

## **ESTUDO DA ILUMINAÇÃO NATURAL EM AMBIENTES EDUCACIONAIS VISANDO EFICIÊNCIA ENERGÉTICA**

*Camila Sales Nóbrega de Santana<sup>1</sup> (camilasales.arq@hotmail.com), Marçal Florentino de Lima Filho<sup>1</sup> (marcal@cear.ufpb.br), Camilla Pereira Soares<sup>1</sup> (capeso09@gmail.com), Mateus Diniz Dantas<sup>1</sup> (mateusddantas20@gmail.com)*

<sup>1</sup> Universidade Federal da Paraíba - UFPB, João Pessoa – PB, Brasil

### **RESUMO**

Tendo em vista a tendência atual de projetar edificações sem considerar adequadamente o clima do local, o consumo de recursos energéticos e naturais tem se amplificado de maneira preocupante. Com isso, o uso intenso de sistemas artificiais nas edificações tem acarretando um grande aumento do consumo, para alcance de índices de conforto recomendada pela NBR 15:215-4:2005. Propondo verificar a disponibilidade de iluminação natural e os impactos no projeto de iluminação artificial, os quais podem levar a um consumo energético exacerbado, o presente estudo avaliou este desempenho com enfoque na autonomia da iluminação natural em salas de aulas do bloco do Centro de Energias Alternativas e Renováveis - CEAR, localizado na Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa – Paraíba. Com intuito de compreender o impacto do consumo energético dessas edificações, diante da caracterização bioclimática, foi realizado um levantamento in loco da disponibilidade de iluminação natural no interior de salas, simulação computacional das condições nos equinócios e nos solstícios (verão e inverno) e, por fim a análise do consumo energético visando à eficiência energética do sistema de iluminação artificial e redução da pegada de carbono. Como resultados da intervenção proposta, o impacto ocasionado no consumo energético foi suficiente para garantir a viabilidade operacional nas salas de aula, bem como para uma redução de cerca de 64% do total por mês da iluminação artificial e 38% de CO<sub>2</sub>-eq/ ano consumida no local.

**Palavras-chave:** Eficiência Energética; Iluminação Natural; Avaliação do Ciclo de Vida.

### **STUDY OF NATURAL LIGHTING IN EDUCATIONAL ENVIRONMENTS FOR ENERGY EFFICIENCY**

#### **ABSTRACT**

Given the current trend of designing buildings without adequately considering the local climate, the consumption of energy and natural resources has increased in a worrisome way. Thus, the intense use of artificial systems in buildings has led to a great increase in consumption, to reach the comfort indexes recommended by NBR 15: 215-4: 2005. Proposed to verify the availability of natural lighting and the impacts on the artificial lighting project, which can lead to an exacerbated energy consumption, the present study evaluated this performance with focus on the autonomy of natural lighting in classrooms of the Alternative Energies Center and Renewables - CEAR, located at the Federal University of Paraíba, João Pessoa - Paraíba. In order to understand the impact of the energy consumption, of these buildings, in view of the bioclimatic characterization, an in loco survey was made of the availability of natural lighting inside rooms, computational simulation of the conditions on the equinoxes and solstices (summer and winter) Finally, the analysis of the energy consumption of the proposals with presentation of alternatives aiming at the energy efficiency of the artificial lighting system. As a result of the proposed intervention, the impact on energy consumption was sufficient to ensure operational viability in classrooms, as well as a reduction of about 64% of the total artificial light and 38% CO<sub>2</sub> -eq / year on the spot.

**Keywords:** Energy Efficiency; Natural lighting; Life Cycle Assessment.

## **1. INTRODUÇÃO**

O panorama energético depara-se cada vez mais com a tendência da consciência ambiental perante a população sobre discussões a respeito de sustentabilidade e uso racional de energia. Atualmente energia elétrica é indispensável para promover o desenvolvimento socioeconômico da sociedade e, mesmo assim, uma parcela considerável da população mundial ainda é atendida de forma muito precária. Na esteira desta problematização, muitos países vêm encontrando desafios para poder suprir as crescentes necessidades energéticas de sua população (ALTOÉ *et al.*, 2017). Dentro deste paradigma, existe a necessidade de promover o uso racional da energia, como também otimizar, a fim de diminuir a necessidade de sua utilização, quando possível.

Tratando-se do cenário brasileiro, Trigueiro (2017) destaca que a construção civil é o setor da economia que mais impacta o meio ambiente, especialmente pelo fato do Brasil apresentar crescente consumo de fontes não renováveis. Em consonância, Lambert, Dutra e Pereira (2014) afirmam que tal situação é decorrente da rápida industrialização, dos impactos do aumento populacional sobre o meio ambiente e dos crescentes serviços energéticos residenciais, institucionais, industriais e comerciais; corresponde aproximadamente 50% do total da eletricidade consumida no país (MME, 2015).

Segundo a ELETROBRAS (2007) a energia elétrica dos prédios públicos é destinada para a climatização (48%), iluminação (23%), equipamentos de escritório (15%), bombeamento de água e elevadores (14%). KOZLOFF, COWART, et al. (2001) relata que os edifícios públicos oferecem oportunidade para ações de eficiência energética, tanto na modernização da edificação como na substituição de equipamentos.

Há pelo menos três décadas, o Brasil passou a se importar e a debater as ações antrópicas. Em 1992, por exemplo, aconteceu a Convenção da Biodiversidade conhecida como ECO-92 em que teve como fruto a “Agenda 21”. Tal documento viabiliza o novo padrão de desenvolvimento conciliando a proteção ambiental, a justiça social e a eficiência econômica (MMA, 2002). Assim, surgem leis, decretos e programas de conservação de energia como resposta à necessidade da preservação do meio ambiente, como por exemplo: O Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), o Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural (Conpet) e o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE).

Com base no exposto, esse trabalho consiste no estudo sobre energias limpas do edifício público, o Centro de Energias Alternativas e Renováveis (CEAR) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Tal análise tem como foco a ecoeficiência com desdobramentos nos sistema de iluminação, visto que a etiqueta do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) elenca esse sistema como responsável por 30% da avaliação, assim como a avaliação dos impactos ambientais. Aqui se escolheu a pegada de carbono como um indicador para comunicação de resultados, por causa das preocupações recentes com as mudanças climáticas.

Para isso, houve a caracterização da microrregião que o edifício está inserido, bem como levantamento dos níveis lumínicos in loco e por simulação computacional. Por fim, uma análise do consumo energético de diferentes cenários e situações o que permitiu afirmar a possibilidade de redução no consumo de energia elétrica com estratégias simples de controle e automação do sistema luminoso.

## **2. OBJETIVO**

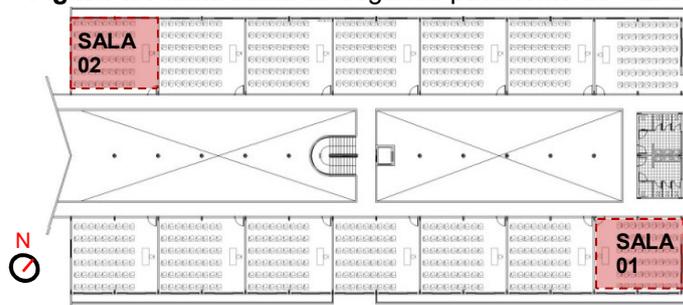
Analisar e caracterizar o desempenho da iluminação natural via simulação, propondo identificar fatores que contribuam ou não no conforto lumínico no Centro de Energias Alternativas e Renováveis (CEAR) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), com vistas a reduzir o consumo energético do projeto de iluminação artificial e o impacto ambiental.

## **3. METODOLOGIA**

O estudo foi realizado no Centro de Energias Alternativas e Renováveis (CEAR) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB) no Campus I, situado na capital Paraibana. A cidade tem em média 12 horas de sol durante o ano por estar localizada na latitude de 7,11° sul (INMET, 2017).

O edifício com 1744 m<sup>2</sup> no pavimento térreo e 1455 m<sup>2</sup> em cada um dos três pavimentos superiores, considerando apenas a área interna. As duas salas analisadas apresentam 36,00 m<sup>2</sup> (8,00 x 4,50) e 72,00 m<sup>2</sup> (8,00 x 9,00) destinado para diferentes atividades, como ambiente para alunos e professores, salas de aula, banheiros, laboratórios, almoxarifado, biblioteca, secretarias, coordenações, copa, dentre outras finalidades acadêmicas e administrativas. Sendo as selecionadas, sala 01 com 72m<sup>2</sup> nascente (sala de aula) e sala 02 com 36m<sup>2</sup> poente (sala de uso comum de estudantes), sinalizadas na Figura 1.

**Figura 1.** Planta baixa do segundo pavimento do CEAR



### 3.1 Avaliação de Iluminação Natural

A caracterização da análise do desempenho luminoso dividiu em quatro etapas: aspectos formais do objeto de estudo (dimensões e localizações das fenestrações 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).

Para os acabamentos internos dos objetos de estudo apresentaram tetos com forro de gesso e pintura branca fosca, parede em assadas e pintura branca fosca pisa 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.

Por se tratar de uma edificação com fins educacionais, estabeleceu-se uma ocupação anual de aproximadamente 2400h de ocupação, calculados de segunda-feira à sexta-feira, das 8h: 00min às 18h: 00min. Assim como foi transcrita a 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).

Após a compilação dos dados, foram transcritos para simulação computacional no software DIALux versão 4.13 para as condições lumínicas dos 500 lux recomendados pela NBR 8995, das salas selecionadas, e a partir da planta baixa, um modelo 3D foi construído e submetido para análise da luz natural. Como forma de confrontar os resultados da simulação assim como compreender melhor os possíveis agentes que inferem *in loco* os níveis de iluminância, aplicou-se o método ponto-a-ponto sugerido pela Norma NBR 15.215-4:2005 para a coleta dos níveis de luminosidade. Uma malha de pontos foi definida e a coleta dos níveis luminosos foi realizada utilizando um Luxímetro Digital Minipa MLM-1011, paralelo à superfície a 75 cm do piso em quatro horários (8h, 10h, 14h e 16h).

Com o uso da ferramenta de simulação foi possível obter os índices lumínicos para os três períodos mais importantes do ano (solstício de verão, solstício de inverno e equinócio). Após gerar as isolinhas, obtidas pela simulação computacional e pela coleta, a região que necessitou de iluminação artificial foi identificada gerando alguns cenários para conhecer o consumo energético.

### 3.2 Avaliação de Ciclo de Vida

Consiste em uma metodologia internacional normatizada pela International Organization for Standardization nas normas ISO 14040 (2006a) e ISO 14044 (2006b), que no Brasil foram traduzidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) em suas normas NBR 14040 (ABNT, 2014a) e NBR 14044 (ABNT, 2014b).

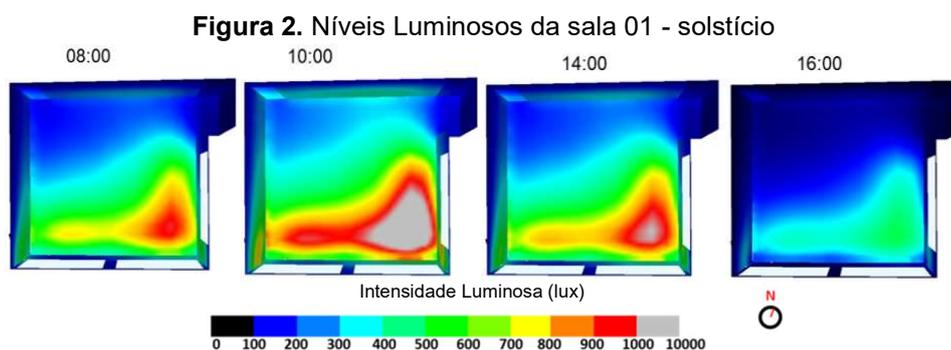
Para a análise dos resultados, apropriou-se dos valores da pegada de carbono associada ao consumo de eletricidade de baixa tensão conforme a literatura de Delgado e Carvalho (2017). Sendo assim, a pegada de carbono foi calculada com base no método de avaliação de impacto ambiental IPCC 2013 GWP 100a (IPCC, 2013) para obter a relação entre a contribuição para absorção do calor de radiação resultante da descarga instantânea de 1 kg de um gás de efeito estufa e igual emissão de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) integrado ao longo do tempo (neste caso, 100 anos) (IPCC, 2013). Ou seja, para a análise ambiental, utilizou-se o pegada de carbono associada ao consumo de eletricidade da rede elétrica nacional (mix Brasileiro) de 0,299 kg CO<sub>2</sub>-eq/kWh. Desta maneira, o software SimaPro 8.0.5 (PréConsultants, 2015) com a base de dados Ecoinvent (ECOINVENT, 2015) foram os responsáveis pela simulação.

Assim sendo, diante dos cenários energéticos encontrados, foram considerados três modelos comparativos de iluminação artificial: padrão da UFPB e novo sistema de distribuição do fluxo luminoso.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Isolinhas da Simulação

Na sala 01 no horário das 8h da manhã, as linhas isográficas satisfatórias para a realização das atividades (usufruindo apenas a iluminação natural) se concentram nas áreas próximas as aberturas, como mostrado na Figura 3. O maior alcance em termos de área aconteceu no horário das 10h. A distribuição da luz natural no horário das 14h foi similar horário das 8h. A situação mais crítica ocorreu às 16 horas tendo disponibilidade de iluminância entre 34 e 598lux, ver Figura 2.



A simulação para a sala 02 apresenta níveis luminosos entre 219 e 2058 lux. Durante a manhã não foi necessário usar iluminação artificial. A tarde há manchas que sinalizam baixa luminosidade próximo a algumas paredes, necessitando que algumas lâmpadas fossem acesas nessa região- ver Figura 3. No final do dia houve redução dos níveis luminosos, mas ainda acima das recomendações da norma.

A segunda simulação corresponde ao solstício de verão, dia 21 de dezembro de 2017. Notou-se que as manchas de cores apresentaram, durante a manhã (8 e 10 h) e no horário das 14h, áreas coincidentes com incidência de iluminação natural satisfatória, ver Figura 4. O horário das 16h foi o que obteve menos potencial de aproveitamento da luminosidade natural, tendo pontos com iluminância na faixa de 39 a 695 lux.

Figura 3. Níveis Luminosos da sala 02 - solstício

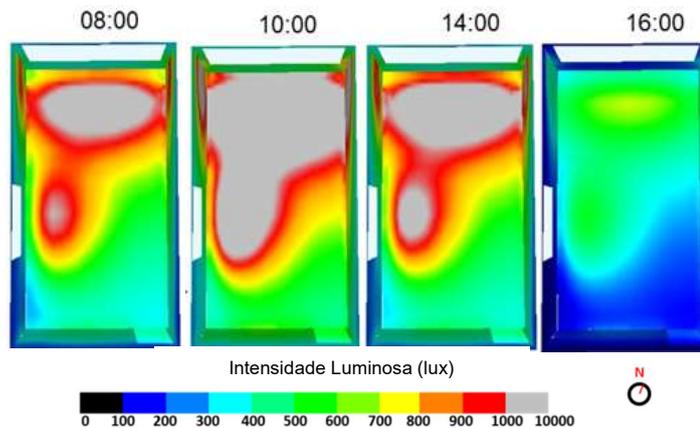
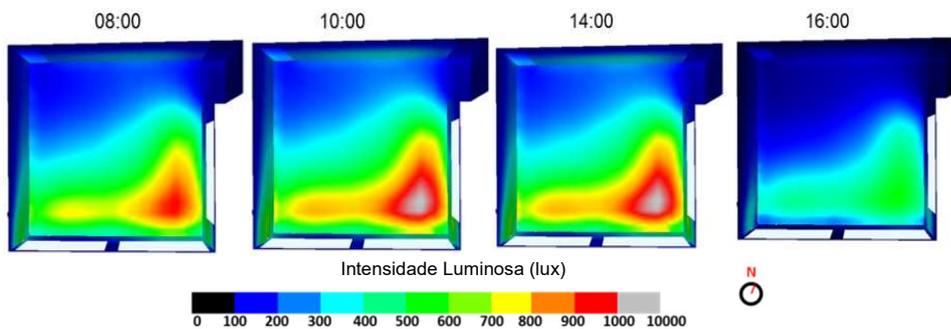
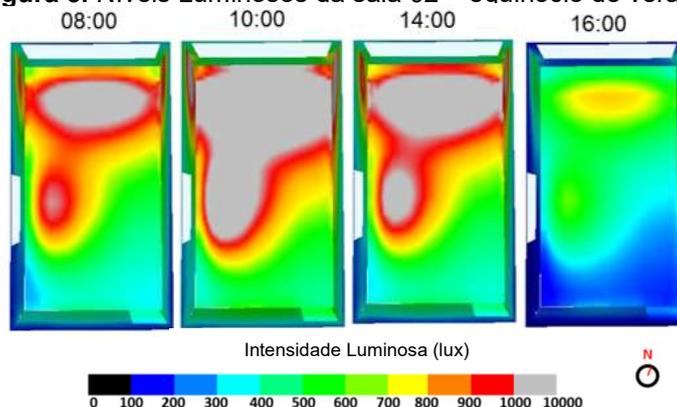


Figura 4. Níveis Luminosos da sala 01 – equinócio de verão



A sala 02 apresentou níveis luminosos entre 121 a 2821 luxes. Durante a manhã, os níveis acima de 300 lux abrangem praticamente toda a sala, indicando a possibilidade em aproveitar a iluminação natural para execução das atividades nesse ambiente. No período da tarde, a simulação evidenciou o comportamento da luz natural semelhante ao horário das 8h da manhã, como mostrado na Figura 5. Ao fim do dia, os níveis luminosos reduzem fazendo necessário o acionamento da iluminação artificial da região próxima à porta.

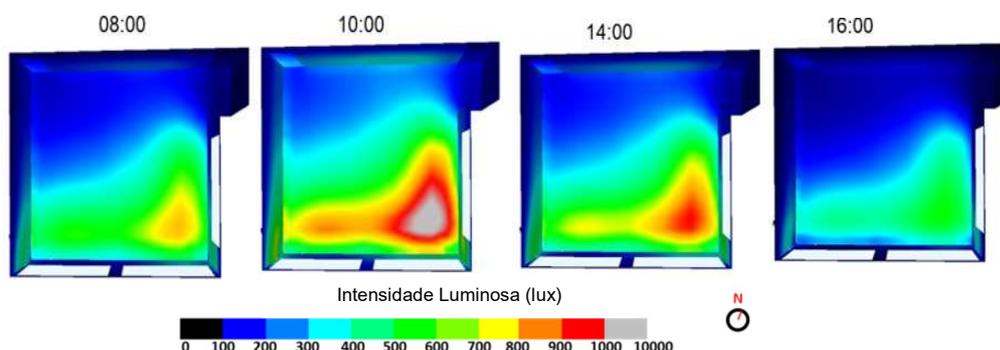
Figura 5. Níveis Luminosos da sala 02 – equinócio de verão



Durante o solstício de inverno, dia 21 de junho de 2017, situação considerada o pior caso, devido à disponibilidade reduzida de luz e céus predominantemente nublados, a iluminância variou entre 40 a 1513 luxes. No horário das 8h da manhã se percebeu uma perda de autonomia de luz concentrando maior iluminância apenas nas janelas. Às 10h da manhã, as linhas isográficas foram mais abrangentes no interior das salas quando comparadas ao do horário anterior, mas não de forma homogênea. Às 14h o alcance da iluminação natural recomendado é similar ao horário das

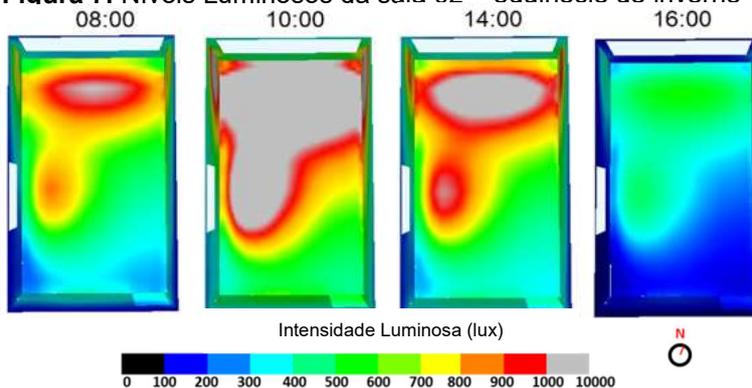
8h, porém o fluxo que se concentram próximo as janelas são mais intensas. A situação mais crítica ocorreu às 16 horas sendo preciso o auxílio da iluminação artificial para não comprometer o conforto visual dos usuários– ver Figura 6.

**Figura 6.** Níveis Luminosos da sala 01 – equinócio de inverno



A sala 02 apresentou luminosidade na faixa de 89 a 2840 luxes ao longo do dia. 21. Pela manhã se faz necessário o uso de lâmpadas na região próximo a parede da porta. No decorrer do dia o alcance é estendido possibilitando o aproveitamento da luz natural, como é exibido na Figura 7. No final do dia, há redução dos níveis luminosos e necessitando do complemento através da iluminação artificial.

**Figura 7.** Níveis Luminosos da sala 02 – equinócio de inverno



As simulações indicam que lâmpadas de LED – T5 com potência de 25W satisfazem a necessidade dos ambientes.

#### 4.2 Isolinhas da Coleta in loco

A primeira data aferida referiu-se ao Equinócio (23/09/2017). Na sala 01 apresentaram maiores níveis luminosos nas áreas próximas as aberturas, com um alcance considerável, como já era esperado. Ao longo do dia a iluminância disponível ficou entre 91 e 3950lux. No período da manhã, a maior parte da sala possui iluminação superior a desejada pela NBR 8995-1:2013 (500 luxes), às 8h níveis acima de 1000 lux (cor cinza) contemplam metade da sala. Há uma redução dos níveis de iluminação no período da tarde, sinalizando a necessidade de iluminação artificial conforme a Figura 8.

A sala 02 apresentou níveis luminosos acima do necessário para a realização das tarefas (300lux). Às 8 horas da manhã, próximo às janelas os níveis luminosos são superiores a 1000 lux, ver Figura 9. A mancha cinza (níveis acima de 1000 lux) é ampliada às 10h e às 14h sendo distribuída por toda a sala. No horário das 16h níveis são reduzidos, porém ainda é possível usufruir da luz natural tendo em vista que a iluminância mínima apresentado é de 470 lux. Pode ser percebido que a geometria da sala é um fator importante para o acesso da luz até os pontos mais afastados das fenestraçãoes.

Figura 8. Níveis Luminosos da sala 01 em 23/09/2017

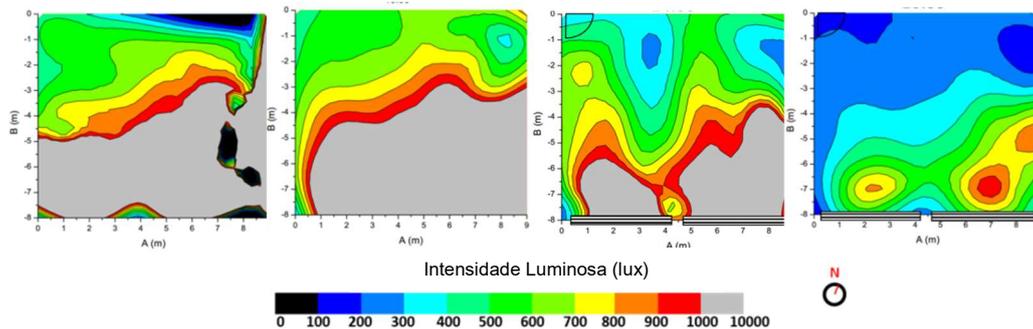
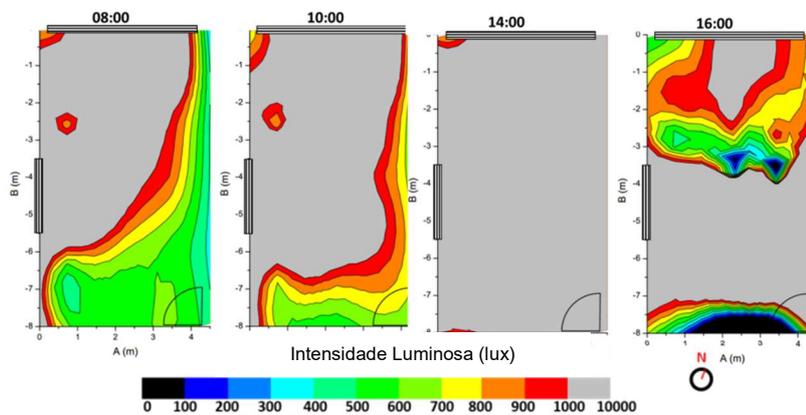


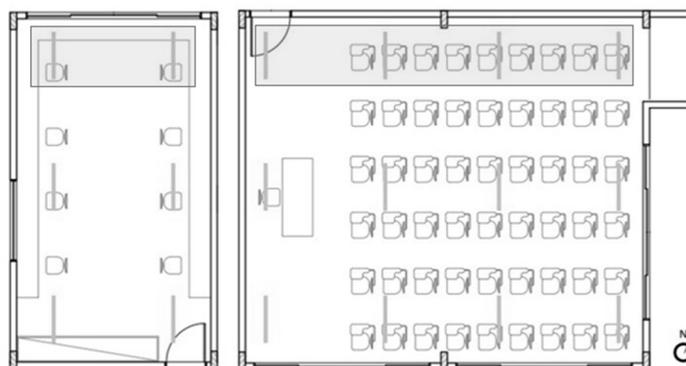
Figura 9. Níveis Luminosos da sala 02 em 23/09/2017



### 3.3 Avaliação Energética

Na Figura 10 podem ser observadas indicações da distribuição dos pontos de iluminação artificial, como indicado abaixo, conforme projeto elétrico da edificação, visita técnica ao local e prática da instituição.

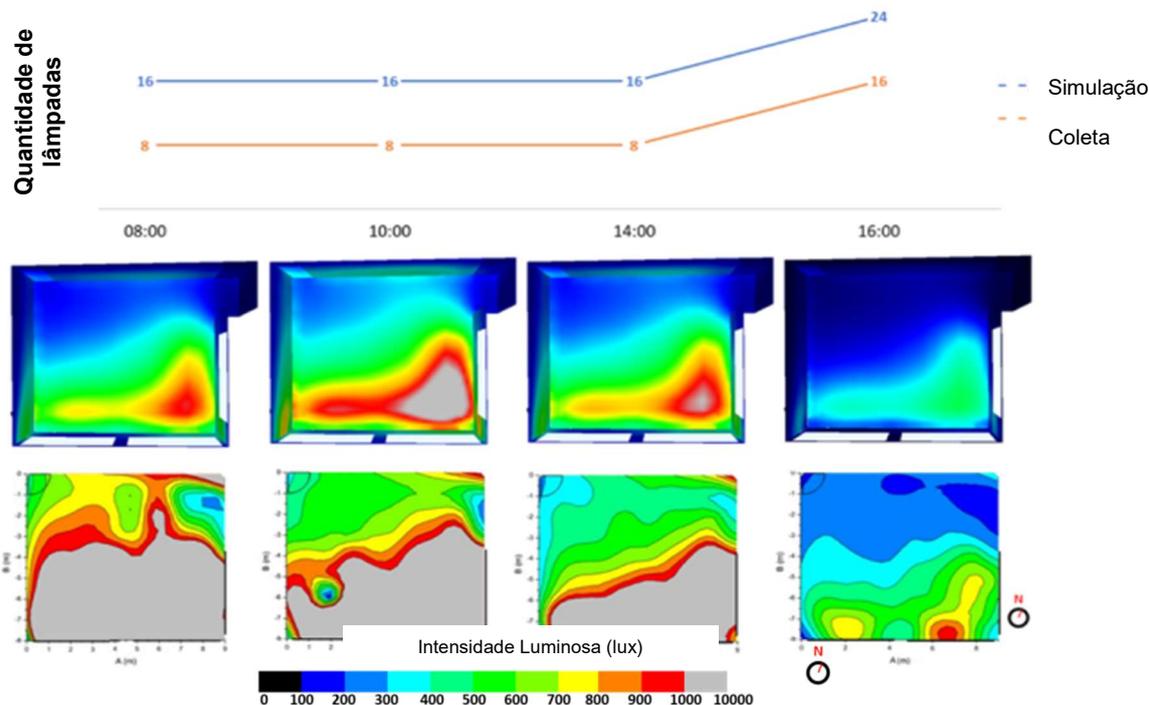
Figura 10. Planta baixa com a distribuição dos pontos de iluminação artificial



A iluminação artificial é acionada por fileiras (sinalizadas na Figura 10) composta por 4 luminárias, cada uma com 2 lâmpadas tubulares. Ao comparar a simulação e a coleta do dia 23 de setembro é constatado que a simulação é mais conservadora, apresentando dados com valores inferiores aos coletados. Vale saliente, que o tipo de céu interfere na disponibilidade de luz natural. Com base nas coletas e nas simulações, foram desenhados esquemas de acionamento de fileiras de lâmpadas nas regiões onde os valores lumínicos foram abaixo do que é exigido em norma. Na Figura 11 pode-se observar a comparação das manchas obtidas via coleta e simulação e um

gráfico linear da quantidade de lâmpadas que devem ser acionadas para alcance dos índices da norma.

**Figura 11.** Quantidade de lâmpadas necessárias para a suprir o déficit de luz natural para sala 01



Para a sala 02 propõe três fileiras com duas luminárias para duas lâmpadas. A quantidade de lâmpadas necessárias para suprir os baixos níveis luminosos é apresentada. Diante das práticas construtivas da instituição, um comparativo de dois cenários foi simulado visando ressaltar o valor do uso de estratégias simples como troca de equipamentos por mais eficientes ou acionamento automático. Conforme prática dentro da instituição, lâmpadas do tipo fluorescente tubular - T8 com potência de 32W foram as utilizadas para configurar o pior cenário. Enquanto, lâmpadas de LED T5 de 25W foram comparadas como sendo um cenário mais eficiente. Ao considerar ambos os tipos e diferentes acionamentos, tem-se uma variação de até 256W quando é usado a lâmpada fluorescente e 200W quando usado lâmpada de LED na sala 01.

Na sala 02 ao considerar que todas as lâmpadas estejam ligadas, o uso de lâmpadas de LED ao invés da lâmpada fluorescente, resultou uma economia de 84W. Visando uma comparação mais clara e a apresentação de um resultado mais palpável, uma comparação monetária foi executada. A tarifa do consumo (R\$/kWh) com os tributos no horário de ponta custa em torno de R\$ 0,50 e em fora ponta R\$ 0,34, aproximadamente, segundo a fatura do mês de setembro de 2017. O horário de ponta em João Pessoa é entre 17:30 à 20:30. Diante dessas informações, o consumo mais elevado é apresentado quando o acionamento é de todas as lâmpadas fluorescente. O cenário mais eficiente está relacionado ao acionamento das fileiras com lâmpadas de LED.

Tratando-se da pegada de carbono, observou-se o significativo potencial para mitigação de mudanças climáticas associadas com a mudança no sistema de iluminação. Houve uma redução de quase 22% na pegada de carbono ao comparar-se o sistema de uso padrão da UFPB e o sistema aqui proposto. Em termos anuais, há emissões evitadas de 210,95 kg CO<sub>2</sub>-eq no prédio quando todo o sistema estiver ligado, que pode significar – 615,73 toneladas de CO<sub>2</sub>-eq emitidas para a atmosfera quando se relaciona apenas o acionamento necessário.

Figura 11. Quantidade de lâmpadas necessárias para suprir o déficit de luz natural para sala 02

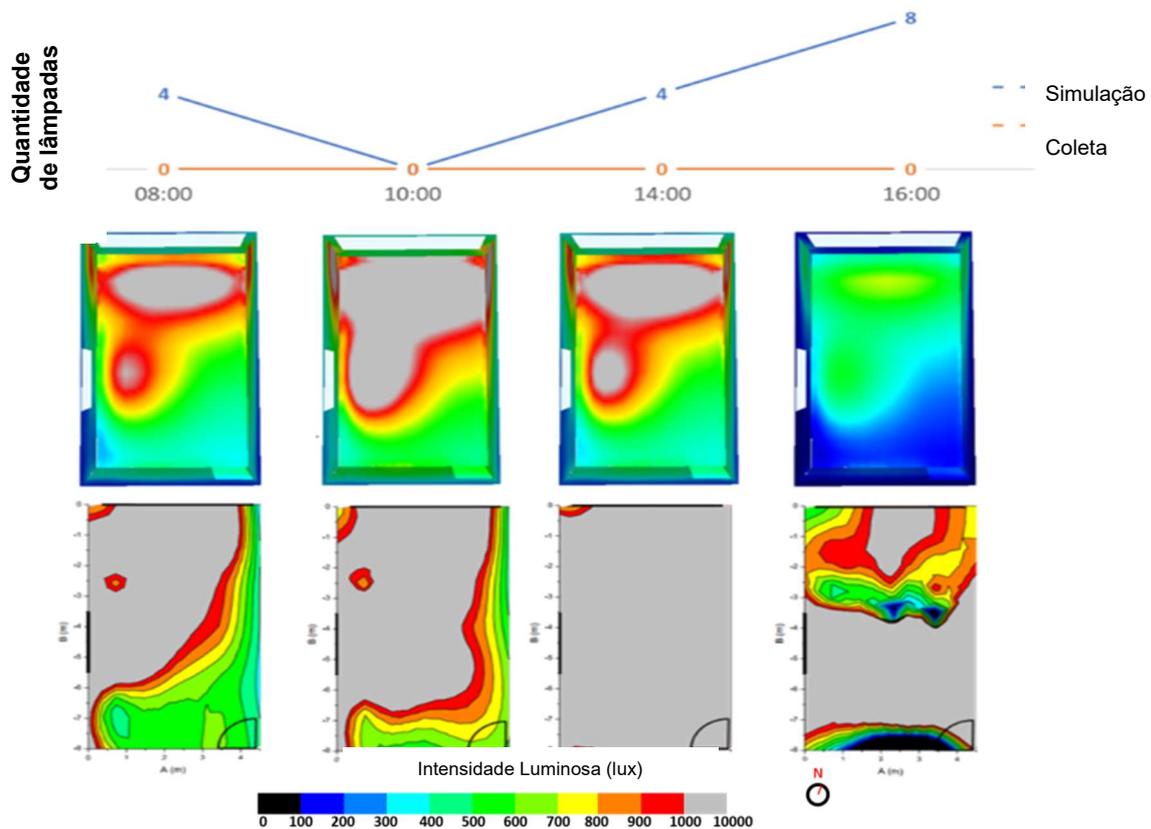


Figura 12. Consumo de Energia ao longo do dia para sala 01

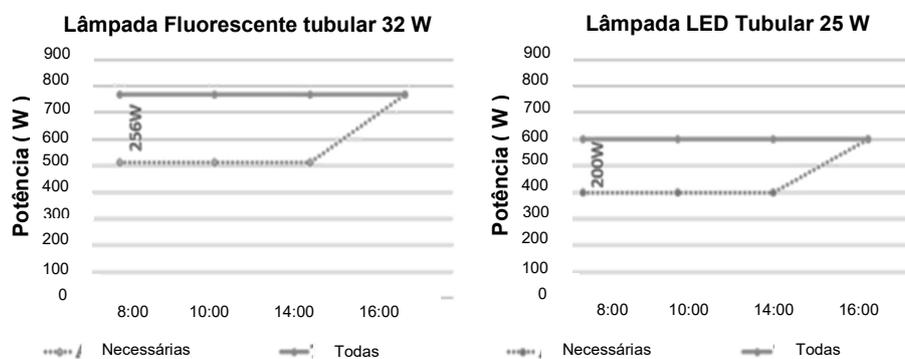
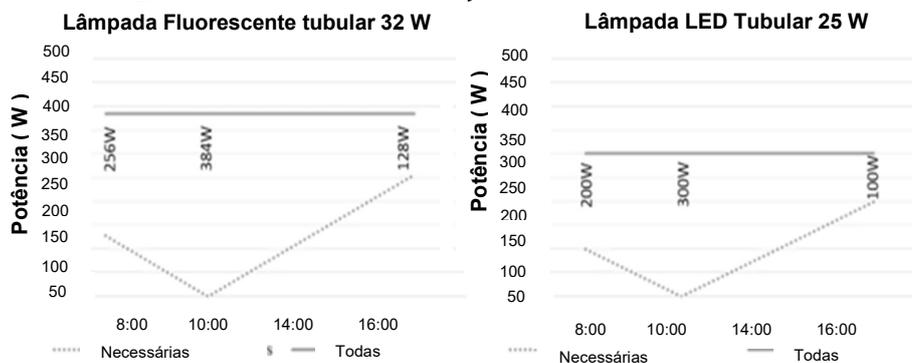


Figura 13. Consumo de Energia ao longo do dia para sala 02



**Tabela 2.** Custos com energéticos

Custo Mensal		Lâmpadas Fluorescente		Lâmpadas LED	
		Necessárias	Todas	Necessárias	Todas
R\$/ sala	Sala 01	44,24	62,52	34,56	48,84
	Sala 02	9,52	31,26	7,44,	24,42
R\$/ prédio	Sala 01	1061,68	1250,30	691,20	976,80
	Sala 02	559,97	1969,23	468,72	1538,46

## 5. CONCLUSÃO

Em posse dos resultados alcançados sobre eficiência energética luminosa e análise do ciclo de vida e pegada de carbono, algumas considerações podem ser feitas:

- O sistema padrão da UFPB apresenta um déficit nos níveis luminosos da luz natural de até 35,5% em relação às normas brasileiras. Constatou-se a necessidade de iluminação artificial complementar os níveis de iluminância para salas, mas com novas formas de acionamento.
- A partir do levantamento do consumo energético do sistema de iluminação artificial foi possível observar que uma economia considerável de 64% quando comparado ao sistema padrão da UFPB com a nova proposta, refletindo em valores financeiros.
- Em relação a análise ambiental, foi observada uma redução de aproximadamente 22% na pegada de carbono quando comparados os sistema de uso padrão da UFPB e o sistema proposto, sendo equivalente à uma redução de emissões de 210,95 kg CO<sub>2</sub>-eq por prédio, resultando – 615,73 toneladas de CO<sub>2</sub>-eq no total;

Tendo em vista que foi apresentado no estudo, o estudo comprova a importância da produção de energias limpas. As estratégias utilizadas devem abarcar o equilíbrio entre o conforto lumínico dos usuários, vida útil dos equipamentos instalados e seus os impactos ambientais em relação ao consumo energético.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS 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 ISO 8995-1: *Iluminação de ambientes de trabalho parte 1: Interior*. Rio de Janeiro, 2013.

BRASIL. Empresa de Pesquisa Energética. Economia e Mercado Energético. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br>>. Acesso em: 11 nov. de 2017.

CATÁLOGO PHILIPS. Disponível em: <[http:// www.lighting.philips.com.br/](http://www.lighting.philips.com.br/)>. Acesso em: 20 nov. de 2017.

DELGADO, D.B.M.; CARVALHO, M. *Potential of photovoltaic solar energy to reduce the carbon footprint of the Brazilian electricity matrix*. Latin American Journal on Life Cycle Assessment, n.1, v.1, 2017.

ECOINVENT. Base de dados. 2015. Disponível em: <[www.ecoinvent.ch](http://www.ecoinvent.ch)> Acesso em 22 nov 2017.

ELETROBRAS. *Avaliação do mercado de eficiência energética no brasil: sumário executivo* - ano base 2005, 2007. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/>>. Acesso em: 19 Fevereiro 2019.

ISO 14040. *Environmental management - Life cycle assessment* - Principles and framework.

International Organization for Standardization (ISO), Geneva, 2006.

GUINÉE JB. *Handbook on life cycle assessment: operational guide to the ISO standards*. Kluwer Academic Publishers, Boston, 2002.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. *Eficiência Energética na Arquitetura*. 3ª. ed. São Paulo: ELETROBRAS/PROCEL, 2014. Acesso em: 28 Janeiro 2019.

MME. *Guia para Eficiência Energética nas Edificações Públicas*, 2015. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br>>. Acesso em: 19 Fevereiro 2019.

TRIGUEIRO, André. *Cidades e Soluções: como construir uma sociedade sustentável*. São Paulo: ed. Leya, 2017.