

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE ENERGIAS ALTERNATIVAS E RENOVÁVEIS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**EDUARDO DO NASCIMENTO NÓBREGA**

**PROJETO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA APLICADO AO SISTEMA DE  
ILUMINAÇÃO DO CCAE – CAMPUS IV – SEDE MAMANGUAPE DA UFPB**

**JOÃO PESSOA - PB  
NOVEMBRO DE 2018**

**EDUARDO DO NASCIMENTO NÓBREGA**

**PROJETO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA APLICADO AO SISTEMA DE  
ILUMINAÇÃO DO CCAE – CAMPUS IV – SEDE MAMANGUAPE DA UFPB**

*Trabalho de Conclusão de Curso submetido à  
Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica da  
Universidade Federal da Paraíba como parte dos  
requisitos necessários para a obtenção do grau de  
Bacharel em Engenharia Elétrica.*

Área de concentração: Sistemas de Energia

Orientador

Professor Dr. Yuri Percy Molina Rodriguez

João Pessoa – PB

Novembro de 2018

**Catálogo na publicação**  
**Seção de Catalogação e Classificação**

N754p Nóbrega, Eduardo do Nascimento.

PROJETO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA APLICADO AO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO DO CCAE - CAMPUS IV - SEDE MAMANGUAPE DA UFPB / Eduardo do Nascimento Nóbrega. - João Pessoa, 2018.

63 f. : il.

Orientação: Yuri Percy Molina Rodriguez.  
Monografia (Graduação) - UFPB/CEAR.

1. Eficiência energética. 2. Iluminação. 3. Custo Benefício. I. Rodriguez, Yuri Percy Molina. II. Título.

UFPB/BC

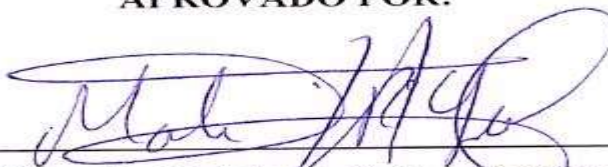
**EDUARDO DO NASCIMENTO NÓBREGA**

**PROJETO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA APLICADO AO SISTEMA DE  
ILUMINAÇÃO DO CCAE – CAMPUS IV – SEDE MAMANGUAPE DA UFPB**

**Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica da Universidade Federal da Paraíba como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.**

**DATA DA APROVAÇÃO: 08/11/2018**

**APROVADO POR:**



Professor Dr. Yuri Percy Molina Rodriguez  
Universidade Federal da Paraíba



Professor Dr. Alexandre César de Castro  
Universidade Federal da Paraíba

---

Professor Dr. Rogério Gaspar de Almeida  
Universidade Federal da Paraíba

João Pessoa – PB  
Novembro 2018

*“... eu não sou dono do mundo,  
mas tenho culpa porque sou filho  
do dono.”*

Petrúcio Amorim

## **AGRADECIMENTOS**

Quero agradecer primeiramente a Deus que sempre iluminou meu caminho e nunca me deixou desistir.

À minha família, em especial aos meus pais, César e Maria das Dores e meus irmãos Henrique e Carlos que sempre depositaram total apoio e confiança aos meus projetos sendo fonte de motivação.

Ao professor Yuri Percy Molina Rodriguez, pela paciência e orientação durante esse período de TCC e aos demais professores que contribuíram de alguma forma para a minha formação não só profissional.

E finalmente, agradecer aos amigos que fiz durante essa longa caminhada, em especial a Jefferson, Milton, Ulysses, Klebber, Neto, André, Elmo, Valter, Ronaldo, Gilvan, Dalison, Ramilo, Diogo, Diego, Aline, Rivaildo, Suellen, Fernando, Regina, Alan, pela amizade e companheirismo.

## RESUMO

O seguinte trabalho apresenta as etapas necessárias de um projeto de eficiência energética, visando levar o sistema de iluminação da UFPB – Campus IV – Sede Mamanguape a participar do programa de eficiência da concessionária de energia local.

O trabalho é baseado no atendimento da norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1, que visa o atendimento dos níveis de iluminância que os ambientes de trabalhos exigem, mas com o objetivo de propiciar ao sistema de iluminação uma economia de energia sem perder a qualidade da iluminação. Para isso é proposto à substituição das lâmpadas fluorescentes tubulares por lâmpadas de LED de mesmo formato. Para o atendimento da norma, o sistema é simulado no *software* Dialux para a obtenção da iluminância média dos ambientes alvo.

A fim de atender os requisitos do programa de eficiência da concessionária local é apresentada uma avaliação da economia energética e de demanda, assim como também é apresentadas uma análise de custo benefício.

**Palavras-Chaves:** Eficiência energética, Iluminação, Custo Benefício.

## **ABSTRACT**

The following work presents the necessary steps of an energy efficiency project, aiming to take the lighting system of the UFPB - Campus IV - Mamanguape Headquarters to participate in the efficiency program of the local energy concessionaire.

The work is based on the compliance with the ISO / IEC 8995-1 ISO / IEC 8995-1 standard, which aims at meeting the levels of illuminance that work environments require, but with the aim of giving the lighting system an energy saving without losing the quality of the lighting. It is proposed to replace the fluorescent tubes with LED lamps of the same format. In order to comply with the standard the system is simulated in the software Dialux, to obtain the average illuminance of the target environments.

In order to meet the requirements of the local utility's efficiency program, an evaluation of the energy and demand economy is presented, as well as a cost benefit analysis.

**Keywords:** Energy Efficiency, Lighting, Cost Benefit.



## LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS

AEE	Ação de Eficiência Energética
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
FCP	Fator de Coincidência de Ponta
IRC	Índice de Reprodução de Cor
LED	Diodo Emissor de Luz
MME	Ministério de Minas e Energia
PIMVP	Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance
PEE	Programa de Eficiência Energética
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento no setor elétrico
RCB	Relação Custo Benefício

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Situação atual - bloco A.....	28
Figura 2 - Situação atual - bloco B.....	29
Figura 3 - Situação atual - Bloco C.....	30
Figura 4 - Situação atual - bloco D.....	31
Figura 5 - Situação atual - bloco D.....	31
Figura 6 - Situação atual - bloco E.....	33
Figura 7 - Situação atual - bloco F.....	34
Figura 8 - Situação atual- bloco G.....	35
Figura 9 - Luxímetro digital MLM – 1011.....	36
Figura 10 - Projeto luminotécnico bloco A,B e C - Distribuição das luminárias.....	39
Figura 11 - Projeto luminotécnico Bloco A, B e C - Curvas de nível da distribuição da iluminância.....	39
Figura 12- Projeto luminotécnico bloco D – Tipo I -Distribuição das luminárias.....	41
Figura 13 - Projeto luminotécnico Bloco D –Tipo I - Curvas de nível da distribuição da iluminância.....	41
Figura 14 - Projeto luminotécnico bloco D – Tipo II -Distribuição das luminárias.....	42
Figura 15 - Projeto luminotécnico Bloco D – Tipo II - Curvas de nível da distribuição da iluminância.....	42
Figura 16 - Projeto luminotécnico bloco E - Distribuição das luminárias.....	44
Figura 17 - Projeto luminotécnico Bloco E - Curvas de nível da distribuição da iluminância	44
Figura 18 - Projeto luminotécnico bloco F- Distribuição das luminárias.....	46
Figura 19 - Projeto luminotécnico Bloco F - Curvas de nível da distribuição da iluminância	46
Figura 20- Projeto luminotécnico bloco G - Distribuição das luminárias.....	48
Figura 21 - Projeto luminotécnico Bloco G - Curvas de nível da distribuição da iluminância	48

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultados obtidos através do PEE .....	16
Tabela 2 - Consumo dos Reatores .....	24
Tabela 3 - Eficiência Luminosa.....	25
Tabela 4 - Índice de reprodução de cor .....	26
Tabela 5 - Vida útil.....	26
Tabela 6 - Iluminância média definido pela norma levando em consideração ao ambiente, tarefa e atividade.....	27
Tabela 7 - Sistema de iluminação bloco A .....	29
Tabela 8 - Sistema de iluminação bloco B .....	29
Tabela 9 - Sistema de iluminação bloco C .....	30
Tabela 10 - Sistema de iluminação bloco D .....	32
Tabela 11 - Sistema de iluminação bloco E .....	34
Tabela 12 - Sistema de iluminação bloco F.....	34
Tabela 13 - Sistema de iluminação bloco G .....	35
Tabela 14 - Medições de iluminância.....	36
Tabela 15 - Especificação técnicas da lâmpada escolhida para o projeto .....	38
Tabela 16 - Bloco A,B e C - Comparativo entre os sistemas atual e proposto .....	40
Tabela 17 - Bloco D - Comparativo entre os sistemas atual e proposto.....	43
Tabela 18 - Bloco E - Comparativo entre os sistemas atual e proposto .....	45
Tabela 19 - Bloco F - Comparativo entre os sistemas atual e proposto .....	47
Tabela 20 - Bloco G - Comparativo entre os sistemas atual e proposto.....	49
Tabela 21 - Comparativo entre total os sistemas atual e proposto .....	49
Tabela 22 - Energia consumida e demanda média do sistema atual e proposto.....	51
Tabela 23 - Comparativo entre os dois sistemas .....	51
Tabela 24 – Parâmetros para o custos da RCB.....	52
Tabela 25- Resultados da análise de custos .....	53

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
1.1	Evolução da eficiência energética no setor elétrico brasileiro.....	14
1.2	Programa de eficiência energética .....	15
1.3	Objetivos.....	16
1.3.1	Objetivos específicos.....	17
1.4	Organização do trabalho .....	17
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA PARA PROJETOS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO.....	18
2.1	Introdução .....	18
2.2	Etapas de um projeto de eficiência energética.....	18
2.2.1	Diagnóstico energético da instalação .....	19
2.2.2	Consumo, demanda e tarifação.....	19
2.2.3	Avaliação “ex ante” de M&V.....	20
2.2.4	Análise de viabilidade .....	21
2.3	Estudo dos equipamentos.....	23
2.3.1	Lâmpadas fluorescentes tubulares .....	23
2.3.2	Lâmpadas tubulares de LED.....	24
2.3.3	Vantagens das lâmpadas de LED sobre as fluorescentes .....	25
2.4	Grandezas e unidades utilizadas na iluminação.....	26
2.4.1	Fluxo luminoso .....	26
2.4.2	Iluminância .....	27
2.4.3	Iluminação de interiores .....	27
3	OBJETO DE ESTUDO .....	28
3.1	Levantamento da carga de iluminação interna.....	28
3.2	Medição da iluminância.....	35
3.3	Projeto luminotécnico .....	37

3.3.1	Projeto luminotécnico dos blocos A,B e C.....	38
3.3.2	Projeto luminotécnico do bloco D.....	40
3.3.3	Projeto luminotécnico do bloco E.....	43
3.3.4	Projeto luminotécnico do bloco F.....	45
3.3.5	Projeto luminotécnico do bloco G.....	47
3.4	Composição do sistema atual e proposto.....	49
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	50
4.1	Avaliação “ex ante”.....	50
4.2	Relação custo benefício.....	52
5	CONCLUSÕES.....	54
6	REFERÊNCIAS.....	55
	ANEXO A.....	59
	ANEXO B.....	60
	ANEXO C.....	62
	ANEXO D.....	63
	ANEXO E.....	64

# 1 INTRODUÇÃO

Desde o surgimento da humanidade as necessidades das diversas formas de energia estão sempre em evolução. A utilização da energia térmica foi à primeira forma de energia a ser utilizada para iluminação, segurança e aquecimento utilizando o fogo. Com o aumento da população e surgimento de novas necessidades foi então necessária à utilização de outras formas de energia como a energia mecânica na utilização da tração animal, a energia eólica na utilização de barcos e moinhos, a energia hídrica com as rodas d'água entre outras formas de utilização primitivas de energia.

No final século XVII com a primeira revolução industrial surgiram às máquinas a vapor e a combustões.

Nos últimos anos do século XVIII tem-se a era da informação e com ela surge à energia elétrica. Com a evolução científica, foi possível então transformar a energia elétrica em outras formas de energia necessária para a humanidade como, por exemplo, o calor, iluminação, energia mecânica.

O Brasil teve seu primeiro sistema de iluminação elétrico introduzido por Thomaz Edison em 1879, na Monarquia de Dom Pedro II [1].

Com a crescente necessidade do uso de energia elétrica e o aumento das preocupações com o meio ambiente, se fez necessário a busca por novas fontes de energia que fossem menos nocivas ao meio ambiente e também surge a necessidade de um uso mais racional e eficiente da energia.

## 1.1 Evolução da eficiência energética no setor elétrico brasileiro

A eficiência energética aplicada ao setor elétrico tem por objetivo a utilização da energia elétrica de maneira eficiente a fim de diminuir a quantidade de energia utilizada para a obtenção de mesmo produto, ou seja, tem o objetivo de obter o mesmo serviço com um menor consumo energético [2].

O Brasil desperdiçou 143.647 GWh de energia elétrica entre 2013 e 2016 com instalações elétricas inadequadas ou mal executadas. Esse desperdício representa mais de 61 bilhões de reais e essa quantidade energia desperdiçada foi maior que a produção de energia de ITAIPU em 2016 [3]. Mas a preocupação do governo brasileiro com a eficiência energética como consequência a redução do consumo, não é recente. A primeira medida legal tomada nesta direção foi o horário de verão com o decreto nº 20.466 de 01 de outubro de 1931, que

tem como objetivo o maior aproveitamento da luz natural diminuindo o consumo da energia elétrica no uso de iluminação artificial [4], [5].

Com o aumento da necessidade energética e regulamentação foi criada a ANEEL, que tem por objetivo de regular o setor elétrico brasileiro instituída pela lei nº 9.427, de vinte e seis de dezembro de 1996, regulamentado pelo decreto nº 2.335, de seis de outubro de 1997 que tem como autarquia e regime especial vinculada ao MME. Cabe a ANEEL incentivar o combate ao desperdício em todos os setores desde a geração até o consumo final [4], [6], [7].

Como medida de incentivar medidas em busca da eficiência energética em 24 de julho de 1998, a agência editou a resolução nº 242, fazendo com que as concessionárias públicas sejam obrigadas a usarem 1% da receita operacional do ano anterior em ações de eficiência energética. Com a resolução nº 261, de 03 de setembro de 1999 a ANEEL regulamentou a obrigatoriedade de aplicação do recurso para o biênio 1999/2000 não só em ações de eficiência energética como também o uso do recurso para a pesquisa e desenvolvimento tecnológico do setor elétrico [2], [8], [9]. Desde então o PEE vem sofrendo modificações e atualizações a fim de melhorar a eficácia dos projetos e resultados.

Com a crise hídrica de 2000, conseqüentemente, uma crise energética levou a implantação de ações que buscassem ainda mais consumo consciente da energia. Em 24 de julho de 2000 com a lei nº 9.991 regulamenta-se a realização de investimentos em P&D e no PEE, onde obriga as empresas concessionárias e permissionárias a investir 0,75% da sua receita operacional líquida em pesquisa e desenvolvimento de ações no setor e 0,25% em programas de eficiência energética [4], [10].

A lei nº 13.203 promulgada em 08 de janeiro de 2015 redefiniu os valores de investimento em P&D e PEE, definindo que até 31 de dezembro de 2022 os percentuais mínimos de investimento em pesquisa e desenvolvimentos de programas de eficiências energéticas devem ser divididos de formas iguais, ou seja, 0,5% para cada área [11], [12].

## **1.2 Programa de eficiência energética**

O PEE tem por objetivo estimular o uso eficiente de energia elétrica em todos os setores envolvidos nas várias etapas da produção, distribuição e consumo da energia através de projetos que comprovem a viabilidade econômica através de melhoria da eficiência dos equipamentos, processamento e uso final da energia [7].

Apesar de passar por diversas modificações o PEE continua com o mesmo objetivo, promover o uso eficiente de energia elétrica, sendo essa eficiência buscada através de projetos que ofereçam também viabilidade econômica.

A Tabela 1 apresenta os resultados alcançados ao longo dos anos pelo PEE, com os valores investidos, a energia economizada e demanda evitada na ponta.

Tabela 1 - Resultados obtidos através do PEE

<b>Período</b>	<b>Projetos</b>	<b>Investimentos</b>	<b>Energia Economizada</b>	<b>Demanda evitada na ponta</b>
1998 a 2007	3219	R\$ 1,9 bilhões	5,6 TWh/ano	1,69 GW
2008 a 2015	1570	R\$ 4,5 bilhões	4,09 TWh/ano	1,31 GW

Fonte : [13]

Os projetos que podem participar do PEE das concessionárias são divididos de acordo com a topologia do consumidor. Sendo eles divididos da seguinte forma: industrial, comércio e serviços, rural, residencial, baixa renda, gestão energética municipal, educacional, iluminação pública, poder público e serviços públicos [14].

Os projetos aprovados dos tipos de consumidores de poder público e serviços públicos os custos dos projetos, no qual se encontra a instituição a execução e demais custos são custeados em sua totalidade através do PEE, ou seja, os órgãos que tiverem os projetos aprovados terão toda a execução realizada com recursos da concessionária local de energia, de acordo com a Lei 9.991.

Desta forma este trabalho apresenta uma forma para que a UFPB Campus IV- Sede Mamanguape tenha um sistema eficiente de consumo de energia em relação ao sistema atual, que é o objetivo deste trabalho.

### **1.3 Objetivos**

Apresentar e desenvolver o projeto de eficiência energética para o sistema de iluminação dos ambientes internos da UFPB Campus IV – Sede Mamanguape, para que a UFPB possa utilizar este trabalho como base para participar da chamada pública do PEE da concessionária local. Para a efficientização do sistema de iluminação será proposto uma forma mais eficiente e adequado a cada ambiente, levando em consideração a norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1, que especifica os requisitos de iluminação para locais de trabalhos internos e



os requisitos para que as pessoas possam desempenhar as tarefas visuais com conforto, segurança durante o período de utilização do ambiente.

### **1.3.1 Objetivos específicos**

Os objetivos específicos deste trabalho de conclusão de curso são:

- I) Apresentar a economia de energia e redução da demanda que serão resultados da AEE;
- II) Calcular percentual de economia do consumo de energia elétrica em relação ao sistema atual;
- III) Realizar a avaliação *ex ante* preliminar;
- IV) Realização do projeto luminotécnico utilizando o *software* Dialux Evo, fazendo a simulação para a adequação da iluminação seguindo a norma vigente ABNT NBR ISO/CIE 8995-1;
- V) Avaliar a relação custo benefício.

### **1.4 Organização do trabalho**

O trabalho organiza-se em 4 capítulos, que são descritos a seguir:

- No capítulo 2, será apresentada a fundamentação teórica que serviu como base para todo o trabalho;
- O capítulo 3 apresenta os objetos de estudo utilizados para a obtenção dos dados;
- No capítulo 4 são mostrados os resultados obtidos e as discussões;
- Por fim o capítulo 5 apresenta as conclusões dos resultados obtidos.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA PARA PROJETOS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO**

Neste capítulo será apresentada a fundamentação teórica fundamental para o desenvolvimento do trabalho.

### **2.1 Introdução**

Os sistemas de iluminação devem atender a norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1 para que as atividades realizadas no ambiente sejam executadas de forma confortáveis para o usuários. No entanto a busca por um sistema mais eficiente passa por uma forma que o ambiente atenda a norma estabelecida, mas também tenha o consumo reduzido.

Neste conceito surgem as lâmpadas tubulares LED como via que apresenta maior eficiência energética para os sistemas de iluminação que, em geral, utilizam lâmpadas tubulares fluorescentes.

Mas para um projeto de eficiência energética na iluminação não é necessário apenas a substituição das lâmpadas fluorescente por lâmpadas de LED. Um projeto eficiente de iluminação deve buscar também sempre que possível uma melhora, de acordo com as seguintes recomendações [15]:

- Nível de iluminamento do ambiente;
- Cores do ambiente;
- Aproveitamento da iluminação natural sempre que possível;
- Uso de lâmpadas eficientes, mas que atenda as características que cumpram as normas;
- Avaliação das necessidades de melhorar a disposição física das luminárias;
- Menor manutenção.

### **2.2 Etapas de um projeto de eficiência energética**

Neste ponto será apresentada de maneira sucinta cada etapa dos projetos de eficiência energética, que serão necessárias para alcançar o objetivo específico do trabalho, essas etapas são baseadas no manual para elaboração do programa de eficiência energética.

### **2.2.1 Diagnóstico energético da instalação**

O diagnóstico energético é definido como sendo a avaliação detalhada da instalação a fim de observar as possibilidades de eficiência energética, fornecendo um relatório que contém a descrição detalhada de cada AEE e sua implantação, bem como o valor do investimento para execução dessas ações, a economia de energia e a redução da demanda no horário de ponta, análise da viabilidade e estratégia de medição e verificação dos resultados [14].

Para concluir que medidas devem ser tomadas e implantadas, é necessário o conhecimento da realidade energética, para então definir as prioridades, implantar o projeto e observar os resultados obtidos no processo.

Então de forma simples um projeto de eficiência energético pode ser minimamente definido em quatro etapas.

- 1) Identificar;
- 2) Quantificar;
- 3) Modificar;
- 4) Verificar e acompanhar.

### **2.2.2 Consumo, demanda e tarifação**

A interpretação correta do consumo, demanda e tarifação são parte crucial do projeto, pois a partir deles é que se é possível mensurar a economia de energia e econômica que o projeto pode alcançar.

O consumo de energia elétrica é definido como sendo o uso de potência ativa durante um intervalo de tempo e usualmente a sua unidade é o kWh, também sendo definido como a energia elétrica que é convertida em outras formas de energia. A demanda é definida como sendo a quantidade de energia elétrica média solicitada ao sistema elétrico no intervalo de tempo especificado no consumo, sendo sua unidade o kW ou o kVar [4].

A tarifação é o conjunto de tarifas aplicáveis aos tipos de consumidores e demanda de potência. Sendo dividida em grupos e subgrupos, levando em consideração a tensão de fornecimento e tipo de consumidores. Sendo dividida em três tipos a convencional, a verde e a azul [16].

### 2.2.3 Avaliação “ex ante” de M&V

Nesta etapa do projeto a economia de energia é prevista, no ambiente que é objetivo do trabalho o consumo da iluminação é constante, pois funciona em horários fixos a economia de energia é determinada apenas pela subtração da energia consumida antes da implantação da AEE pelo consumo da energia depois.

Tendo em vista que a previsão da energia consumida após a AEE deve ser dimensionada levando em consideração também a redução da demanda no horário de ponta, ou seja, determinar a potência total do novo sistema e como ele irá funcionar. A forma como ele irá funcionar nos sistema de iluminação é apenas o horário de funcionamento do sistema, ou seja, a quantidade de horas que o sistema que receberá o AEE funciona durante um ano, sendo dividido em funcionamento dentro e fora do horário de ponta [17].

Para definir o horário em que o sistema está dentro ou fora do horário de ponta é necessário o cálculo do fator de coincidência na ponta (FCP).

O FCP calcula a razão entre as horas que o sistema alvo do AEE é utilizado durante o ano e o número máximo de horas que o sistema é utilizado no horário de ponta. Este fator é um parâmetro aplicado no cálculo da potência média na ponta, que é utilizado no cálculo de redução de demanda no horário de ponta [16]. Isso quer dizer que o FCP é a razão entre a demanda e a potência instalada. O FCP sempre deve ser menor que 1 e o seu valor é sempre utilizado no uso final da energia elétrica.

$$FCP = \frac{nhp.nd.nm}{765} \quad (1)$$

Sendo:

- nhp: número de horas que o sistema funciona no horário de ponta.
- nd: número de dias uteis que o sistema é utilizado (segundo o PEE da concessionária local se considera 22 dias uteis mensais).
- nm: número de meses durante um ano em que o sistema é utilizado.

Definido esses parâmetros, ou seja, como e por quanto tempo o sistema funciona, é definido as reduções no consumo e demanda de energia da instalação. As reduções são divididas em duas classes distintas, no horário de ponta ou fora da ponta, tal divisão se faz

necessário devido ao sistema de tarifação diferenciado no qual se enquadra o sistema nos horários.

As reduções serão calculadas fazendo a subtração da energia consumida no sistema atual menos a energia que será consumida no novo sistema, nos dois modos de tarifação.

$$EE_{\text{Fora da Ponta}} = E_{\text{Fora da Ponta\_Atual}} - E_{\text{Fora da Ponta\_Proposto}} \quad (2)$$

$$EE_{\text{Ponta}} = E_{\text{Ponta\_Atual}} - E_{\text{Ponta\_Proposto}} \quad (3)$$

Sendo:

- $EE_{\text{Fora da Ponta}}$  : energia economizada fora da ponta;
- $EE_{\text{Ponta}}$  : energia economizada na ponta;
- $E_{\text{Fora da Ponta\_Atual}}$ : energia consumida fora da ponta atualmente;
- $E_{\text{Fora da Ponta\_Proposto}}$ : energia consumida fora da ponta proposta;
- $E_{\text{Ponta\_Atual}}$ : energia consumida na ponta atualmente;
- $E_{\text{Ponta\_Proposto}}$ : energia consumida na ponta proposta.

Logo a redução de demanda (RD) é definida pela redução de potência demandada entre os dois sistemas, ou seja, a diferença da potência demandada pela iluminação dos blocos atualmente menos a demanda da iluminação dos blocos no sistema proposto.

$$RD = D_{\text{Atual}} - D_{\text{Proposto}} \quad (4)$$

Onde:

- RD : redução de demanda;
- $D_{\text{Atual}}$ :demanda atual;
- $D_{\text{Proposto}}$  : demanda proposta.

#### 2.2.4 Análise de viabilidade

A análise de viabilidade, nada mais é do que a relação custo benefício, ou seja, é a avaliação se o projeto economicamente é viável para os interessados.

A relação custo benefício (RCB) viável para os projetos de eficiência energética deve ser menor que 0,8 e a forma de calcular definido pela ANEEL é mostrado a seguir.

$$RCB = \frac{CA_T}{BA_T} \quad (5)$$

Onde:

- $CA_T$ : custos anualizados totais;
- $BA_T$ : benefícios anualizados.

Os custos anualizados ( $CA_T$ ) são calculados como sendo:

$$CA_T = \sum CA_n \quad (6)$$

Onde:

- $CA_n$ : custo anualizado de cada equipamento incluindo custos relacionados (mão de obra).

O  $CA_n$  é definido como:

$$CA_n = CE_n \cdot \frac{CT}{CE_T} \cdot FRC \quad (7)$$

Onde :

- $CE_n$ : custo de cada equipamento;
- $CT$  : custo total;
- $CE_T$ : custo total em equipamentos;
- $FRC$ : fator de recuperação de capital.

O  $FRC$  é obtido levando em consideração o juros e a vida útil do equipamento, da seguinte forma.

$$FRC = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (8)$$

Onde:

- $i$ : taxa de juros;
- $n$ : vida útil (em anos).

Os benefícios anualizados são os benefícios que irão oferecer ao consumidor final o projeto que são as economias de energia e demanda evitada, sendo obtidos da forma a seguir:

$$BA_T = (EE \cdot CEE) + (RDP \cdot CED) \quad (9)$$

Onde:

- EE: energia economizada (MWh/ano);
- CEE: custo evitado de energia (R\$/MWh);
- RDP: redução de demanda na ponta (kW);
- CED: custo evitado de demanda (R\$/KW.ano).

## 2.3 Estudo dos equipamentos

Nos sistemas de iluminação no Campus IV da UFPB – sede Mamanguape, são utilizadas lâmpadas fluorescente tubulares, como visto, as lâmpadas em LED são a forma mais eficiente. Nos pontos a seguir será apresentada as características das lâmpadas fluorescente e das lâmpadas LED e um demonstrativo do por que as LED são mais eficientes.

### 2.3.1 Lâmpadas fluorescentes tubulares

Neste tipo de lâmpada a luz é produzida através da corrente elétrica que faz com que os elétrons se choquem com os átomos de mercúrio. Devido ao choque a energia é transferida aos elétrons dos átomos de mercúrio fazendo-os passarem para uma órbita superior em torno do átomo. Quando estes elétrons retornam a sua posição original, liberam radiação ultravioleta (253,7nm) que são transformadas em luz visível pela camada fluorescente que recobre internamente o bulbo [15].

Para a produção desta reação e, conseqüentemente, a produção da luz, é necessário um equipamento. Este equipamento é denominado reator. Existem três tipos de reatores, os eletromecânicos, os de partida rápida e o eletrônico que, atualmente, é o mais utilizado. Para o seu funcionamento esses reatores eletrônicos possuem perdas, o que faz com que o sistema de iluminação que utiliza lâmpadas fluorescente tubular tenha a eficiência reduzida. Na Tabela 2 mostra o consumo dos reatores levando em consideração a potência da lâmpada.

Tabela 2 - Consumo dos Reatores

<b>Quantidade</b>	<b>Potência da Lâmpada (W)</b>	<b>Consumo do Reator (W)</b>
1	16	5 a 8
2	16	7 a 10
1	32	5 a 8
2	32	7 a 10
1	40	5 a 8
2	40	7 a 10

Fonte: [4]

### 2.3.2 Lâmpadas tubulares de LED

Nas lâmpadas tubulares de LED o sistema que produz a luz são os Diodos Emissores de Luz, daí o nome LED, são dispositivos semicondutores que permitem o fluxo de corrente elétrica apenas em um sentido, esta polarização direta resulta na emissão de luz [18].

O LED é composto por dois materiais diferentes que formam uma junção P-N. Nesta junção o “lado” P tem um número reduzido de elétrons, já o “lado” N possui excesso de elétrons. Na polarização direta os elétrons se movimentam, gerando a emissão de fótons, consequentemente gerando luz [11].

O tipo de luz que o LED produz são monocromáticas e o comprimento de onda está diretamente relacionado com o material utilizado no semicondutor. A luz branca que é a principal luz utilizada nos sistemas de iluminação, não é obtida diretamente, sendo necessária uma adequação, existem três maneiras [15], [18], [19]:

- Aplicar camada de fósforo no LED azul para que quando a luz atravessar a camada de fosforo se torna em amarela, juntando-se ao que permaneceu azul, e resultando na luz branca;
- Mistura três fontes monocromáticas (vermelha, azul e amarelo), que reproduz uma luz branca através da combinação de cores no olho humano;
- Utilizar LED ultravioleta excitando uma combinação química de fósforos vermelhos, verdes e azuis.



As lâmpadas LED não podem ser ligadas diretamente a rede elétrica por não terem tensão e correntes compatíveis, sendo necessário a conexão de drivers. Estes dispositivos controlam as tensões e correntes necessárias para o acionamento das lâmpadas [20]. Nas lâmpadas tubulares de LED os drives já estão acoplados internamente na lâmpada não sendo necessário um equipamento extra como no caso das fluorescentes tubulares que necessitam de reatores.

### 2.3.3 Vantagens das lâmpadas de LED sobre as fluorescentes

#### 2.3.3.1 Eficiência luminosa

Eficiência luminosa é fluxo luminoso total emitido pela fonte de luz em lúmens [lm] e razão da potência consumida [W] pela fonte luminosa e é dada por lúmens por watt [lm/W] [19]. Nas lâmpadas em LED a eficiência é maior em comparação as fluorescentes, como mostra a Tabela 3.

Tabela 3 - Eficiência Luminosa

Fonte de Luz	Eficiência Luminosa (lm/W)
Fluorescente	50 - 100
LED	70- 130

Fonte: Adaptado [21]

#### 2.3.3.2 Índice de reprodução de cor

O índice de reprodução de cor é definido como sendo a medida de correspondência entre a cor real de um objeto e sua cor reproduzida na incidência da luz, esse índice varia de 0 a 100%, que indica como o olho humano percebe as cores com maior ou menor fidelidade, ou seja, lâmpadas que possuem IRC próximo de 100 reproduzem as cores de maneira fiel [19], [21]. Como mostra a Tabela 4, o índice de reprodução de cor das lâmpadas de LED são maiores que as lâmpadas fluorescentes.

Tabela 4 - Índice de reprodução de cor

<b>Fonte de Luz</b>	<b>IRC(%)</b>
Fluorescente	80
LED	70- 90

Fonte: Adaptado [18]

### 2.3.3.3 Vida útil

A vida útil de uma fonte de iluminação pode ser definida como sendo o número de horas que uma fonte operou até que a sua luminosidade seja reduzida a 70% do valor do catálogo [21]. Como mostra a Tabela 5 a vida útil das lâmpadas LED supera as lâmpadas fluorescentes.

Tabela 5 - Vida útil

<b>Fonte de Luz</b>	<b>Vida útil ( horas)</b>
Fluorescente	6000 - 8000
LED	20000 - 32000

Fonte: Adaptado [21]

## 2.4 Grandezas e unidades utilizadas na iluminação

Neste ponto se faz necessário uma rápida explanação sobre algumas definições usadas no decorrer do texto.

### 2.4.1 Fluxo luminoso

O fluxo luminoso é a quantidade de luz que uma fonte luminosa produz em todas as direções e que produz uma sensação luminosa e adequada ao ser humano, que tem como unidade o lúmen lm [4], [15], [19].

## 2.4.2 Iluminância

Dado como sendo o fluxo luminoso que incide na direção perpendicular de maneira uniforme em uma área de  $1\text{m}^2$ , sua unidade é o lux [15], [22].

## 2.4.3 Iluminação de interiores

Uma iluminação de qualidade em ambiente fechados é definido como sendo uma iluminação que proporciona um ambiente que as pessoas possam se locomover e realizar as tarefas de forma eficaz, precisa, segura e que evite a fadiga visual e o desconforto [15], [22].

Um projeto de iluminação de ambientes internos que atenda as necessidades no uso é regido por uma norma regulamenta que define os níveis de iluminância média que cada ambiente deve atingir para a atividade que lhe compete. Essa norma é a ABNT NBR ISO/CIE 8995-1, que define os requisitos de iluminação para os locais de trabalho, como mostrado na Tabela 6.

Tabela 6 - Iluminância média definido pela norma levando em consideração ao ambiente, tarefa e atividade.

<b>Tipo de Ambiente, tarefa ou atividade</b>	<b>Iluminância média (lux)</b>
Salas de aula	300
Salas de aulas noturnas	500
Sala de leitura	500
Salas de ensino de computador	500
Salas de professores	300
Salas de aplicação e laboratórios	500
Restaurante	200
Salas de reunião	200

Fonte: Adaptado [22]

Tomando como referência o estudo realizado e seguindo a norma vigente nas próximas etapas do trabalho, será realizado o projeto luminotécnico dos ambientes internos do Campus IV da UFPB – Sede Mamanguape, buscando o nível de iluminância média exigido pela norma de forma eficiente.

### 3 OBJETO DE ESTUDO

Para a elaboração do projeto a primeira etapa foi o levantamento dos dados necessários, ou seja, foi realizada uma visita ao campus a fim de obter as informações para a elaboração do diagnóstico energético e medição da iluminância dos blocos. Após esta etapa foi elaborado o projeto luminotécnico dos blocos utilizando o *software* Dialux. Então foi observada a redução do consumo e demanda, tomando como referência o PIMVP e por fim a análise econômica.

#### 3.1 Levantamento da carga de iluminação interna

Esta etapa é necessária para observar como está a iluminação dos ambientes e com isto prever o consumo da mesma. As tabelas 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 e 14 mostram o levantamento do sistema de iluminação de cada bloco separadamente, levando em consideração a potência das lâmpadas, que são todas fluorescente tubular, as perdas nos reatores e a potência consumida por cada bloco. A potência consumida em cada bloco é a soma das potências de cada ambiente, onde cada ambiente tem sua potência calculada somando a potência das lâmpadas com a potência dos reatores.

Figura 1 - Situação atual - bloco A

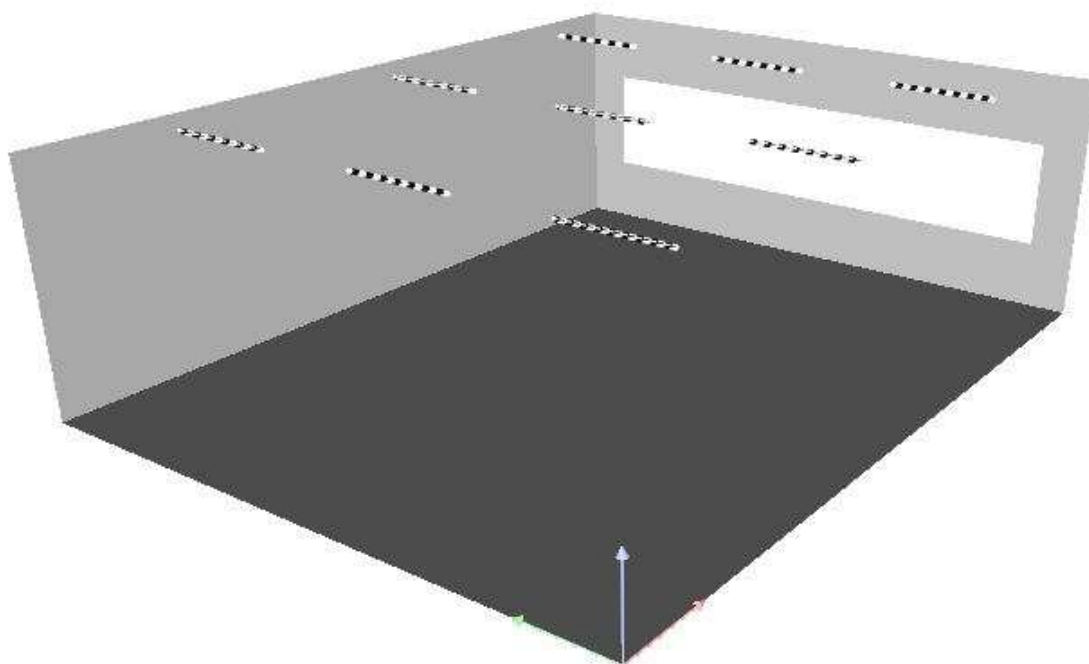


Tabela 7 - Sistema de iluminação bloco A

Item	Ambiente	Luminária	Quantidade	Potência(W)	Perdas no Reator(W)	Potência Total (W)
1	MA-101	2x40 W	9	80	10	810
2	MA-102	2x40 W	9	80	10	810
3	MA-103	2x40 W	9	80	10	810
4	MA-104	2x40 W	9	80	10	810
5	MA-105	2x40 W	9	80	10	810
6	MA-106	2x40 W	9	80	10	810
7	MA-107	2x40 W	9	80	10	810
8	MA-108	2x40 W	9	80	10	810
Total						6480

Fonte: Autor

Figura 2 - Situação atual - bloco B

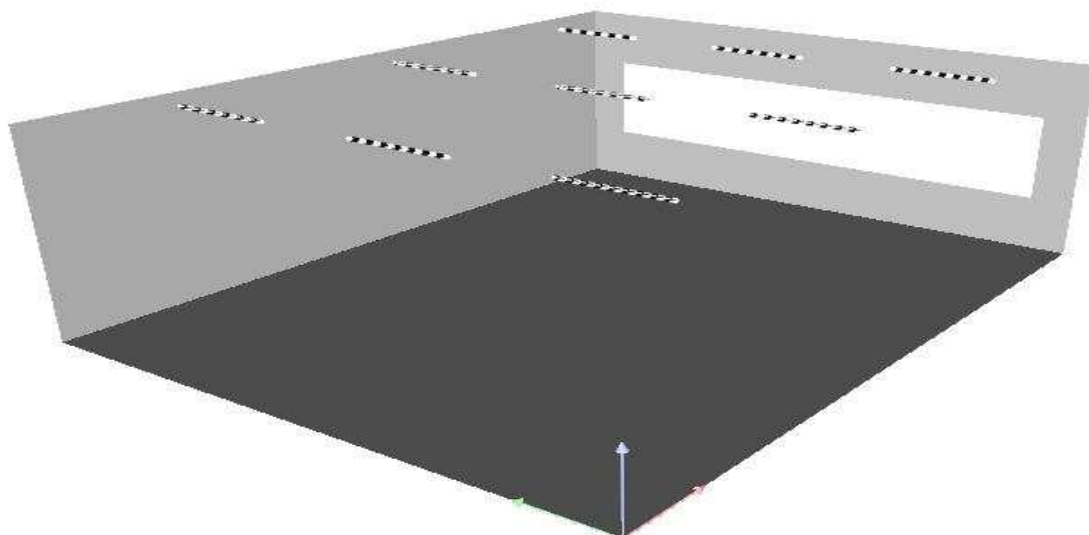


Tabela 8 - Sistema de iluminação bloco B

Item	Ambiente	Luminária	Quantidade	Potência(W)	Perdas no Reator(W)	Potência Total (W)
1	MB-101	2x40 W	9	80	10	810
2	MB-102	2x40 W	9	80	10	810
3	MB-103	2x40 W	9	80	10	810
4	MB-104	2x40 W	9	80	10	810
5	MB-105	2x40 W	9	80	10	810
6	MB-106	2x40 W	9	80	10	810
7	MB-107	2x40 W	9	80	10	810
8	MB-108	2x40 W	9	80	10	810
Total						6480

Fonte: Autor

Figura 3 - Situação atual - Bloco C

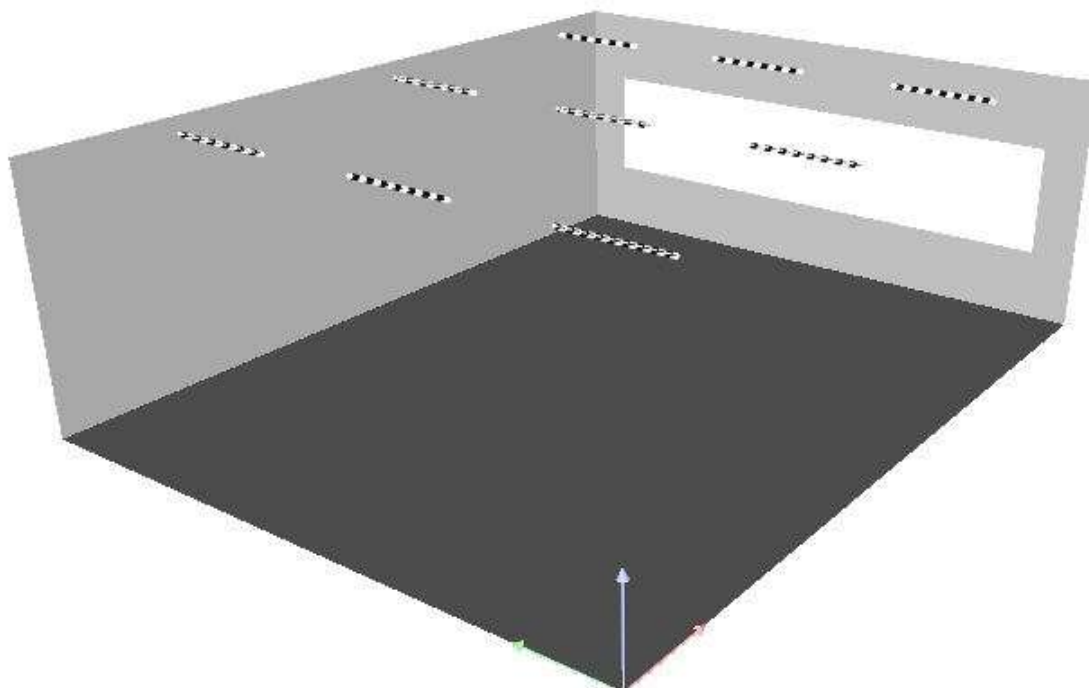


Tabela 9 - Sistema de iluminação bloco C

Item	Ambiente	Luminária	Quantidade	Potência(W)	Perdas no Reator(W)	Potência Total (W)
1	MC-101	2x40 W	9	80	10	810
2	MC-102	2x40 W	9	80	10	810
3	MC-103	2x40 W	9	80	10	810
4	MC-104 (LABORATÓRIO A&B)	2x40 W	9	80	10	810
5	MC-105 (LABPED)	2x40 W	9	80	10	810
6	MC-106 (ESC. EXP. SECRETARIADO)	2x40 W	9	80	10	810
7	MC-107 (LAB. CONTABILIDADE)	2x40 W	9	80	10	810
8	MC-108 (LAEO)	2x40 W	9	80	10	810
Total						6480

Fonte: Autor

Figura 4 - Situação atual - bloco D

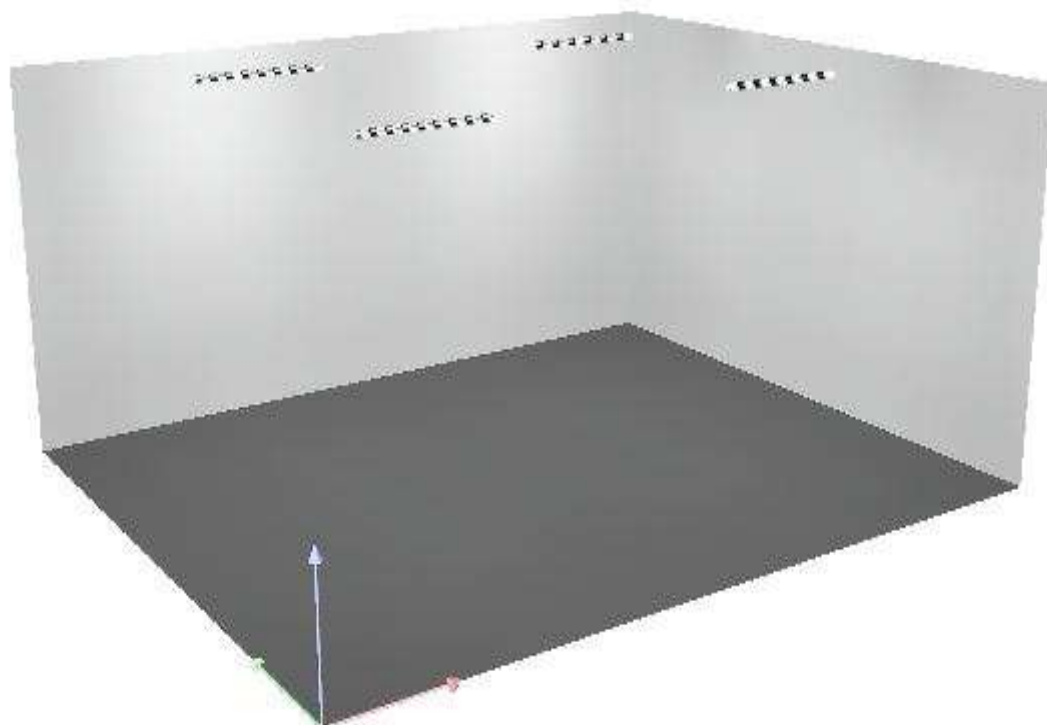


Figura 5 - Situação atual - bloco D

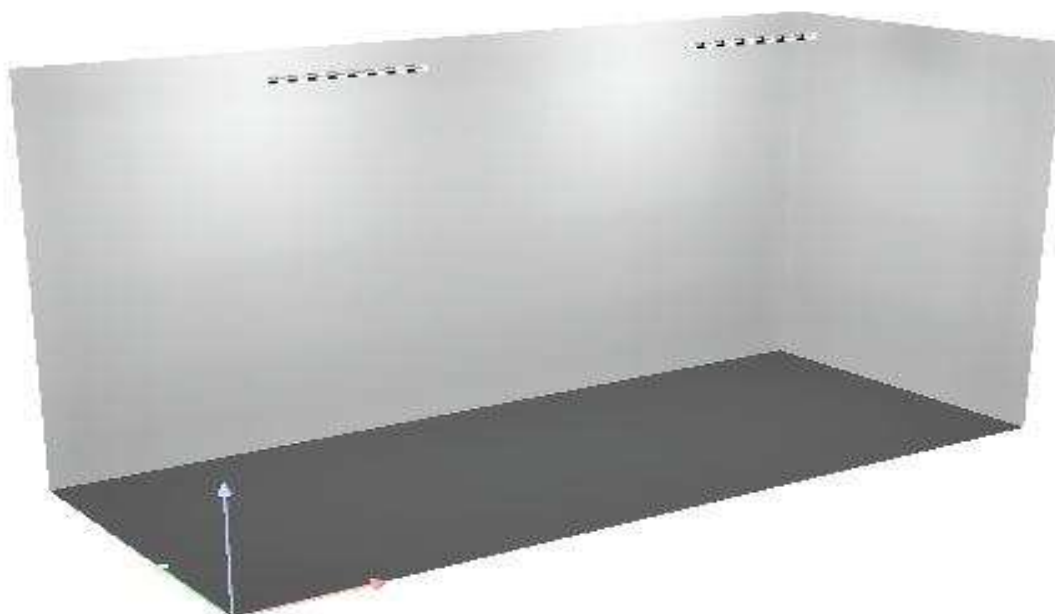


Tabela 10 - Sistema de iluminação bloco D

Item	Ambiente	Luminária	Quantidade	Potência(W)	Perdas no Reator(W)	Potência Total (W)
1	Suporte TI	2x40 W	4	80	10	360
2	Ciências contábeis	2x40 W	4	80	10	360
3	Sec. Exec. Bilingue	2x40 W	4	80	10	360
4	Pedagogia	2x40 W	4	80	10	360
5	Prof. Letras	2x40 W	4	80	10	360
6	Letras	2x40 W	4	80	10	360
7	Ciências Sociais Aplicadas	2x40 W	4	80	10	360
8	Educação	2x40 W	4	80	10	360
9	Hotelaria	2x40 W	4	80	10	360
10	Sala da limpeza	2x40 W	4	80	10	360
11	Sala de Aula MD-101	2x40 W	4	80	10	360
12	Sala de Aula MD-102	2x40 W	4	80	10	360
13	Sala de Aula MD - 103	2x40 W	4	80	10	360
14	Ambiente de Professor 01	2x40 W	2	80	10	180
15	Ambiente de Professor 02	2x40 W	2	80	10	180
16	Ambiente de Professor 03	2x40 W	2	80	10	180
17	Ambiente de Professor 04	2x40 W	2	80	10	180
18	Ambiente de Professor 05	2x40 W	2	80	10	180
19	Ambiente de Professor 06	2x40 W	2	80	10	180
20	Ambiente de Professor 07	2x40 W	2	80	10	180
21	Ambiente de Professor 08	2x40 W	2	80	10	180
22	Ambiente de Professor 09	2x40 W	2	80	10	180
23	Ambiente de Professor 10	2x40 W	2	80	10	180
24	Ambiente de Professor 11	2x40 W	2	80	10	180
25	Ambiente de Professor 12	2x40 W	2	80	10	180
26	Ambiente de	2x40 W	2	80	10	180



	Professor 13					
27	Ambiente de Professor 14	2x40 W	2	80	10	180
28	Ambiente de Professor 15	2x40 W	2	80	10	180
29	Ambiente de Professor 16	2x40 W	2	80	10	180
30	Ambiente de Professor 17	2x40 W	2	80	10	180
31	Ambiente de Professor 18	2x40 W	2	80	10	180
32	Ambiente de Professor 19	2x40 W	2	80	10	180
33	Ambiente de Professor 20	2x40 W	2	80	10	180
34	Ambiente de Professor 21	2x40 W	2	80	10	180
35	Ambiente de Professor 22	2x40 W	2	80	10	180
Potência Total						8640

Fonte: Autor

Figura 6 - Situação atual - bloco E

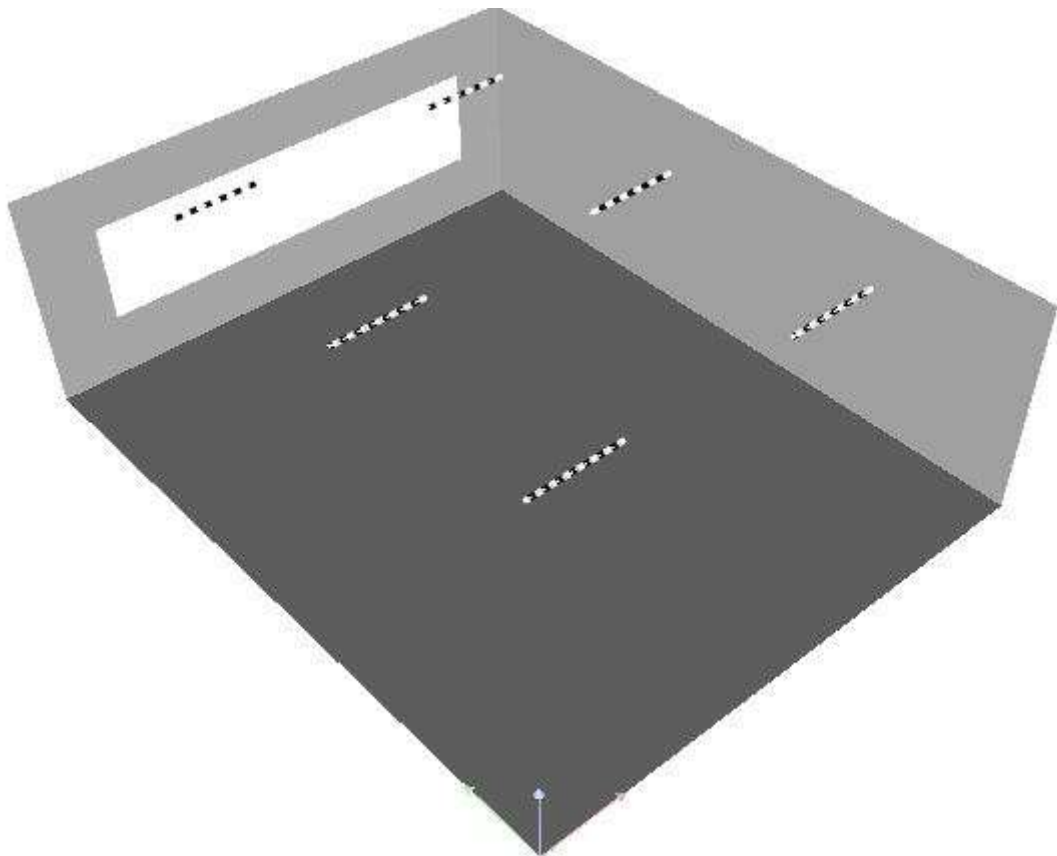


Tabela 11 - Sistema de iluminação bloco E

Item	Ambiente	Luminária	Quantidade	Potência(W)	Perdas no Reator(W)	Potência Total (W)
1	ME-101	2x40 W	6	80	10	540
2	ME-102	2x40W	6	80	10	540
3	ME-103	2x40 W	6	80	10	540
4	ME-104	2x40 W	6	80	10	540
5	ME-105	2x40 W	6	80	10	540
6	ME-106	2x40 W	6	80	10	540
Total						3240

Fonte : Autor

Figura 7 - Situação atual - bloco F

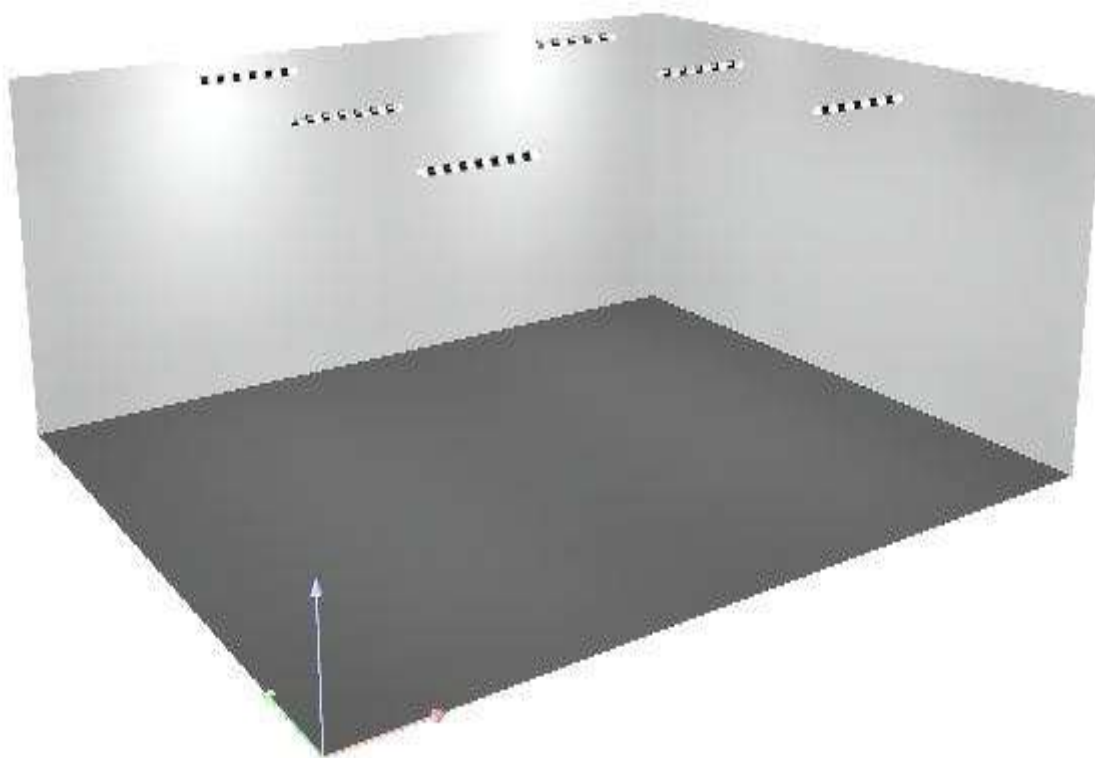


Tabela 12 - Sistema de iluminação bloco F

Item	Ambiente	Luminária	Quantidade	Potência(W)	Perdas no Reator(W)	Potência Total (W)
1	LAB-1	2x40 W	6	80	10	540
2	LAB-2	2x40 W	6	80	10	540
Total						1080

Fonte : Autor

Figura 8 - Situação atual- bloco G

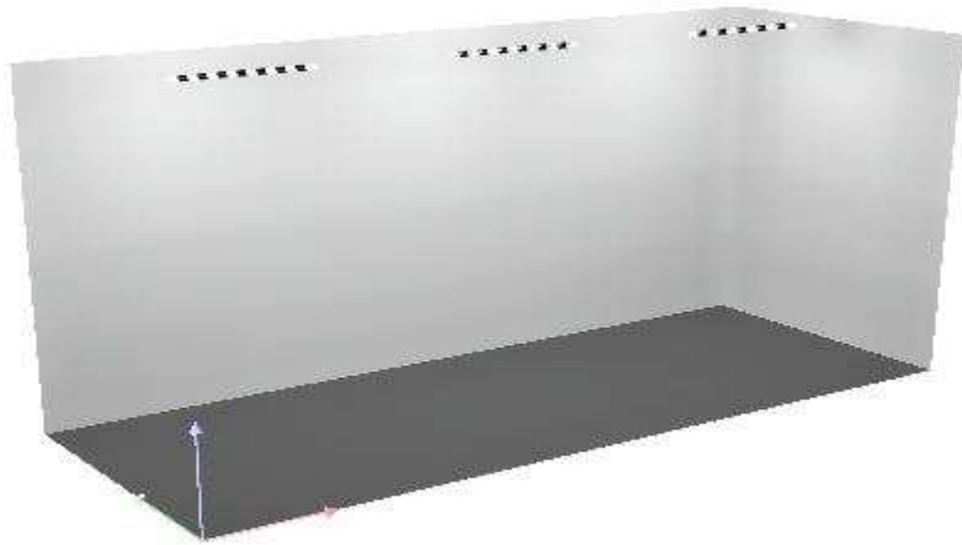


Tabela 13 - Sistema de iluminação bloco G

Item	Ambiente	Luminária	Quantidade	Potência(W)	Perdas no Reator(W)	Potência Total (W)
1	Sala 1	2x40 W	3	80	10	270
2	Sala 2	2x40 W	3	80	10	270
3	Sala 3	2x40 W	3	80	10	270
4	Sala 4	2x40W	3	80	10	270
5	Sala 5	2x40 W	3	80	10	270
6	Sala 6	2x40 W	3	80	10	270
Total						1620

Fonte : Autor

Com este levantamento é observado que a potência atual do sistema que vai receber a AEE é de 34,02kW.

### 3.2 Medição da iluminância

Para a medição da iluminância foi necessário o uso de um aparelho conhecido como luxímetro (Luxímetro digital MLM – 1011). O equipamento mede a intensidade da luz que chega ao seu redor através de um sensor fotoelétrico e apresenta no seu visor a quantidade de lux do ambiente [23].

As medições foram executadas seguindo a semelhança das salas, ou seja, nos ambientes que possuíam as mesmas dimensões e sistema de iluminação semelhante foi realizada apenas uma medição e tomou-se como igualitária para os outros ambientes a fim de

facilitar as medições. Outro detalhe inerente às medições é o plano de trabalho de 0,8m, que é a altura onde são executadas as tarefas. Essa zona de trabalho é definida pela norma ABNT NBR ISSO/CIE 8995-1 para salas de aula, laboratórios e sala de reuniões. A tabela 14 apresenta os dados de iluminância obtidos através do luxímetro. A média foi obtida através de cinco medições em X ( em cada extremidade do X e na intersecção) e calculado a média.

Figura 9 - Luxímetro digital MLM – 1011



Fonte :[23]

Tabela 14 - Medições de iluminância

Bloco	Tipo de Ambiente	Iluminância média medida (lux)	Iluminância definido pela norma (lux)
A, B e C	Salas de Aula e Laboratórios	223	500
D	Sala dos Professores	187	300
D	Coordenações e Departamentos	147	300
E	Salas de Aulas	160	500
F	Laboratórios	212	500
G	Centros Acadêmicos	146	200

Fonte : Autor

Com as medições realizadas e observando a norma vigente foi constatado que nenhum dos ambientes possui índice de iluminância que seja adequado às atividades realizadas, sendo então necessária a realização de um projeto luminotécnico. A exigência do projeto luminotécnico não é só da norma, tendo a necessidade também para que o projeto possa fazer parte da chamada pública da concessionária local no edital da PEE.

### **3.3 Projeto luminotécnico**

O projeto luminotécnico utiliza-se do *software* Dialux, que é gratuito e utilizado na concepção do projeto, sendo capaz de simular os ambientes de forma profissional e realizar os cálculos luminotécnicos adequados.

Para que o trabalho possa servir como base para a chamada pública da concessionária local de energia, no edital do PEE, se faz necessário que o projeto atenda alguns requisitos em relação às lâmpadas de LED tubulares que serão utilizadas, tomando como base a CPP 001/2018, a seguir as características necessárias:

- Tensão nominal 220V;
- Frequência nominal 60 Hz;
- Vida útil 25000 horas;
- Garantia mínima de 2 anos;
- $TDH \leq 20\%$ ;
- $FP \geq 0,92$ .

Como as luminárias que atualmente existe na instalação do Campus IV – UFPB – Sede Mamanguape na sua maioria estão em bom estado e são adequadas, o projeto pressupõe que estas serão aproveitadas, então se faz necessário que as lâmpadas que venham a substituir possuam o mesmo comprimento, diâmetro, formato e base de conexão, ou seja, as lâmpadas LED escolhidas para o projeto devem ter comprimento de 1,2m, diâmetro de 27,8 mm, formato tubular e base G13.

Levando em consideração essas premissas foi escolhido para o projeto a lâmpada de LED Essential18W 865 T8C W G Philips, que tem como especificação técnica os dados apresentados na Tabela 15.

Tabela 15 - Especificação técnicas da lâmpada escolhida para o projeto

Fornecedor	Philips
Modelo	Essential 18W 865 T8C W G
Tensão	100 – 240 V
Potência	18 W
Fluxo luminoso	1850 lm
Eficiência	103 lm/W
Base	G13
Comprimento	1,2 m
Índice de reprodução de cor	80%
Vida útil	25000 horas
Fator de potência	0,92
TDH	15%

Fonte : [24]

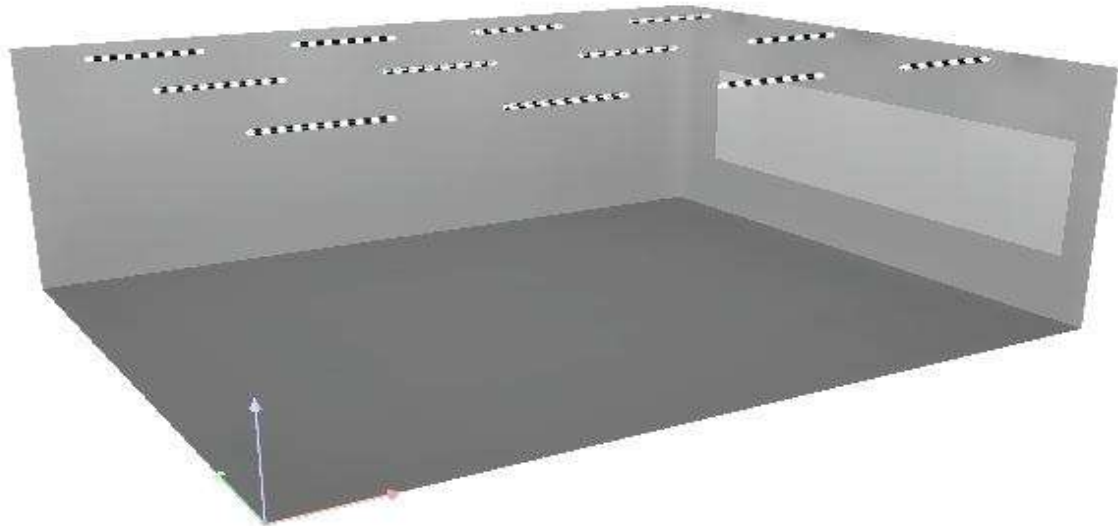
A realização dos projetos consiste em uma simulação do ambiente para a verificação do índice de iluminância média de cada ambiente exigida pela norma ABNT NBR ISSO/CIE 8995-1. Inicialmente foi realizada apenas a substituição das lâmpadas fluorescente tubular existentes por lâmpadas de LED especificadas. Apenas no ambiente do bloco D - I foi alcançada a iluminância média exigida pela norma, nos demais, não obtido o resultado satisfatório foi realizado novas simulações aumentando o número de luminárias com o objetivo de alcançar a meta estabelecida pela norma. Os resultados das simulações dos ambientes serão mostrados nos itens a 3.3.1. até 3.3.5. Na simulação do ambiente foi levada em consideração a condição física dos ambientes, que possuem iluminação natural reduzida devido ao isolamento utilizado na climatização, que para melhor climatização, foi fechado os elementos vazados e as janelas foram utilizadas vedações fumês, os ambientes ainda possuem as cores branca para parede e teto e piso cinza.

### 3.3.1 Projeto luminotécnico dos blocos A,B e C

Os blocos A, B e C do Campus IV – UFPB – Sede Mamanguape são idênticos e cada um deles possui oito salas, totalizando vinte e quatro de mesma dimensões (8,8m de comprimento, 7m de largura e 2,9m de altura) e a mesma disposição das luminárias, então é oportuno que seja realizado o projeto luminotécnico de apenas uma das salas e usado nas

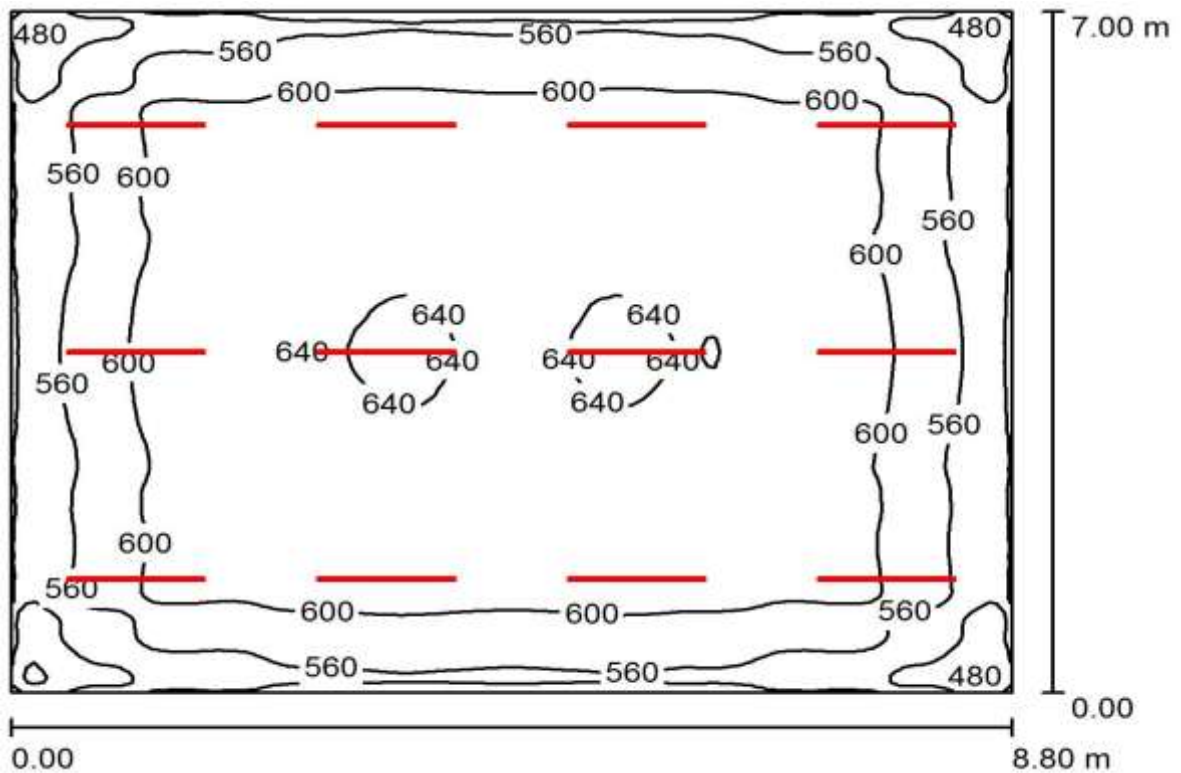
demais sem prejuízo para os resultados do projeto. Realizando a simulação utilizando o *software* Dialux o sistema terá uma nova distribuição nas luminárias e nível de iluminação adequado, conforme as Figuras 10 e 11.

Figura 10 - Projeto luminotécnico bloco A,B e C - Distribuição das luminárias



Fonte : Autor – DiaLux

Figura 11 - Projeto luminotécnico Bloco A, B e C - Curvas de nível da distribuição da iluminação



Fonte : Autor – DiaLux

Através de um novo sistema de iluminação simulado foi obtido uma iluminância média de 595 lux no plano de trabalho, que atende a norma e tendo uma variação de 187 lux no ambiente. A Tabela 16 mostra a comparação entre os sistemas atual e o novo sistema proposto. Um detalhe presente na Figura 10 encontra-se na posição em que as luminárias são dispostas em relação ao quadro, este posicionamento foi escolhido buscando a diminuição do reflexo no quadro tendo em vista que o quadro é de vidro. Mais detalhe do sistema proposto pode ser encontrado no Anexo A do trabalho.

Tabela 16 - Bloco A,B e C - Comparativo entre os sistemas atual e proposto

Sistema	Bloco	Número de ambientes	Iluminância média no plano de trabalho	Luminárias por ambiente	Potência de cada luminária + reator (W)	Potência Total (kW)
Atual	A,B e C	24	223	9	90	19,44
Proposto	A,B e C	24	595	12	36	10,368

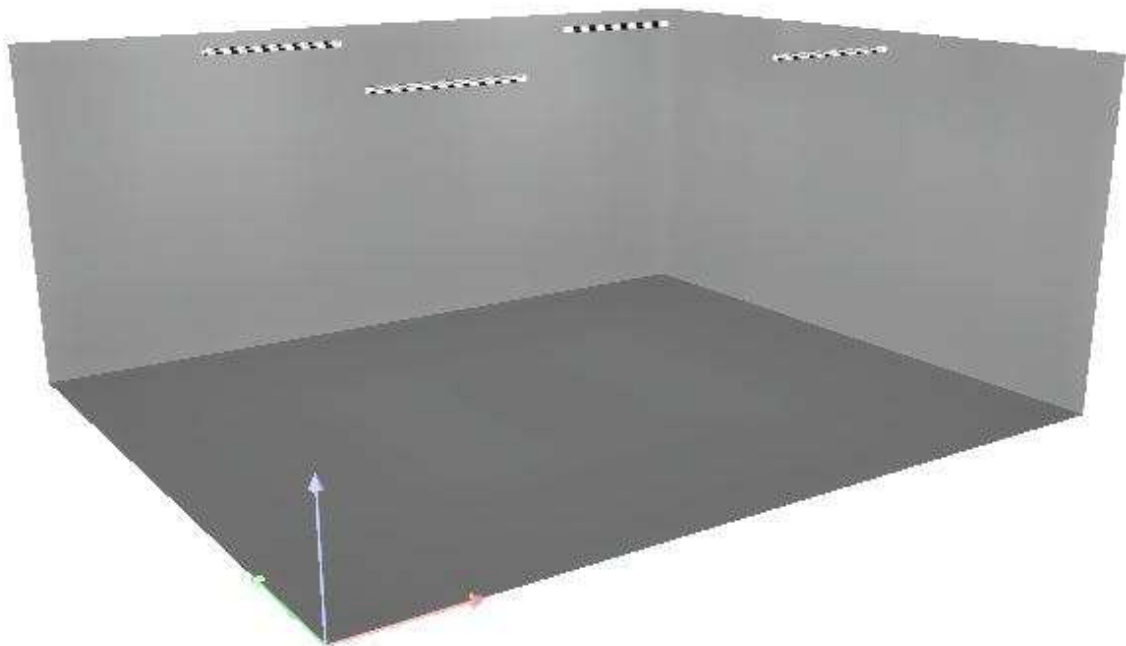
Fonte : Autor

### 3.3.2 Projeto luminotécnico do bloco D

No Campus IV – UFPB – Sede Mamanguape o bloco denominado de D possui dois tipos de ambientes diferentes, um do tipo I (salas de aula e secretarias) possui treze salas de mesmas dimensões (7m de comprimento, 5,8m de largura e 3m de altura) e a mesma disposição das luminárias, já o tipo II (ambientes dos professores) é composta por vinte e duas salas de mesmas dimensões (7m de comprimento, 2,9m de largura e 3,7m de altura) sendo apropriado que seja realizado o projeto luminotécnico de apenas uma das salas de cada tipo e tomado como referência nas demais sem prejuízo para os resultados do projeto, tendo em vista que a iluminância prevista na norma é a mesma. Utilizando o *software* Dialux para a simulação do sistema é mostrado que o mesmo terá uma nova distribuição nas luminárias e nível de iluminância adequado, como mostra as Figuras 12, 13, 14 e 15.

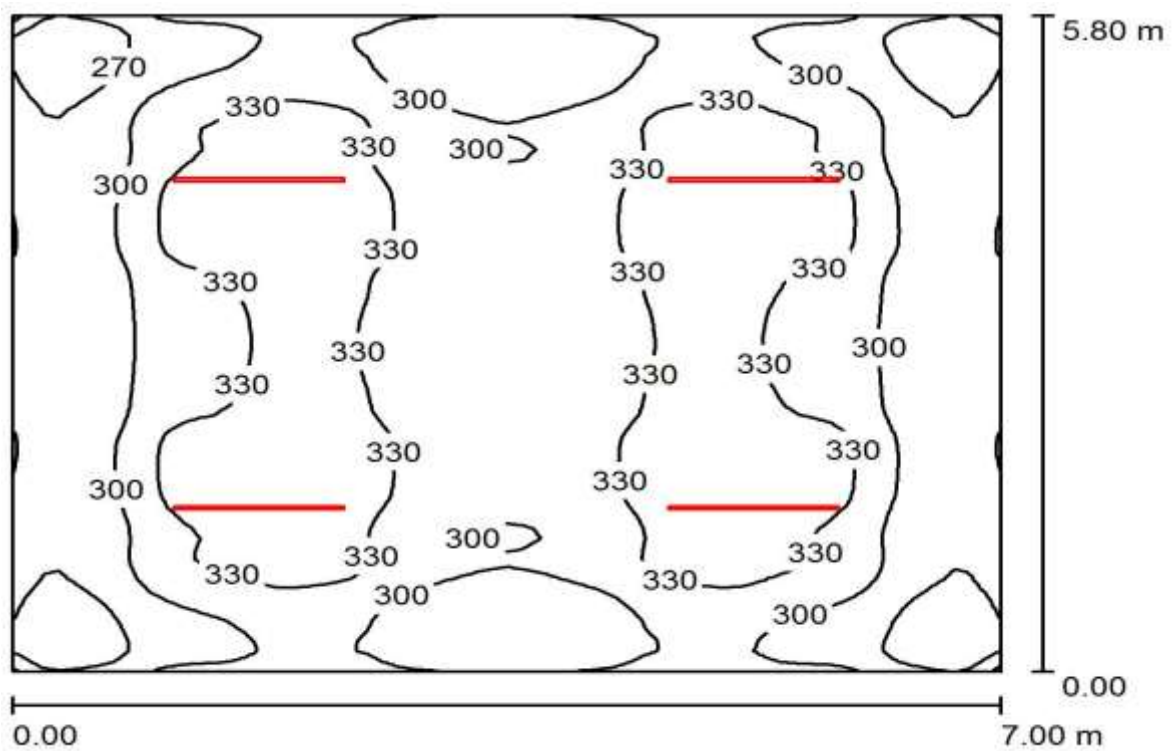


Figura 12- Projeto luminotécnico bloco D – Tipo I -Distribuição das luminárias



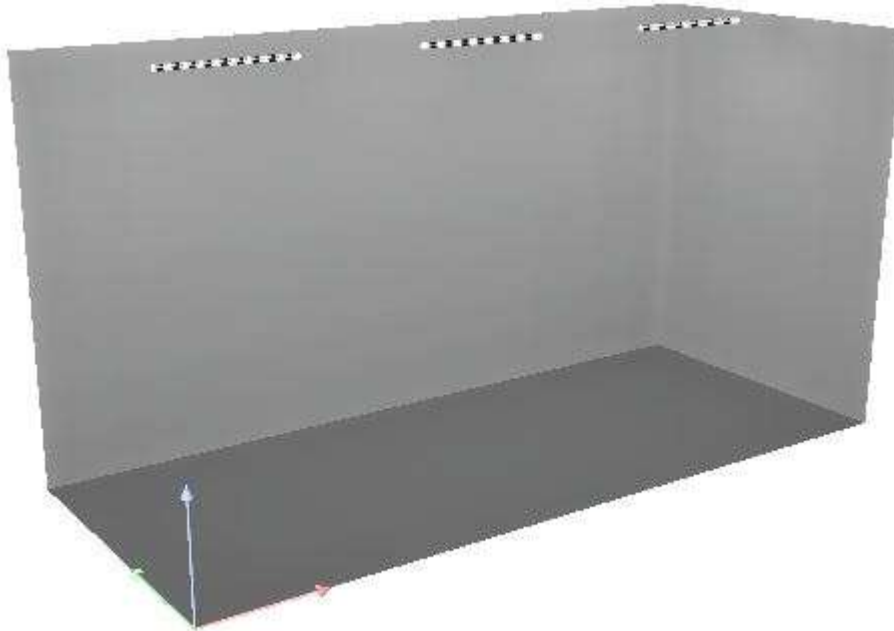
Fonte : Autor – DiaLux

Figura 13 - Projeto luminotécnico Bloco D –Tipo I - Curvas de nível da distribuição da iluminância



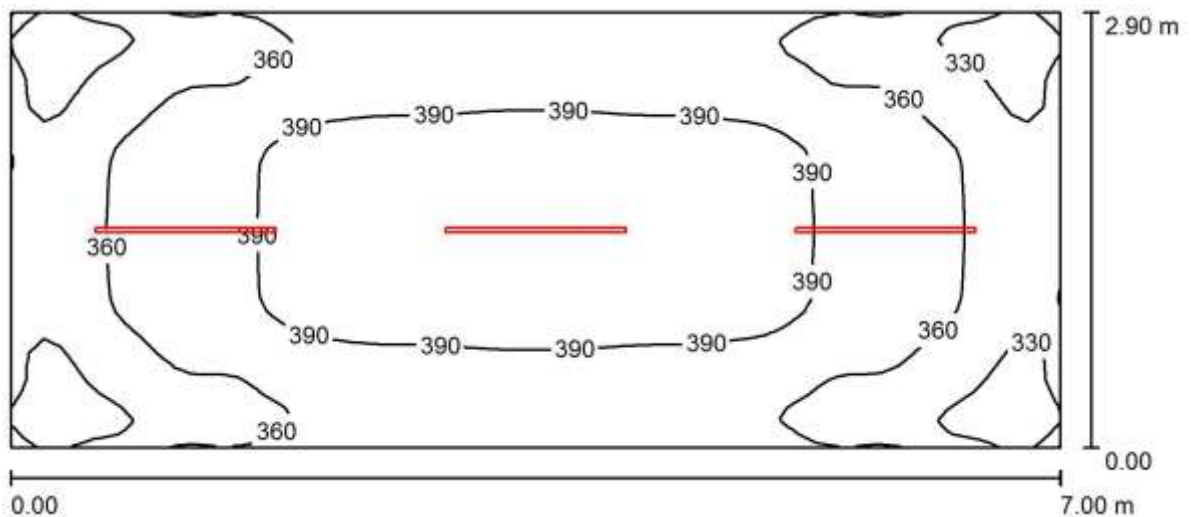
Fonte : Autor – DiaLux

Figura 14 - Projeto luminotécnico bloco D – Tipo II -Distribuição das luminárias



Fonte : Autor – DiaLux

Figura 15 - Projeto luminotécnico Bloco D – Tipo II - Curvas de nível da distribuição da iluminância



Fonte : Autor – DiaLux

Com a simulação de um novo sistema de iluminação foi obtido uma iluminância média de 310 lux no plano de trabalho para os ambientes de tipo I, que atende a norma e tendo uma variação de 117 lux no ambiente, já os ambientes do tipo II foi obtido uma iluminância média de 373 lux, que também atende a norma vigente tendo uma variação de 122 lux que é maior que o ambiente Tipo I devido principalmente a geometria da sala. Na

Tabela 17 é mostrada a comparação entre os sistemas atual e o novo sistema proposto. Um detalhe dos ambientes D tipo II é que o número de luminárias é igual nos dois sistemas, essa condição foi alcançada devido a iluminância atual ser próxima a norma. Mais detalhes do sistema proposto pode ser encontrados no Anexo B do trabalho.

Tabela 17 - Bloco D - Comparativo entre os sistemas atual e proposto

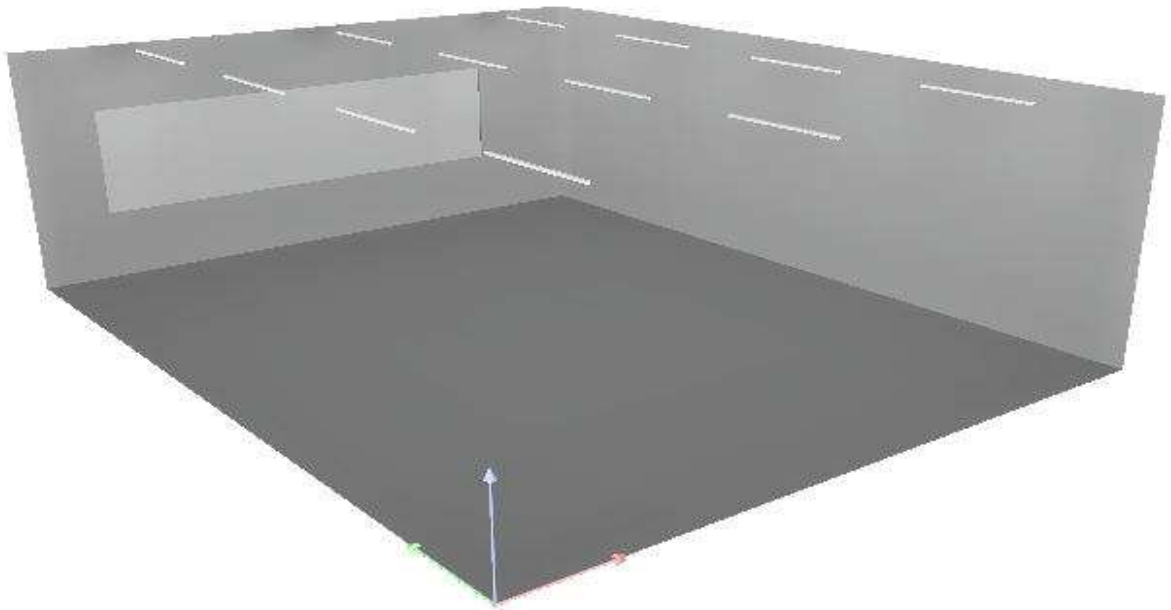
Sistema	Bloco	Número de ambientes	Iluminância média no plano de trabalho	Luminárias por ambiente	Potência de cada luminária + reator (W)	Potência Total (kW)
Atual	D Tipo I	13	147	4	90	4,68
Proposto	D Tipo I	13	310	4	36	1,872
Atual	D Tipo II	22	187	2	90	3,96
Proposto	D Tipo II	22	373	3	36	2,376

Fonte : Autor

### 3.3.3 Projeto luminotécnico do bloco E

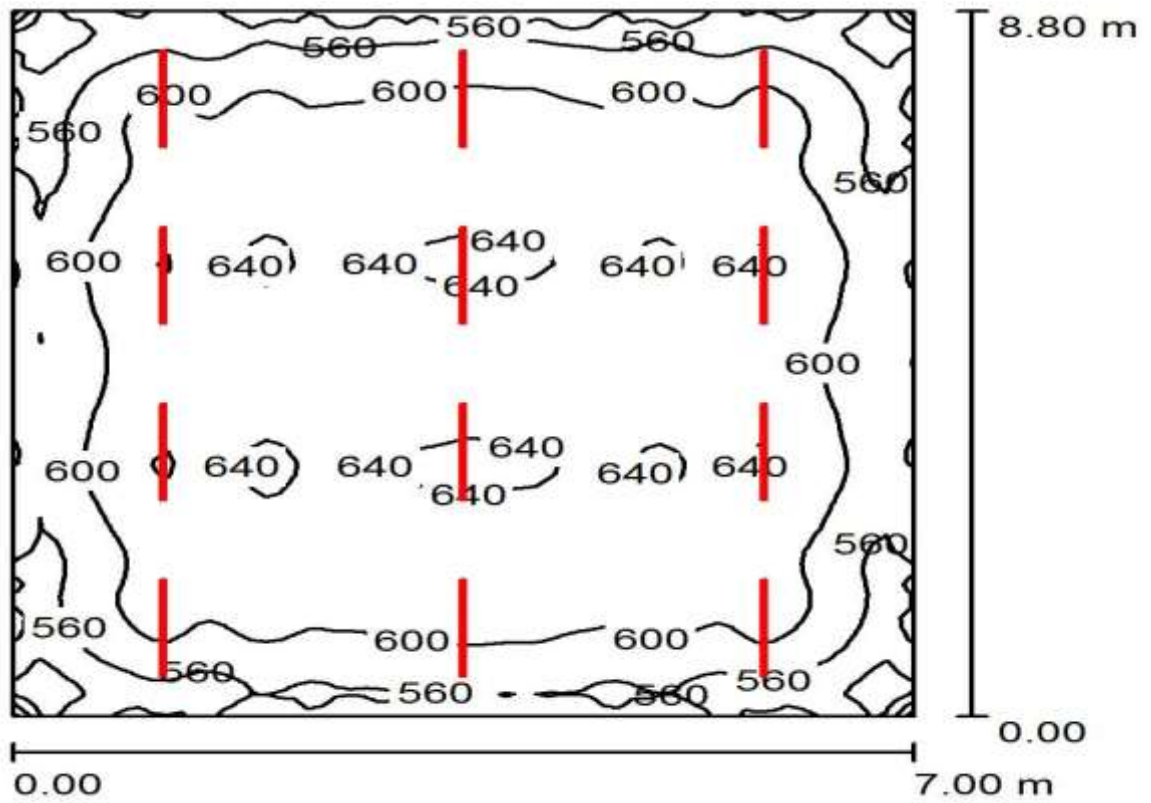
O bloco de sala de aula E do Campus IV da UFPB – Sede Mamanguape, são dois andares de salas idênticas com dimensões de largura de 8,8m, comprimento de 7m e altura de 2,8m. A quantidade de salas por andar é igual e cada pavimento possui três salas de aula todas com a mesma disposição de luminárias e quantidade. Observando o padrão mantido nas salas de aula, foi realizado o projeto luminotécnico de apenas um dos ambientes e tomado como base para os outros. O ambiente de referência foi simulado usando o *software* já mencionado nos outros tópicos e foi obtido como resultado as Figura 16 e 17, observando ainda que a posição das luminárias foi levada em consideração devido a mesma problemática dos blocos A, B e C devido ao reflexo que pode ser gerado no quadro de vidro se não for considerado o posicionamento referido.

Figura 16 - Projeto luminotécnico bloco E - Distribuição das luminárias



Fonte : Autor – DiaLux

Figura 17 - Projeto luminotécnico Bloco E - Curvas de nível da distribuição da iluminância



Fonte : Autor – DiaLux

Desta forma a simulação do um novo sistema de iluminação mostra que será obtido uma iluminância média de 600 lux no plano de trabalho para os ambientes que atende a norma para a atividade que é executada na sala e tendo uma variação de 172 lux no ambiente. Na Tabela 18 mostra a comparação entre os sistemas atual e o novo sistema proposto. É visto na tabela que o número de luminárias dobrou em relação ao sistema atual, demonstrando a necessidade de um projeto luminotécnico em busca de uma iluminância desejável. Mais detalhe do sistema proposto pode ser encontrado no Anexo C do trabalho.

Tabela 18 - Bloco E - Comparativo entre os sistemas atual e proposto

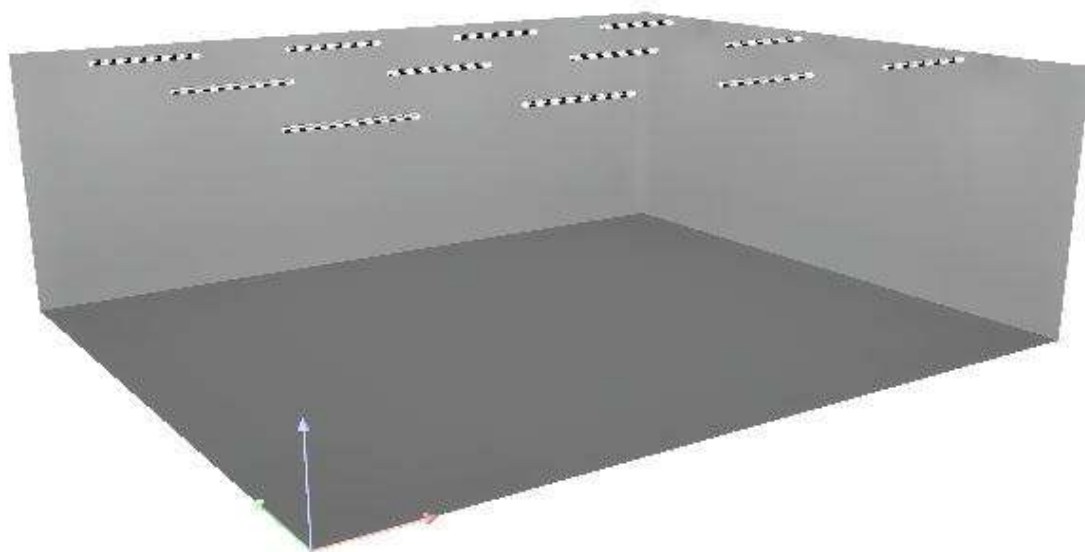
Sistema	Bloco	Número de ambientes	Iluminância média no plano de trabalho	Luminárias por ambiente	Potência de cada luminária + reator (W)	Potência Total (kW)
Atual	E	6	160	6	90	3,24
Proposto	E	6	600	12	36	2,592

Fonte : Autor

### 3.3.4 Projeto luminotécnico do bloco F

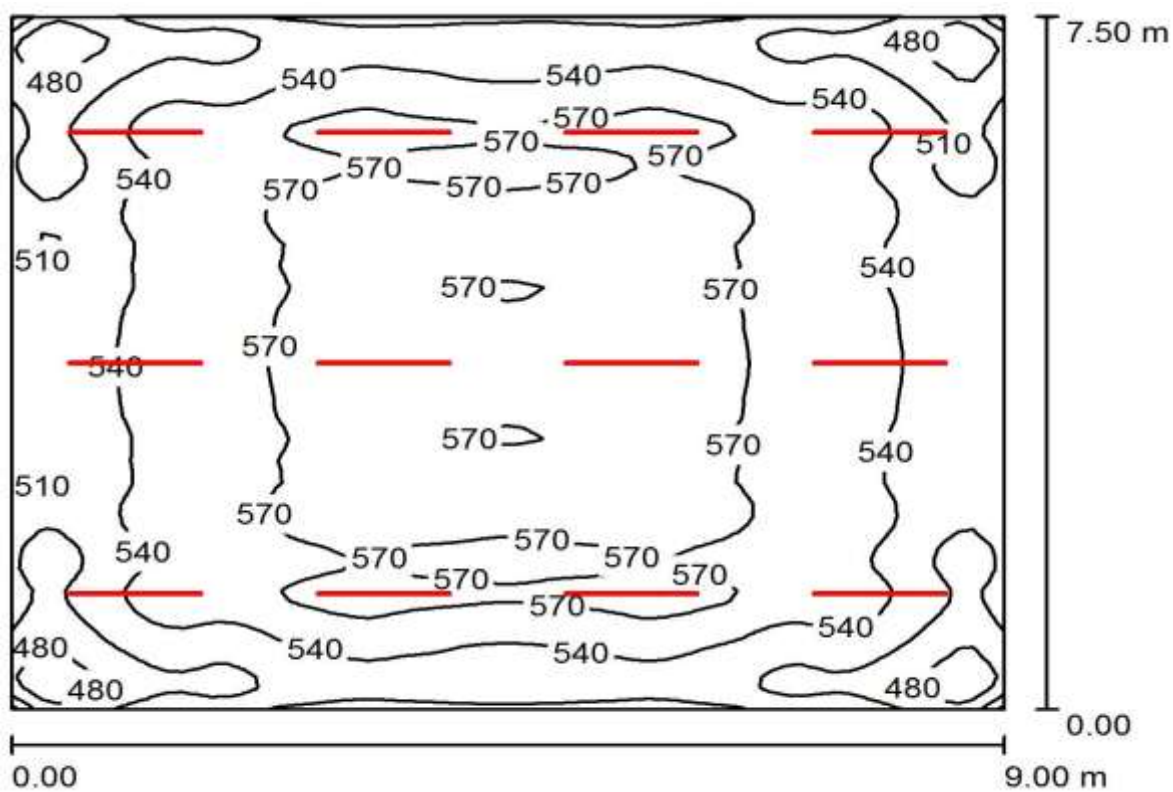
O bloco corresponde ao LIFE é um bloco que é composto de dois laboratórios que dividem o bloco ao meio, o que possibilita de fazer um projeto luminotécnico em conjunto considerando como um só ambiente. Mas para seguir o padrão do trabalho será realizado apenas de um dos laboratórios tendo em vista que são iguais em dimensões (comprimento 9m, largura 7,5m e altura 3m) e ainda eles possuem a mesma distribuição de luminárias. Seguindo esta premissa são apresentados nas Figuras 18 e 19 os resultados das simulações usando o *software* DiaLUX.

Figura 18 - Projeto luminotécnico bloco F- Distribuição das luminárias



Fonte : Autor – DiaLux

Figura 19 - Projeto luminotécnico Bloco F - Curvas de nível da distribuição da iluminância



Fonte : Autor – DiaLux

Como os resultados da simulação de um novo sistema de iluminação para o bloco F da UFPB – Campus IV – Sede Mamanguape apresenta uma iluminância média de 547 lux no plano de trabalho para os ambientes, que atende a norma que exige um valor médio de 500 lux, o sistema apresentou uma variação de 147 lux no ambiente. Na Tabela 19 é mostrada a comparação entre os sistemas atual e o proposto. A tabela apresenta que existiu um aumento na quantidade de luminária conseqüentemente, na quantidade de lâmpadas muito elevado, mas necessária para atender a norma de iluminância que o ambiente exige Este resultado, fora do esperado, é devido a atual situação em qual se encontra os ambientes do Bloco F que tem uma deficiência de iluminância média muito grande. Mais detalhe do sistema proposto pode ser encontrado no Anexo D do trabalho.

Tabela 19 - Bloco F - Comparativo entre os sistemas atual e proposto

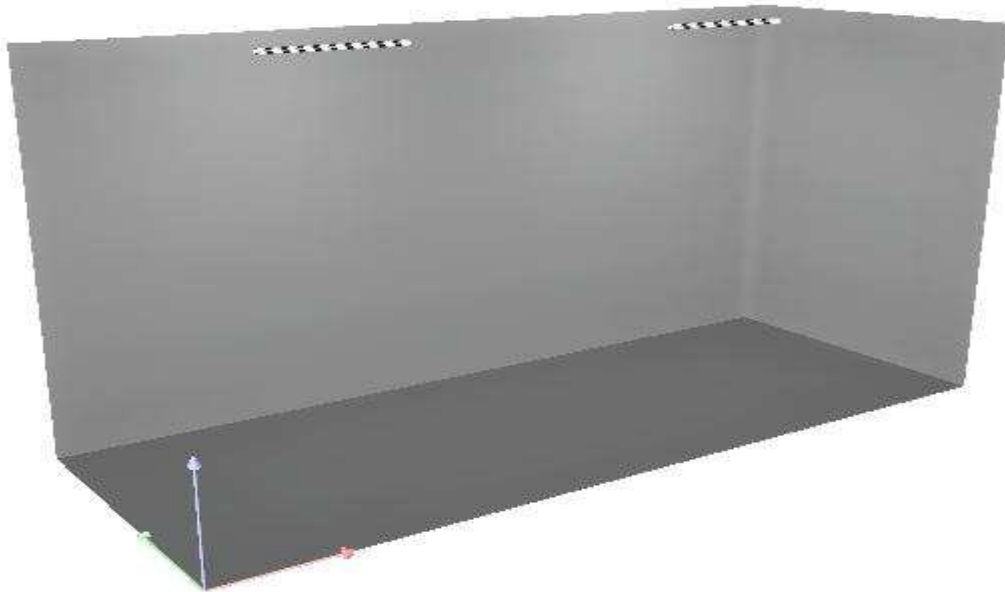
Sistema	Bloco	Número de ambientes	Iluminância média no plano de trabalho	Luminárias por ambiente	Potência de cada luminária + reator (W)	Potência Total (kW)
Atual	F	2	212	6	90	1,08
Proposto	F	2	547	12	36	0,864

Fonte : Autor

### 3.3.5 Projeto luminotécnico do bloco G

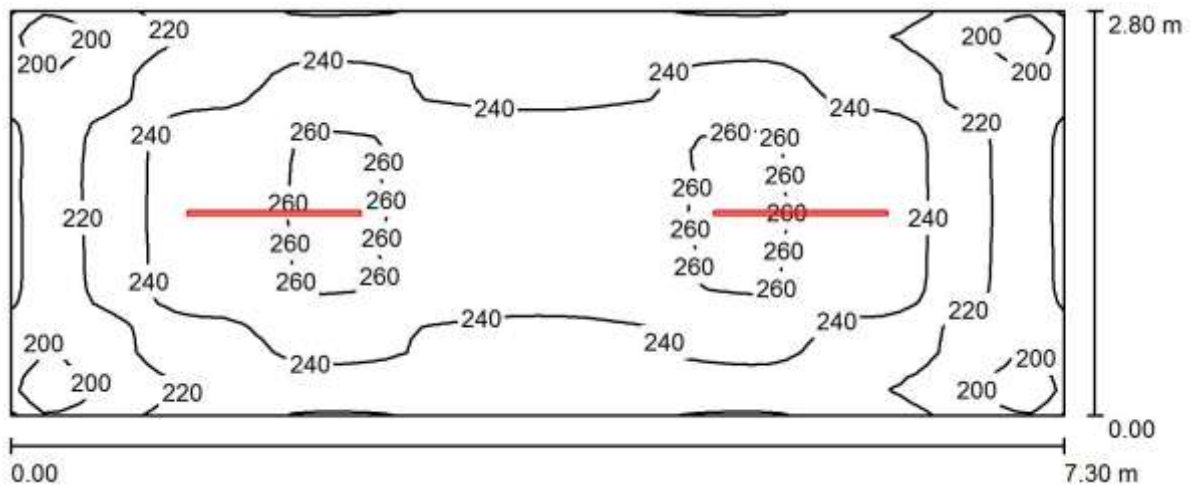
O bloco G no qual se encontra os centros acadêmicos do campus é composto por seis salas idênticas em medidas (comprimento 7,3m, largura 2,8m e altura 3,7m) a distribuição das luminárias são da mesma forma e quantidade, seguindo o mesmo procedimento utilizado nos outros blocos, realizou-se o projeto luminotécnico de uma sala e replicada para os outros ambientes igual, o projeto foi realizado utilizando o *software* DiaLUX com o objetivo de que os ambientes, após a execução de um futuro projeto, atenda a norma de iluminação existente. As Figuras 20 e 21 mostram os resultados obtidos na simulação e alguns detalhes adicionais são encontrados no Anexo E.

Figura 20- Projeto luminotécnico bloco G - Distribuição das luminárias



Fonte : Autor – DiaLux

Figura 21 - Projeto luminotécnico Bloco G - Curvas de nível da distribuição da iluminância



Fonte : Autor – DiaLux

Através de um novo sistema de iluminação simulado no DiaLUX foi obtido uma iluminância média de 236 lux no plano de trabalho, que atende a norma que exige mínima de 200 lux e tendo uma variação de 82 lux no ambiente que é bastante aceitável eliminando pontos de ofuscamento. A Tabela 20 mostra a comparação entre os sistemas atual e o novo



sistema proposto. Mais detalhe do sistema proposto pode ser encontrado no Anexo E do trabalho.

Tabela 20 - Bloco G - Comparativo entre os sistemas atual e proposto

Sistema	Bloco	Número de ambientes	Iluminância média no plano de trabalho	Luminárias por ambiente	Potência de cada luminária + reator (W)	Potência Total (kW)
Atual	G	6	146	3	90	1,62
Proposto	G	6	252	2	36	0,432

Fonte : Autor

### 3.4 Composição do sistema atual e proposto

Com os dados obtidos nas simulações de cada bloco e ambiente do Campus IV- UFPB- Sede Mamanguape através do *software* DiaLUX, com o auxílio dele foi realizado os projetos luminotécnico das plantas e foi analisado a redução da potência instalada após o projeto, sendo resumido na Tabela 21.

Tabela 21 - Comparativo entre total os sistemas atual e proposto

Sistema	Quantidade de luminárias	Potência de cada luminária + reator (W)	Potência Total (kW)
Atual	378	90	34,02
Proposto	514	36	18,50

Fonte : Autor

De posse desses dados obtidos na análise das simulações dos sistemas de iluminação artificial, com seus respectivos índices de iluminância, quantidade de luminárias e potência, vai ser utilizada no próximo capítulo para a avaliação “ex ante” e da análise da relação custo benefícios do projeto em sua totalidade.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo toda a análise em relação à eficiência energética que o campus irá alcançar com o AEE. A estudo será feito inicialmente pela avaliação “ex ante” que analisa os números apresentados durante todo o trabalho. O plano de medição irá indicar um método avaliativo de como deve ser verificada a redução do consumo, e por fim será apresentada uma análise de viabilidade através do RCB.

### 4.1 Avaliação “ex ante”

A partir de todos os dados levantados em campo, junto com os dados obtidos nas simulações, nesta etapa irá prever a redução do consumo de energia elétrica e da demanda, que serão obtidas a partir da AEE aplicadas ao sistema de iluminação do Campus IV da UFPB localizada na cidade de Mamanguape –PB.

Para a apresentação do resultado é necessário à definição de alguns parâmetros que foram citados na seção 2.2.3

Utilizando o calendário vigente no campus em 2018 define que no período 2017.2 foram 110 dias letivos, já no período 2018.1 foram 100 dias letivos, o período 2018.2 não está totalmente incluído no ano de 2018 então foram considerados os dias apenas inclusos no ano corrente, sendo apenas os meses de novembro e dezembro tendo como dias letivos o total de 20 dias, totalizando no ano de 2018 um total de 230 dias letivos. O campus possui atividades nos horários matinal, vespertino e noturno, indicando que o campus funciona de 07h00min às 22h00minh representando um total de 16h. Por outro lado a concessionaria local de energia elétrica define que o horário de ponta é aplicado das 17h30min até as 20h30min, ou seja, divididas em 13h de horário de funcionamento fora da ponta e 3h no horário de ponta. Sendo assim o horário de funcionamento na unidade necessária para a continuidade dos cálculos é de 2990 horas/ano que é definido como a multiplicação das horas de funcionamento no regime tarifário fora de ponta vezes à quantidade de dias que o sistema é usado no ano e 690 horas/ano obtido do mesmo modo, mas no horário de ponta.

Utilizando a definição do cálculo do FCP apresentado na seção 2.2.3, definindo as variáveis da seguinte forma:

- $nph = 3$  horas;
- $nd = 22$ ;

- nm = 10 ( só é considerado 10 meses devido ao mês de janeiro não ter dias letivos e novembro e dezembro juntando os dias letivos igualam aproximadamente a um mês completo em dias letivos segundo os calendários citados).

Logo o FCP é igual a 0,86, a Tabela 22, apresenta os resultados da avaliação “ex ante” de forma resumida e na Tabela 23 é feito um comparativo entre os valores.

Tabela 22 - Energia consumida e demanda média do sistema atual e proposto

	Sistema atual	Sistema proposto
Potência instalada (kW)	34,02	18,50
Funcionamento (h/ano)	3680	3680
Funcionamento fora da ponta (h/ano)	2990	2990
Funcionamento na ponta (h/ano)	680	680
FCP	0,86	0,86
Energia consumida total (MWh/ano)	125,19	68,08
Energia consumida total fora da ponta (MWh/ano)	101,72	55,32
Energia consumida total na ponta (MWh/ano)	23,13	12,58
Demanda na ponta (kW)	29,257	15,91

Fonte : Autor

Tabela 23 - Comparativo entre os dois sistemas

	Comparativo
Energia economizada total (MWh/ano)	57,11
Energia economizada (%)	45,6
Energia economizada total fora da ponta (MWh/ano)	46,4
Energia economizada fora da ponta (%)	45,6
Energia consumida total na ponta (MWh/ano)	10,55
Energia consumida na ponta (%)	45,61
Redução da Demanda na ponta (kW)	13,34
Redução da Demanda na ponta (%)	45,61

Fonte : Autor

## 4.2 Relação custo benefício

De posse dos dados para calcular o RCB do projeto de eficiência energético é necessário definir alguns valores. A Tabela 24 apresenta os valores que serão utilizados no cálculo dos custos da relação custo benefício.

Tabela 24 – Parâmetros para o custos da RCB

Parâmetros	Valor	Quantidade	Valor final	Vida útil
Taxa de juros	8%	-	-	-
Lâmpada	R\$ 29,90	1028	R\$ 30.737,20	6,79 anos
Luminária	R\$ 24,90	136	R\$ 3.386,20	6 anos
Base	R\$ 0,8	272	R\$ 217,6	6 anos
Custo total dos equipamentos	-	-	R\$ 34.341,20	-
Mão de Obra	R\$ 25,00	514	R\$ 12.850	-
Transporte	R\$ 1.000	-	R\$ 1.000	-
Mão de Obra da Concessionária	R\$ 9.454,02	-	R\$ 9.454,02	-
Custo total	-	-	R\$ 57.645,22	-
CEE	235,49 R\$/MWh	-	-	-
CED	548,57 R\$/kW ano	-	-	-

Fonte : Autor

A taxa de juros foi definida a partir de [25], levando em consideração o custo das lâmpadas, luminárias e base foram definidas atrás de uma busca no mercado local. A vida útil da lâmpada foi definida utilizando as horas de vida útil, levando em consideração os dias e horas de uso. Já a vida útil das luminárias e das bases, foi definido utilizando a garantia do fabricante. O valor da mão de obra foi definido utilizando como referência [26]. O transporte foi e a mão de obra da concessionária foi definido com o auxílio de uma planilha de apoio fornecido pela concessionária local [27]. CEE, CED são definidos pela ANEEL.

Com esses parâmetros mencionados e utilizando as fórmulas apresentadas no item 2.2.4. , são mostrados na Tabela 25 os resultados obtidos.

Tabela 25- Resultados da análise de custos

Equipamentos	FRC	CA <sub>T</sub> (R\$)	BA <sub>T</sub> (R\$)	RCB
Lâmpada	0,1965	10.141,56	-	-
Luminária	0,2163	1.229,63	-	-
Base	0,2163	79,01	-	-
Total	-	11.450,20	20.791,01	0,55

O valor alcançado pelo R.C.B é de 0,55 tornando a proposta de projeto de eficiência energética no Campus IV – UFPB – Sede Mamanguape bastante viável, considerando os parâmetros utilizados.

## 5 CONCLUSÕES

Com esses projetos de eficiência como base, esse trabalho se debruçou sobre as bibliografias citadas, na busca de fazer um projeto de eficiência energética para a UFPB-Campus IV – Sede Mamanguape, no intuito de o trabalho servir como base para a participação da mesma no PEE da concessionária local de energia.

O trabalho propôs uma adequação do sistema de iluminação da unidade buscando atender interesses econômicos e sempre atendendo a norma vigente. Com a substituição de lâmpadas fluorescentes por lâmpadas LED, buscando uma economia de energia e adequando o sistema a norma de iluminação, foi capaz de mensurar a economia de energia e a relação custo benefício do projeto adequando os ambientes a norma vigente.

Com o trabalho foi possível obter um resultado satisfatório que o PEE exige, com a adequação do índice de iluminância para cada ambiente, obtendo uma redução de energia consumida de 57,11 MWh/ano (45,6%), energia consumida fora da ponta de 46,4 MWh/ano (45,6%) e energia consumida na ponta de 10,55 MWh/ano (45,61%). Uma redução na demanda na ponta de 13,34 kW (45,61%) . Tendo ainda alcançado um ótimo valor de relação custo benefício de 0,55, deixando uma margem de inclusão de algumas demandas necessárias para a participação no PEE da concessionária local. Como a legislação prevê a modificação do sistema de iluminação não traria nenhum custo a UFPB - Campus IV – Sede Mamanguape, sendo assim os valores economizados podem ser investidos em outras atividades, materiais, equipamentos e estruturas do campus a fim de propiciar um melhor ensino, pesquisa e extensão que é o objetivo principal da instituição.

## 6 REFERÊNCIAS

- [1] “Memória da eletricidade”, Memória da eletricidade. [Online]. Disponível em: <https://portal.memoriadaeletricidade.com.br/historia-do-setor-eletrico/1879-1896experiencias-e-empreendimentos-pioneiros/> [Acessado: 25 – ago – 2018].
- [2] A. Capelli, *Energia Elétrica - Qualidade e Eficiência Para Aplicações Industriais*, 1ª. Érica, 2013.
- [3] “Potencial de eficiência energética no Brasil 2008 – 2016”, ABESCO. [Online]. Disponível em: <http://www.abesco.com.br/pt/novidade/potencial-de-eficiencia-energetica-no-brasil-2008-2016/> [Acessado: 25 – ago -2018].
- [4] A. N. C. V. Roberto Akira Yamachita, E. da C. B. Osvaldo José Venturini, e F. J. H. N. Luiz Augusto Horta Nogueira, *Eficiência Energética: Fundamentos e Aplicações*. Marcos Dias.
- [5] BRASIL. Decreto nº20.466, 1931. Institui horário de verão em todo território nacional. Disponível em: <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1930-1939/decreto-20466-1-outubro-1931-560651-publicacaooriginal-83760-pe.html> [Acessado: 26 – ago – 2018].
- [6] BRASIL. Lei nº 9, 1996. Institui Agência Nacional de Energia Elétrica. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9427compilada.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9427compilada.htm) [Acessado: 26 – ago – 2018].
- [7] BRASIL. Decreto nº 2.335, 1997. Constituída a Agência Nacional de Energia Elétrica. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/D2335.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D2335.htm) [Acessado: 26 – ago – 2018].
- [8] BRASIL. Resolução nº242, 1998. Aprova programa de combate ao desperdício de energia elétrica. Disponível em: [http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/noticias/Output\\_Noticias.cfm?Identidade=221&id\\_area=90](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/noticias/Output_Noticias.cfm?Identidade=221&id_area=90) [Acessado: 26 – ago – 2018].

[9] BRASIL. Resolução nº261, 1999. Regulamenta a obrigatoriedade de aplicação de recursos das concessionárias de energia elétrica em ações de combate ao desperdício de energia elétrica e pesquisa e desenvolvimento tecnológico do setor elétrico. Disponível em: <https://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/AGENCIAS/ANEEL/RS0261-030999.PDF> [Acessado: 26 – ago – 2018].

[10] BRASIL. Lei nº 9.991, 2000. As concessionárias e permissionárias de serviços públicos de distribuição de energia elétrica ficam obrigadas a aplicar, anualmente, o montante de, no mínimo, setenta e cinco centésimos por cento de sua receita operacional líquida em pesquisa e desenvolvimento do setor elétrico e, no mínimo, vinte e cinco centésimos por cento em programas de eficiência energética no uso final. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L9991.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9991.htm). [Acessado: 26 – ago – 2018].

[11] Ministério de Minas e Energia e Empresa de Pesquisa Energética, “Plano Nacional de Energia 2030”. 2007.

[12] BRASIL. Lei 13.203, 2015. Os percentuais mínimos definidos no caput deste artigo serão de 0,50%, tanto para pesquisa e desenvolvimento para programas de eficiência energética na oferta e no uso final da energia. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2015-2018/2015/Lei/L13203.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2015/Lei/L13203.htm) [Acessado: 26 – ago – 2018].

[13] ANEEL, “Agência Nacional de Energia Elétrica”. [Online]. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/>. [Acessado: 02 - set -2018].

[14] ANEEL, “Procedimentos do Programa de Eficiência Energética: Módulo 4 - Tipologias de Projeto”. 21-set-2013.

[15] MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, “Manual de iluminação”. ago – 2011.

[16] B. F. de BARROS, R. BORELLI, e R. L. GEDRA, *Gerenciamento de Energia: Ações Administrativas e Técnicas do Uso Adequado de Energia Elétrica*, 1ª. São Paulo: Editora Érica LTDA, 2012.



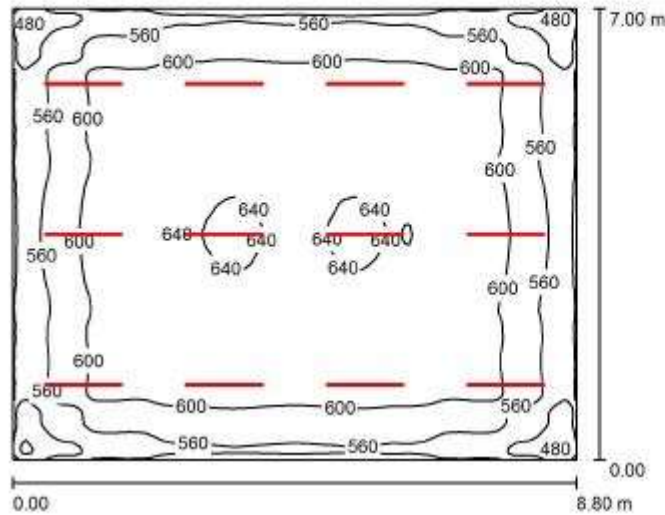
- [17] E. V. Organization, “Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance: Conceitos e Opções para a Determinação de Economias de Energia e Água.” EVO, jan-2012.
- [18] R. A. PINTO, “Projeto e Implementação de Lâmpadas para Iluminação de Interiores empregando Diodos Emissores de Luz (LEDs)”, Mestrado, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2008.
- [19] V. de A. Moreira, *Iluminação Elétrica*, 1<sup>a</sup>. Edgard Blucher, 1999
- [20] R. V. A. MONTEIRO, B. C. CARVALHO, e F. NOGUEIRA, “Engineering and Science”, *Drivers de Lâmpadas de LED: Topologias, Aplicações e Desempenho LED Lamps Drivers: Topology, Applications and Performance*, p. 7, nov-2014.
- [21] R. A. PINTO, “Projeto e Implementação de Lâmpadas para Iluminação de Interiores empregando Diodos Emissores de Luz (LEDs)”, Mestrado, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2008.
- [22] “ABNT NBR ISO/CIE 8995-1: Iluminação de ambientes de trabalho. Parte 1: Interior”. 21-mar-2013.
- [23] MINIPA, “Manual de Instruções: Luxímetro Digital MLM-1011 Minipa”. MINIPA.
- [24] PHILIPS, “Catálogo: Essencial LEDtube T8”. 27-fev-2018
- [25] ENERGISA PB, “Chamada Pública de Projetos PEE Energisa Paraíba - CPP 001/2018”. Energisa Paraíba, 04-09-2018.
- [26] INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO, “Tabela de preços dos eletricitistas”. Disponível em: <http://www.sineidt.org.br/Autonomo/QuantoCusta.aspx> . [Acessado: 23 - out- 2018].

[27] ENERGISA PB, “Chamadas públicas” – Planilha de cálculo RCB Paraíba. Disponível em: [HTTPS://www.energisa.com.br/Paginas/sustentabilidade/eficiencia-energetica/ch.aspx](https://www.energisa.com.br/Paginas/sustentabilidade/eficiencia-energetica/ch.aspx) [Acessado 25 - set – 2018].

## ANEXO A

A seguir é apresentado com mais detalhes a iluminância dos blocos A,B e C, através de um resumo expedido pelo Dialux.

### Sala 1 / Resumo



Altura da sala: 2.900 m, Altura de montagem: 2.900 m, Factor de manutenção: 0.80

Valores em Lux, Escala 1:90

Superfície	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano de uso	/	595	459	646	0.771
Solo	27	543	398	600	0.732
Tecto	86	418	204	7333	0.487
Paredes (4)	86	445	286	613	/

**Plano de uso:**  
 Altura: 0.800 m  
 Grelha: 128 x 128 Pontos  
 Zona marginal: 0.000 m

**UGR**  
 Parede esquerda 26  
 Parede inferior 24  
 (CIE, SHR = 1.00.)

Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.800, Tecto / Plano de uso: 0.694.

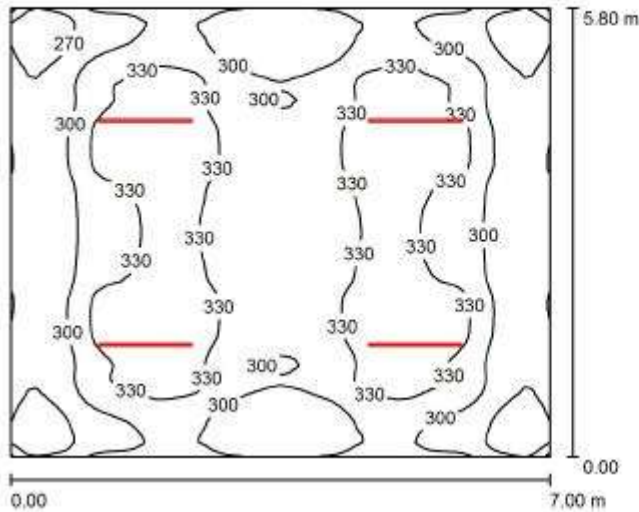
#### Lista de luminárias

Nº	Unid.	Denominação (Factor de correcção)	$\Phi$ (Luminária) [lm]	$\Phi$ (Lâmpadas) [lm]	P [W]
1	12	Philips 1xTLED 18W 6500K 240D 9290011945 (Tipo 1)* (1.000)	3700	3700	36.0
*Dados técnicos alterados			Total: 44400	Total: 44400	432.0

## ANEXO B

Nas imagens abaixo são apresentado com mais detalhes a iluminânciado bloco D, tipo I e tipo II, respectivamente, através de um resumo fornecido do Dialux.

### Sala 2 / Resumo



Altura da sala: 3.000 m, Altura de montagem: 3.000 m, Factor de manutenção: 0.80

Valores em Lux, Escala 1:75

Superfície	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano de uso	/	310	242	359	0.782
Solo	27	278	220	308	0.792
Tecto	86	229	127	5922	0.556
Paredes (4)	86	228	163	392	/

**Plano de uso:**  
 Altura: 0.800 m  
 Grelha: 64 x 64 Pontos  
 Zona marginal: 0.000 m

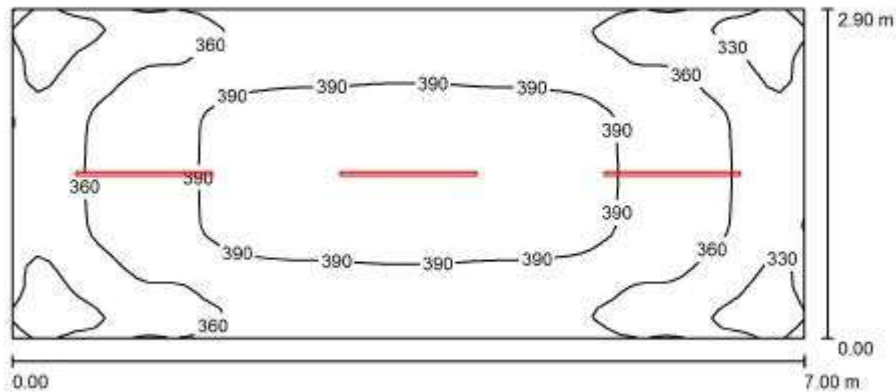
**UGR**  
 Parede esquerda: 24  
 Parede inferior: 23  
 (CIE, SHR = 1.00.)

Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.782, Tecto / Plano de uso: 0.738.

#### Lista de luminárias

Nº	Unid.	Denominação (Factor de correcção)	$\Phi$ (Luminária) [lm]	$\Phi$ (Lâmpadas) [lm]	P [W]
1	4	Philips 1xTLED 18W 6500K 240D 9290011945 (Tipo 1)* (1.000)	3700	3700	36.0
			Total: 14800	Total: 14800	144.0

\*Dados técnicos alterados



Altura da sala: 3.700 m, Altura de montagem: 3.700 m, Factor de manutenção: 0.80

Valores em Lux, Escala 1:51

Superfície	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano de uso	/	373	289	411	0.776
Solo	27	322	263	354	0.816
Tecto	86	369	225	6075	0.611
Paredes (4)	86	309	180	498	/

#### Plano de uso:

Altura: 0.800 m  
 Grelha: 64 x 32 Pontos  
 Zona marginal: 0.000 m

Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.904, Tecto / Plano de uso: 0.990.

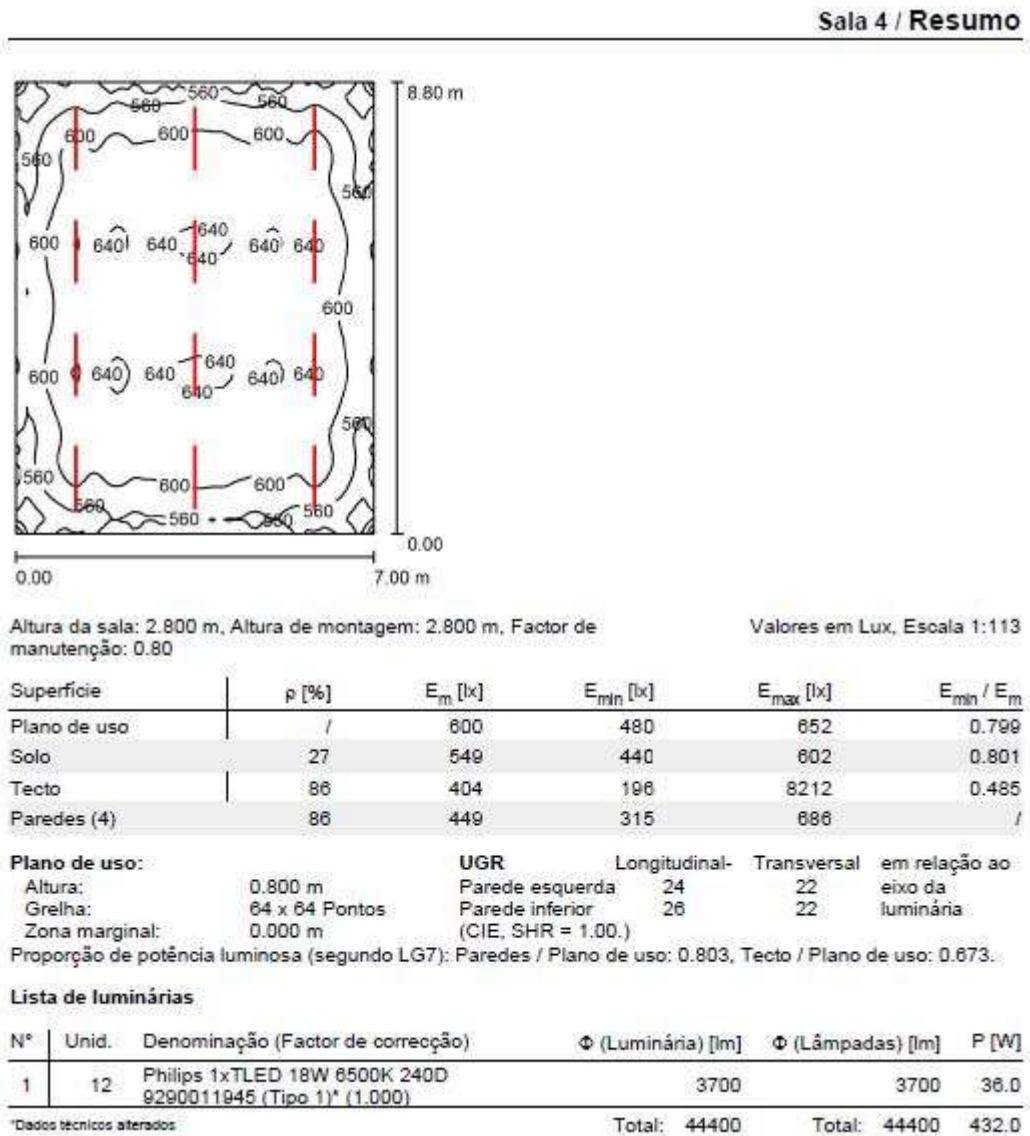
#### Lista de luminárias

Nº	Unid.	Denominação (Factor de correcção)	$\Phi$ (Luminária) [lm]	$\Phi$ (Lâmpadas) [lm]	P [W]
1	3	Philips 1xTLED 18W 6500K 240D 9290011945 (Tipo 1)* (1.000)	3700	3700	36.0
Total:			11100	11100	108.0

\*Dados técnicos alterados

## ANEXO C

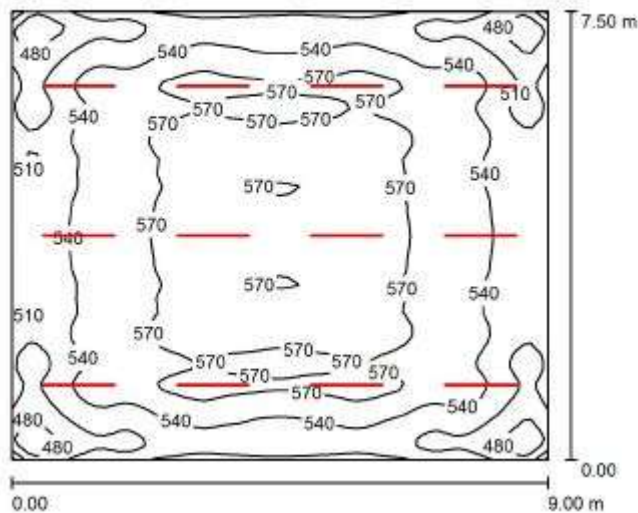
Na figura a seguir é apresentado com mais detalhes a iluminânciado bloco E, através de um resumo publicado pelo Dialux.



## ANEXO D

Na imagem a seguir é apresentado com mais detalhes a iluminância do bloco F, através de um resumo apresentado pelo Dialux.

### Sala 1 / Resumo



Altura da sala: 3.000 m, Altura de montagem: 3.000 m, Factor de manutenção: 0.80

Valores em Lux, Escala 1:97

Superfície	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano de uso	/	547	448	593	0.818
Solo	27	502	400	550	0.797
Tecto	86	375	180	8290	0.479
Paredes (4)	86	409	293	590	/

#### Plano de uso:

Altura: 0.800 m  
Grelha: 64 x 64 Pontos  
Zona marginal: 0.000 m

#### UGR

Parede esquerda 26  
Parede inferior 24  
(CIE, SHR = 1.00.)

Longitudinal- 26  
Transversal 22  
em relação ao eixo da luminária

Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.799, Tecto / Plano de uso: 0.686.

#### Lista de luminárias

Nº	Unid.	Denominação (Factor de correcção)	$\Phi$ (Luminária) [lm]	$\Phi$ (Lâmpadas) [lm]	P [W]
1	12	Philips 1xTLED 18W 8500K 240D 9290011945 (Tipo 1)* (1.000)	3700	3700	36.0

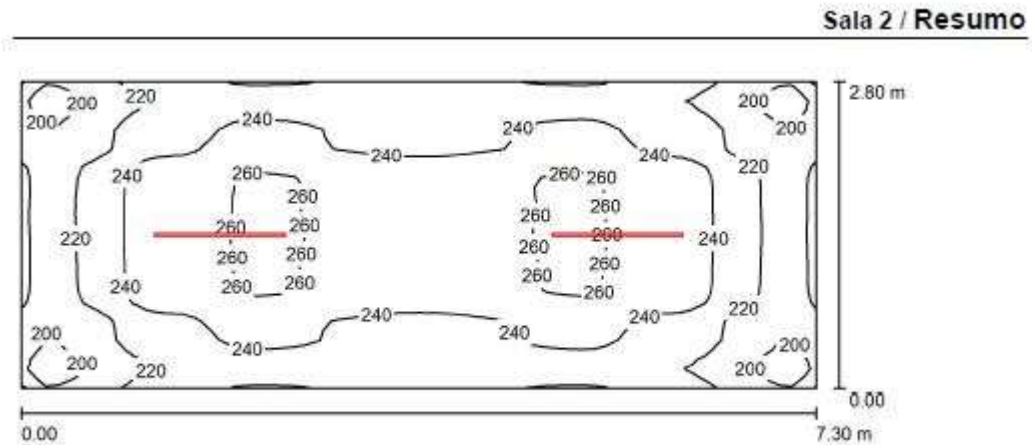
\*Dados técnicos alterados

Total: 44400 Total: 44400 432.0



## ANEXO E

Na imagem a seguir é apresentado com mais detalhes a iluminância do bloco G, através de um resumo fornecido pelo Dialux.



Altura da sala: 3.700 m, Altura de montagem: 3.700 m, Factor de manutenção: 0.80

Valores em Lux, Escala 1:53

Superfície	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano de uso	/	236	181	263	0.766
Solo	27	203	164	222	0.807
Tecto	86	229	129	6017	0.564
Paredes (4)	86	192	112	364	/

### Plano de uso:

Altura: 0.800 m

Grelha: 64 x 32 Pontos

Zona marginal: 0.000 m

Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.885, Tecto / Plano de uso: 0.972.

### Lista de luminárias

N°	Unid.	Denominação (Factor de correcção)	$\Phi$ (Luminária) [lm]	$\Phi$ (Lâmpadas) [lm]	P [W]
1	2	Philips 1xTLED 18W 6500K 240D 9290011945 (Tipo 1)* (1.000)	3700	3700	36.0
*Dados técnicos alterados			Total: 7400	Total: 7400	72.0