu que ambos os objetos de estudos apresentaram déficit da luz natural de até 62% em relação às normas brasileiras. Deste modo constatou-se a necessidade de iluminação artificial complementar em virtude das tarefas visuais por não ter alcançado 500 lux e de forma homogênea. Uma das justificativas do não atendimento aos requisitos pela norma foi atribuída as extensões das salas de aula, películas utilizadas nas janelas e sombreamentos causados pelas edificações circunvizinhas. Outro fator a ser destacado foi o uso de técnicas de arquitetura bioclimática para o aumento da eficiência energética de edificações e que mesmo utilizando as prateleiras de luz não foi suficiente para respeitar o valor de 500 lux exigidos pela norma técnica. Portanto ratifica-se a importância do uso de técnicas bioclimáticas, o emprego de iluminação artificial com lâmpadas a Led e luminárias mais eficientes, que estejam distribuídas a partir das zonas definidas, podem causar impacto positivo no consumo energético luminoso; e o uso de dimerização responsável pela redução do consumo em 60 a 70% em relação o sistema padrão usado na UFPB.

Com base no exposto, a proposta apresentada comprova a hipótese de que para haver um ganho na eficiência energética em edificações públicas de ensino através de melhoria no desempenho luminoso. Essa estratégia abarca o equilíbrio entre o conforto lumínico dos usuários, vida útil dos equipamentos instalados e seus os impactos ambientais em relação ao consumo energético.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, M.S.C; AMORIM, C.N.C. Iluminação natural: indicadores de profundidade limite em ambientes para iluminação natural no Regulamento Técnico de Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Residenciais. **Ambiente Construído**, v.12, n 02, jun. 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410**: Instalações elétricas de baixa tensão. 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.

BORBA, Isabel Maria Melo. **Avaliação do potencial de prateleiras de luz na distribuição da luz natural: estudo em modelo reduzido**. Paraná, 2005.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Tarifa de energia elétrica**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/tarifas/>>. Acesso em: 10 jun. de 2018.

BRASIL Lei n. 10.295, de 17 de outubro de 2001. Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia. **Diário Oficial da república Federativa do Brasil**. Brasília, 2001. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LEIS_2001/L10295.htm>. Acesso em: 10 jun. de 2018.

CATÁLOGO EVER LIGHT. Disponível em: <<http://www.everlight.br/>>. Acesso em: 10 jun. de 2018.

CEPAL, N. U. et al. **Relatório nacional de monitorização da eficiência energética do Brasil**. 2015.

ELETROBRÁS/PROCEL. **Manual para aplicação do RTQ-C.v02**, 2013.

HEYWOOD, Huw. **101 Regras básicas para uma arquitetura de baixo consumo energético**. Gustavo Gill, São Paulo, 2015.

INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. **Regulamento TRO - Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e QuaC**. Rio de Janeiro, 2017.

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

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

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando. **Eficiencia energetica na arquitetura**. 3.ed. ELETROBRAS/PROCEL, 2014.

OMER A. M. **Energy, environment and sustainable development**. Renewable and Sustainable Energy Reviews 2008;12:2265–300.

OSRAM. **Manual Luminotécnico Prático**. Osasco, SP, 2000.

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA. **Relatório de Gestão 2016/2017**. Disponível em: <<http://www.proplan.ufpb.br/proplan/contents/menu/ploplan/documentos-1/relatorios-de-gestao/relatorio-de-gestao-2016.pdf/view>>. Acesso em: 19 maio. 2018.

ROSEMANN, A., MOSSMAN, M., WHITEHEAD, L., **Development of a cost-effective solar illumination system to bring natural light into the building**. Solar Energy 82, 302–310, 2008.

VEITCH, J.; Newsham, G.; BOYCE, P. **Lighting appraisal, well-being and performance in open-plan offices: A linked mechanisms approach**. Lighting Research and Technology, 2008.

REINHART, C. F.; MARDALJEVIC, J.; ROGERS, Z. **Dynamic Daylight Performance Metrics for Sustainable Building Design**. Leukos, v. 3, n. 1, 2006.