



CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA



Universidade Federal  
de Campina Grande

VINÍCIUS FREIRE BEZERRA

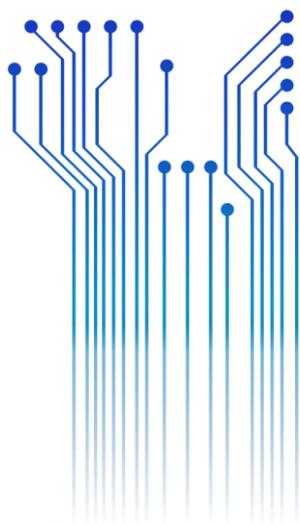


Centro de Engenharia  
Elétrica e Informática

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO  
PREFEITURA UNIVERSITÁRIA - UFCG.



Departamento de  
Engenharia Elétrica



Campina Grande  
2019

VINÍCIUS FREIRE BEZERRA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

*Relatório de Estágio Supervisionado submetido à Coordenação do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências no Domínio da Engenharia Elétrica.*

Área de Concentração: Eficiência Energética

Professor Karcus Marcelus Colaço Dantas, D.Sc.  
Orientador

Campina Grande  
2019

VINÍCIUS FREIRE BEZERRA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

*Relatório de Estágio Supervisionado submetido à Coordenação do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências no Domínio da Engenharia Elétrica.*

Área de Concentração: Eficiência Energética

Aprovado em        /        /

Professor Avaliador  
Universidade Federal de Campina Grande  
Avaliador

Professor Karcus Marcelus Colaço Dantas, D.Sc.  
Universidade Federal de Campina Grande  
Orientador, UFCG

Dedico este trabalho aos meus pais, que me apoiaram e deram total suporte na minha formação.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me permitir alcançar esse objetivo.

Aos meus pais, Márcio e Sayonarah, que sempre me apoiaram em todos os momentos em minha vida, bem como sempre me incentivaram a continuar no caminho da educação.

Agradeço ao professor Karcus Marcelus pela orientação deste trabalho, em que seus conhecimentos transmitidos ao longo do curso foram indispensáveis para minha vida acadêmica.

A todos os meus colegas e amigos que fiz durante o período de graduação que, de forma direta ou indireta, contribuíram para que eu chegasse até aqui.

À engenheira Camila Guedes, pela oportunidade de estágio e por sua supervisão e sempre estar disposta a acolher novas ideias e tirar dúvidas.

Por fim, agradeço aos funcionários do DEE, em especial a Adail e Tchai, que sempre estiveram acessíveis e dispostos a acolher o corpo discente qualquer que fosse o problema.

*“O amanhecer é o momento  
Mais bonito do dia, mas, quando ele  
Chega, encontra a maioria das pessoas dormindo. ”*

Leonel Brizola.

## RESUMO

Este trabalho consiste no relatório de estágio do estudante de engenharia elétrica Vinícius Freire Bezerra na Prefeitura Universitária da Universidade Federal de Campina Grande. O estágio, com duração de 240 horas, teve como principais objetivos o estudo sobre eficiência energética para criar metas práticas para implementar na UFCG visando a redução do consumo de energia elétrica. Foi realizado também o projeto luminotécnico no bloco da Prefeitura com intuito de aproximá-lo de um modelo de eficiência energética. Foram utilizadas as normas técnicas ABNT NBR ISO/CIE 8995-1 de 2013, e também os *softwares* DIALux evo e AutoCAD.

Palavras-chave: Prefeitura Universitária, Projeto Luminotécnico, Eficiência Energética , ABNT NBR ISO/CIE 8995-1, DIALux evo.

# ABSTRACT

This work consists of the traineeship report of the electrical engineering student Vinícius Freire Bezerra at the Federal University of Campina Grande City Hall. The 240 hour internship focused on energy efficiency to create practical goals to be implemented at the UFCG to reduce electricity consumption. The lighting Project was also carried out in the block of the City Hall in order to bring it closer to an energy efficiency model. The technical standards ABNT NBR ISO/CIE 8995-1 of 2013 were used, as well as the software DIALux evo and AutoCAD.

Keywords: University Hall, Lighting Project, Energy Efficiency, ABNT NBR ISO/CIE 8995-1, DIALux evo.

# LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Prefeitura Universitária da UFCG, campus de Campina Grande .....	3
Figura 2 – Espectro de luz visível ao olho humano. ....	5
Figura 3 – Fonte luminosa puntiforme iluminando um ângulo sólido.....	6
Figura 4 – Representação do fluxo luminoso de uma fonte.....	6
Figura 5 – Ilustração do efeito de Iluminância de uma fonte. ....	7
Figura 6 – Local de trabalho num escritório.....	8
Figura 7 – Guia Básico de Iluminação. ....	9
Figura 8 – Etiqueta do PBE.....	12
Figura 9 – Selo do PROCEL .....	13
Figura 10 – Selo CONPET.....	14
Figura 11 – Eficiência Luminosa de várias lâmpadas. ....	16
Figura 12 – Lâmpada incandescente com filamento de carbono.....	16
Figura 13 – Lâmpada fluorescente. ....	17
Figura 14 – Lâmpada mista .....	17
Figura 15 – Lâmpada a vapor de mercúrio.....	18
Figura 16 – Lâmpada a vapor de sódio.....	18
Figura 17 – Lâmpada LED.....	19
Figura 18 – Comparação entre a vida útil de algumas lâmpadas.....	19
Figura 19 – Diagrama de uso final de energia elétrica com finalidade de refrigeração.....	20
Figura 20 – Projeto em 3D da PU .....	22
Figura 21 – Planta baixa da PU.....	25
Figura 22 – Sala dos estagiários, via DIALux .....	26
Figura 23 – Sala da coordenadora de estágio, via DIALux .....	27
Figura 24 –Diagrama de cores falsas da simulação em 2D .....	28

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

2D	2 Dimensões
3D	3 Dimensões
ABESCO	Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRADEE	Associação Brasileira de Distribuidoras de Energia Elétrica
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CAD	<i>Computer aided design</i>
CONPET	Programa Nacional de Racionalização do Uso de Derivados do
E	Petróleo de Gás Natural
ENCE	Etiqueta Nacional de Conservação de Energia
I	Intensidade Luminosa
IRC	Índice de Reprodução de Cor
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
LED	<i>Light Emissor Diode</i>
NBR	Norma Técnica
PBE	Programa Brasileiro de Etiquetagem
PEE	Programas de Eficiência das Concessionárias de Energia Elétrica
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
PU	Prefeitura Universitária
SI	Sistema Internacional de Unidades
U	Uniformidade
UFMG	Universidade Federal de Campina Grande
UFPB	Universidade Federal da Paraíba

# SUMÁRIO

1	Introdução.....	1
1.1	Objetivos do Estágio.....	1
1.2	A Prefeitura Universitária.....	2
1.3	Organização do Trabalho.....	3
2	Fundamentação Teórica.....	4
2.1	Lâmpada Elétrica.....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
2.2	Normas Regulamentadoras.....	4
2.2.1	NBR 5410 Instalações Elétricas de Baixa Tensão.....	4
2.2.2	NBR ISO/CIE 8995-1 Iluminação de ambientes de trabalho Parte 1: Interior.....	4
2.2.3	NBR 5101 Iluminação Pública.....	5
2.3	Conceitos Luminotécnicos.....	5
2.4	Eficiência Energética.....	10
2.5	<i>Softwares</i> utilizados.....	21
2.5.1	DIALux Evo 7.1.....	21
2.5.2	AutoCAD.....	22
3	Atividades Realizadas.....	22
3.1	Inspeção no bloco AJ.....	23
3.2	Eficiência energética.....	23
3.3	Projeto Luminotécnico.....	24
4	Conclusão.....	29
	Referências.....	30
	ANEXO A – Dados da vistoria do bloco AJ.....	31
	ANEXO B – Datasheet da Luminária Utilizada.....	33

# 1 INTRODUÇÃO

Este relatório tem como objetivo apresentar a experiência de estágio supervisionado do estudante Vinícius Freire Bezerra, do curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), que foi realizado na Prefeitura Universitária (PU) da UFCG, sob supervisão da Engenheira Camila Guedes.

O estágio supervisionado referido teve início no dia 14 de maio de 2019 e encerrou no dia 08 de julho de 2019 totalizando 240 horas como requerido nos termos desta instituição.

A disciplina de estágio, sendo supervisionado ou integrado, tem como principal objetivo o cumprimento das exigências da disciplina integrante da grade curricular, Estágio Curricular, do Curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande. No entanto, essa disciplina não representa apenas uma obrigação curricular a ser cumprida. De fato, o estágio é indispensável para a formação profissional, já que consolida os conhecimentos, adquiridos previamente pelos alunos nas demais disciplinas, e direciona para uma atividade do mercado de trabalho.

Dentre as atividades desenvolvidas pelo estudante, destaca-se:

- Projeto Luminotécnico do bloco da PU campus Campina Grande;
- Pesquisa bibliográfica para embasar as medidas de eficiência energética a serem adotadas na UFCG;
- Projeto e execução de ações para tornar a Prefeitura Universitária e o bloco CJ modelos de eficiência energética da UFCG;

## 1.1 OBJETIVOS DO ESTÁGIO

O estágio supervisionado na Prefeitura Universitária teve por objetivo a elaboração de um projeto Luminotécnico, utilizando o software DIALux, no bloco da PU do campus Campina Grande incluindo todos os fatores necessários para uma implementação futura do mesmo. Além disso, foi estudado medidas de eficiência

energética para serem adotadas na UFCG como um todo a fim de gerar redução no consumo energético.

## 1.2 A PREFEITURA UNIVERSITÁRIA

A Prefeitura Universitária, antes subprefeitura, passou a ter esse status após o desmembramento da UFPB pela Lei 10.419/2002 e criação da UFCG. Ela pertence à estrutura da Reitoria da UFCG e tem suas atribuições definidas pela resolução 06/2005 do Colegiado Pleno do Conselho Universitário .

As competências da Prefeitura Universitária estão dispostas no artigo 26 da Resolução 06/2005 do Colegiado Pleno do Conselho Universitário da UFCG e são as seguintes :

I – colaborar com a Secretaria de Planejamento e Orçamento, no planejamento e desenvolvimento físico dos campi da Universidade;

II – elaborar estudos e projetos de edificações e infraestruturas nos campi ou fora deles quando do interesse da Universidade; 16

III – solicitar a contratação, fiscalizar, executar e controlar obras e serviços de engenharia;

VI – manter e conservar bens móveis e imóveis da universidade;

V – gerenciar o setor de transportes;

VI – planejar, fiscalizar, controlar e operar os serviços públicos de água, energia e comunicações;

VII – determinar o setor de exercício dos servidores lotados na Secretaria;

VIII – zelar pela segurança da comunidade acadêmica, no âmbito dos campi, bem como pelo patrimônio da Universidade;

IX – gerir os créditos provisionados e os recursos repassados, que se destinem à execução de suas atividades.

A missão da Prefeitura Universitária da UFCG é promover ações de melhoria das condições ambientais de infraestrutura do Campus, implementando ações de planejamento, conservação, segurança, logística de transporte e telefonia.

Uma fotografia é representada na Figura 1:

Figura 1 – Prefeitura Universitária da UFCG, campus de Campina Grande



Fonte: Própria do autor.

### 1.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho está dividido em 4 capítulos e estão organizados da seguinte forma:

- Capítulo 1: Introdução do trabalho, aspecto geral da Prefeitura Universitária e organização do trabalho;
- Capítulo 2: Fundamentação teórica que servirá de embasamento para o entendimento do trabalho;
- Capítulo 3: Detalhamento das atividades realizadas;
- Capítulo 4: Conclusão geral sobre o trabalho.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para o desenvolvimento deste trabalho, faz-se necessário o conhecimento sobre eficiência energética e conceitos luminotécnicos.

Neste Capítulo serão apresentados conceitos imprescindíveis para o efetivo entendimento das atividades desenvolvidas. Serão abordados também uma pequena introdução aos *softwares* DIALux evo e AutoCAD.

### 2.1 NORMAS REGULAMENTADORAS

#### 2.1.1 NBR 5410 INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE BAIXA TENSÃO

Esta norma tem como objetivo “garantir a segurança de pessoas e animais, o funcionamento adequado da instalação e a conservação dos bens”, por meio de condições estabelecidas que devam ser aplicadas às instalações elétricas de baixa tensão. Tais instalações são principalmente de cunho predial, mas também englobam as áreas externas às edificações. Dentre outros aspectos, a NBR 5410 aborda temas como a divisão de circuitos, sistemas adequados de aterramento, dimensionamento dos materiais e proteção adequada às instalações (ABNT, NBR 5410 – Instalações Elétricas de Baixa Tensão, 2008)

#### 2.1.2 NBR ISO/CIE 8995-1 ILUMINAÇÃO DE AMBIENTES DE TRABALHO PARTE 1: INTERIOR

A norma NBR ISO/CIE 8995 Parte 1, do comitê de eletricidade, “especifica os requisitos de iluminação para locais de trabalho internos e os requisitos para que as pessoas desempenhem tarefas visuais de maneira eficiente, com conforto e segurança durante todo o período de trabalho” (ABNT, NBR ISO/CIE 8995-1 Iluminação de Ambientes de Trabalho, 2013).

De forma geral, a norma discute os conceitos e definições relacionados ao vocabulário de Iluminação e os critérios importantes ao projeto de iluminação.

### 2.1.3 NBR 5101 ILUMINAÇÃO PÚBLICA

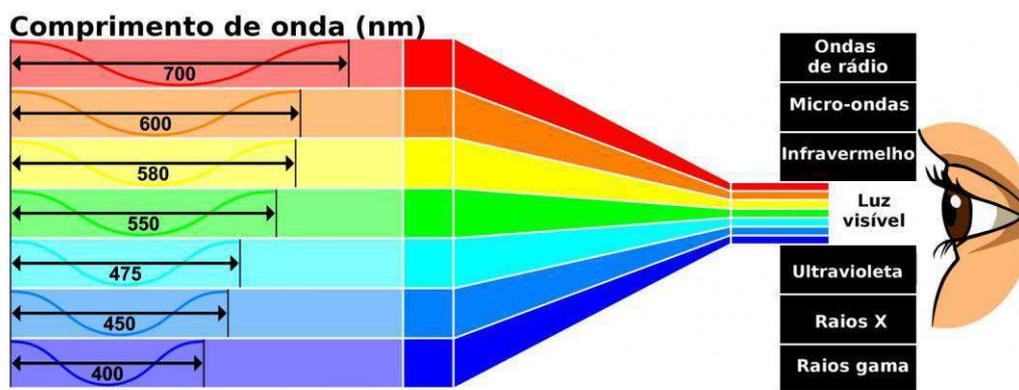
A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) elaborou a Norma Brasileira (NBR) 5101 com objetivo de estabelecer os requisitos para iluminação do que são classificadas como vias públicas, oferecendo maior segurança aos pedestres e veículos. Essa norma resalta os termos e definições da norma de Iluminação NBR 5461, 6 apresenta a classificação das vias públicas e trata dos critérios de Iluminância e uniformidade (ABNT, NRB 5101 – Iluminação pública, 2012).

## 2.2 CONCEITOS LUMINOTÉCNICOS

Alguns conceitos básicos provenientes de estudo em sala de aula acerca de luminotécnica são expostos em [4] . Esses são dispostos a seguir:

- **Luz:** são ondas eletromagnéticas cujas frequências estão situadas na faixa que pode ser captada pelo olho humano. A Figura 2 abaixo ilustra o espectro de luz que é visível ao olho humano.

Figura 2 – Espectro de luz visível ao olho humano.



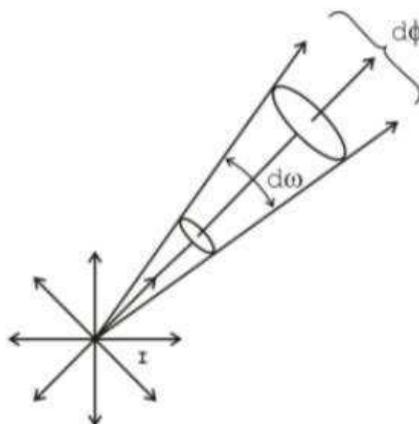
Fonte: <https://brasilecola.uol.com.br/>

- **Intensidade Luminosa (I):** dada uma determinada direção, corresponde à medida de percepção da potência emitida por uma fonte luminosa. É a grandeza física básica do sistema internacional de unidades (SI) para a luminotécnica, sendo dada em

candela [  $Cd$  ]. A equação 1 mostra como a intensidade luminosa pode ser calculada e a Figura 3 exhibe esse comportamento.

$$I = \frac{d\phi}{d\omega} \quad (1)$$

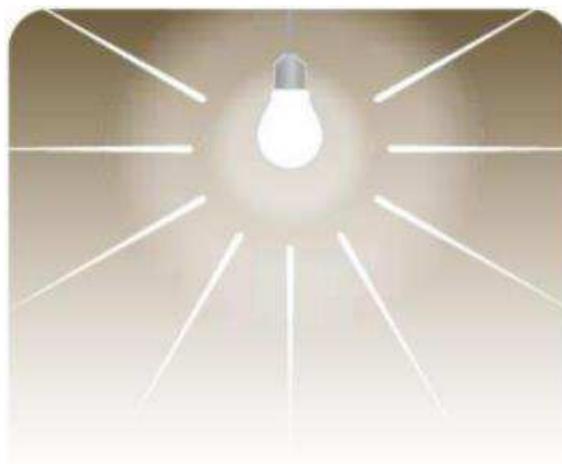
Figura 3 – Fonte luminosa puntiforme iluminando um ângulo sólido.



Fonte: Guia experimental de Fotometria

- Fluxo Luminoso (  $\Phi$  ): quantidade de luz produzida pela fonte luminosa, artificial ou natural. É dada em lúmen [  $Lm$  ], que corresponde à intensidade luminosa puntiforme e invariável de 1  $Cd$  emitida para todas as direções;

Figura 4 – Representação do fluxo luminoso de uma fonte.



Fonte: Catálogo Lumidee

- Iluminância (E): é o fluxo luminoso perpendicularmente incidente por unidade de área iluminada. Pode ser entendido como a densidade superficial de fluxo luminoso. A unidade é o lux [ lx ], correspondente à 1 lúmen por metro quadrado. A equação (2) descreve a relação entre a iluminância ( E ), o fluxo luminoso (  $\Phi$  ) a área da superfície ( A );

$$E = \frac{\Phi}{A} \quad (2)$$

Figura 5 – Ilustração do efeito de Iluminância de uma fonte



Fonte: Catálogo Lumidee

- Luminância: é uma medida de auxílio ao reconhecimento da magnitude do ofuscamento, relacionada à reflexão da luz que incide em uma superfície. A unidade da luminância é [ Cd / m<sup>2</sup> ];

- Temperatura de Cor: é a aparência que uma fonte luminosa tem para um receptor. Quanto mais altas as temperaturas, mais próximo da cor vermelha se encontra a cor, logo menor a frequência no espectro luminoso. Quanto menores as temperaturas, mais próximo do violeta a cor está, logo maior é a frequência no espectro luminoso;

- Índice de Reprodução de Cor (IRC): considerando um receptor visual ideal (saudável e capaz de enxergar nitidamente as cores) é uma indicação do quão a fonte luminosa torna precisa a distinção das cores. É um número que varia entre 0 e 100, sendo 0 um valor em que a fonte não torna possível a diferenciação de cores e 100 onde a mesma dá plenas condições de identificação;

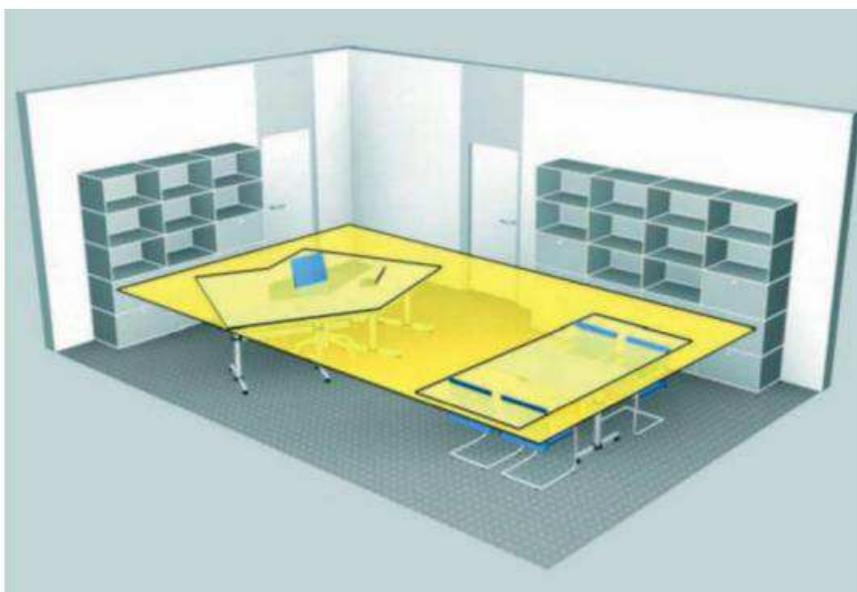
- Eficiência Luminosa: é a relação entre o fluxo luminoso emitido por uma lâmpada e a potência que a mesma consome. Dada uma lâmpada este é um fator que indica se é viável a utilização desta lâmpada ou não. É dada em [  $Lm/W$  ];

- Curva de Distribuição Luminosa: é uma curva polar no qual se considera a lâmpada como sendo puntiforme e localizada no centro do diagrama. A intensidade luminosa é representada em várias direções por vetores que saem do ponto central do diagrama.

- Área de tarefa: é a região em que ocorrerá o trabalho que necessita da iluminação.
- Plano de trabalho: é a altura estabelecida para determinar onde vai ser realizado o trabalho. Geralmente considera-se 0.75m, no entanto pode variar a depender do tipo de atividade a ser realizada. A Figura 6 ilustra um exemplo de um escritório, em que é considerado uma área de tarefa a mesa e a uma altura de 0.75m.

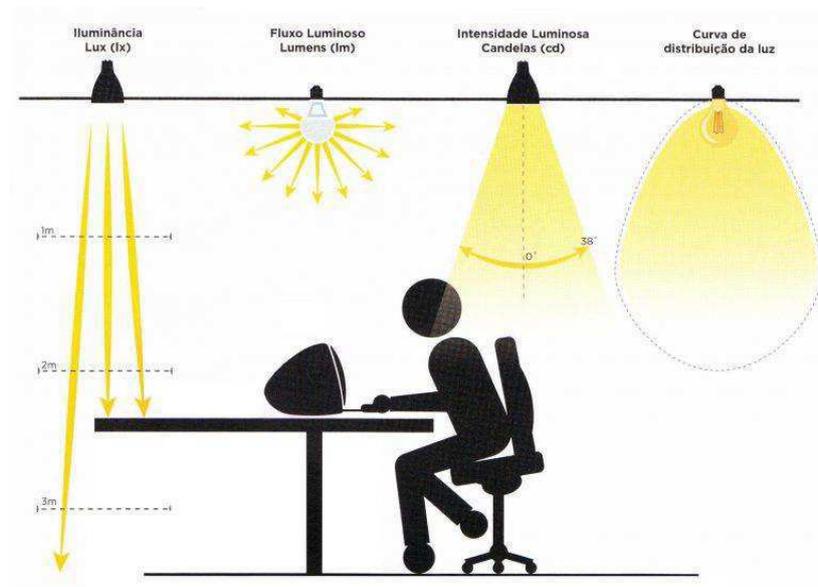
Na Figura 6 representa-se um diagrama que evidencia alguns conceitos abordados neste tópico.

Figura 6 – Local de trabalho num escritório



Fonte: NBR ISO/CIE 8995-1

Figura 7 – Guia Básico de Iluminação



Fonte: DRLUX, Guia Básico de Iluminação.

Como detalhado na NBR ISO/CIE 8995-1, existem alguns critérios de um projeto de iluminação, tais como:

- Ambiente luminoso: Oferecer uma boa iluminação para locais de trabalho é muito mais que apenas fornecer uma boa visualização da tarefa. É essencial que as tarefas sejam realizadas facilmente e com conforto. Com isso, fatores quantitativos e qualitativos devem ser exigidos pelo ambiente. Em geral, a iluminação assegura:
  - Conforto visual, dando sensação de bem-estar;
  - Desempenho visual, capacitando os trabalhadores a realizar suas tarefas visuais, rápida e precisamente, mesmo sob circunstâncias difíceis e durante longos períodos;
  - Segurança visual, ao olhar ao redor e detectar perigos.
- Distribuição da luminância: A distribuição da luminância no campo de visão controla o nível de adaptação dos olhos, o qual afeta a visibilidade da tarefa. Uma adaptação bem balanceada da luminância é necessária para prover os seguintes aspectos:
  - Acuidade visual (nitidez da visão);
  - Sensibilidade ao contraste (discriminação das diferenças relativamente pequenas de luminância);

- Eficiência das funções oculares (como acomodação, convergência, contrações pupilares, movimento dos olhos, etc).

Além desses critérios apresentados, existem fatores quantitativos que servem como controle de qualidade de um projeto luminotécnico.

Esses fatores são detalhados abaixo:

- Uniformidade (U): é a razão da iluminância mínima pela iluminância média para uma determinada superfície. Matematicamente é expressa pela expressão abaixo:

$$U = \frac{E_{min}}{E_{medio}} \quad (3)$$

- Ofuscamento: é caracterizado pela sensação de desconforto visual causado pelo brilho de certas áreas. Como critério qualitativo de um projeto é utilizado o Índice de Ofuscamento Unificado (UGR) que representa o nível de desconforto por ofuscamento.
- Índice de Reprodução de Cor ( $R_a$  ou IRC): refere-se ao valor em percentual médio relativo a sensação de reprodução de cor.

## 2.3 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Após a Revolução Industrial, o impacto da atividade humana sobre o meio ambiente tornou-se expressivo. O aumento populacional gerou aumento de consumo e problemas ambientais cuja solução tornou-se o desafio desse século: a conquista da qualidade de vida sem o comprometimento da integridade do planeta.

A eficiência energética surge para buscar alternativa e é fortemente objeto de estudo para que o uso da energia elétrica seja realizado de forma eficiente. Por definição, eficiência energética consiste da relação entre a quantidade de energia empregada em uma atividade e aquela disponibilizada para sua realização. (<http://www.abesco.com.br/pt/o-que-e-eficiencia-energetica-ee/>)

Eficiência energética trata-se de uma atividade técnico-econômica que objetiva:

- Proporcionar o melhor consumo de energia e água, com redução de custos operacionais correlatos;
- Minimizar contingenciamentos no suprimento desses insumos;
- Introduzir elementos e instrumentos necessários para o gerenciamento energético e hídrico da empresa ou empreendimento. (ABESCO (Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia) ).

Entre as principais ações de Eficiência Energética pode-se citar:

- PBE – Programa Brasileiro de Etiquetagem;
- PROCEL- Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica;
- CONPET- Programa Nacional de Racionalização do Uso de Derivados do Petróleo e Gás Natural;
- PEE - Programas de Eficiência das Concessionárias de Energia Elétrica.

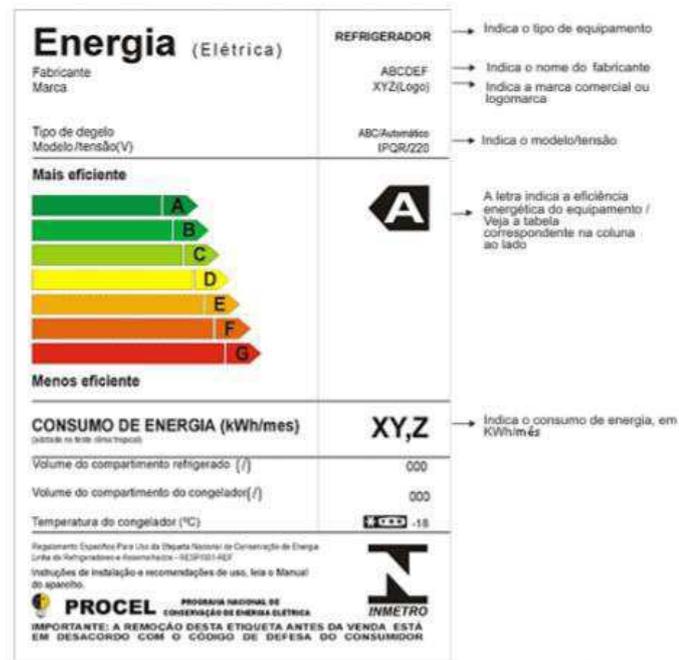
## PBE

Programa de conservação de energia que, através da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE), visa orientar o consumidor quanto à eficiência energética de alguns produtos comercializados no País.

Seu objetivo é estimular a racionalização do consumo de energia através da utilização de produtos mais eficientes. São realizados testes que são repetidos periodicamente e a partir desses testes é criada uma escala onde os produtos são classificados. A Figura 8 ilustra um exemplo de etiqueta.

Esse programa estimula a competitividade do mercado, pois a cada nova avaliação, a tendência é que os fabricantes procurem atingir níveis de desempenho melhores. Ao longo de 20 anos o programa produziu resultados expressivos como: eficácia média em refrigeradores aumentou em 48% e fogões consomem 13% a menos de Gás Liquefeito de Petróleo (GLP).

Figura 8 – Etiqueta do PBE



Fonte: [compet.gov.br](http://compet.gov.br).

## PROCEL

O PROCEL inicialmente caracterizou-se pela publicação e distribuição de manuais destinados a orientar os consumidores para o combate ao desperdício e para o uso racional da energia elétrica. Foi vinculado ao Ministério de Minas e Energia, em 1985, e executado pela Eletrobrás.

Por meio de um decreto presidencial em 1993, foi criado o Selo PROCEL de Economia de Energia. Esse selo tem por objetivo orientar o consumidor no momento de uma compra, visto que ele indica os produtos que apresentem melhores níveis de eficiência energética.

Normalmente, os produtos contemplados com o Selo PROCEL são caracterizados pela faixa "A" da ENCE. Abaixo pode ser visto a Figura 9 com o Selo PROCEL.

Figura 9 – Selo do PROCEL



Fonte: [www.procelinfo.com.br](http://www.procelinfo.com.br)

## CONPET

O CONPET foi criado por meio de um decreto presidencial em 1991 e teve sua execução a cargo da Petrobrás. Como a própria sigla já diz, o objetivo desse programa é promover a conscientização da população sobre a importância da racionalização do uso dos derivados do petróleo e gás natural, bem como estimular a pesquisa e o desenvolvimento tecnológico em busca da eficiência energética.

Com relação ao Selo CONPET, o mesmo entrou em vigor em 2005 e é destinado aos equipamentos consumidores de derivados de petróleo e gás natural. Abaixo é mostrada a Figura do selo.

Figura 10 – Selo CONPET



Fonte: [www.conpet.gov.br](http://www.conpet.gov.br)

## PEE

O objetivo do PEE é promover o uso eficiente da energia elétrica em todos os setores da economia por meio de projetos que demonstrem a importância e a viabilidade econômica de melhoria da eficiência energética de equipamentos, processos e usos finais de energia. Busca-se maximizar os benefícios públicos da energia economizada e da demanda evitada, promovendo a transformação do mercado de eficiência energética, estimulando o desenvolvimento de novas tecnologias e a criação de hábitos e práticas racionais de uso da energia elétrica. (ANEEL)

Conforme a Lei nº 9.991, de 24 de julho de 2000, as empresas concessionárias de energia elétrica devem aplicar 0,5% da receita operacional líquida em PEE, na oferta e uso final da energia.

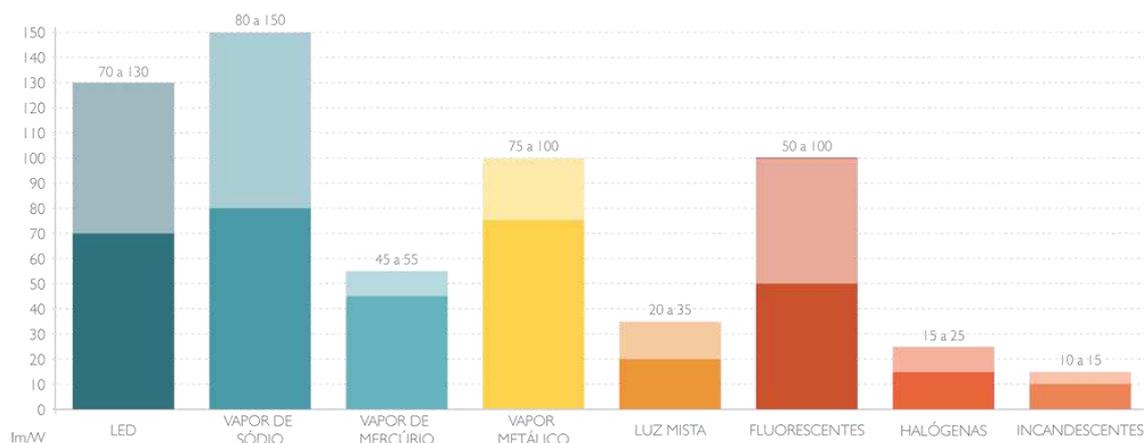
Quando se fala em eficiência energética, deve-se ter em mente que existem níveis em que esse conceito pode ser aplicado: geração, transmissão e no uso final.

- Geração: Substituição do estator e reisolamento de bobinas, design das pás e troca do rotor, manutenção (corretiva, preditiva e preventiva) de equipamentos e novos dados de vazão.
- Transmissão: é extremamente comum perdas por Efeito Joule, ocorrência do efeito Ferranti (aumento da tensão ao longo da linha) e até mesmo efeito corona. Para otimização desse sistema pode-se utilizar manutenção de equipamentos, substituição por outros de melhor desempenho e até compensação das linhas.
- Uso final: é a parte do sistema de energia elétrica na qual as melhorias de eficiência energética podem ser obtidas de forma mais rápida e simples. O uso final compreende:
  - Iluminação : Subsistema mais simples para se obter economias significativas de energia. Possui um alto poder de retorno de investimento. A eficiência é medida em lumens/watt.

Nesse nível, apenas a conscientização dos consumidores já pode ter um resultado impactante no consumo de energia. No entanto, um estudo que pode ser feito é o tipo de lâmpada que está sendo utilizado. Abaixo serão discutidos alguns tipos desse produto e suas características frente eficiência energética.

A Figura 11 classifica a eficiência de vários tipos de lâmpadas.

Figura 1 – Eficiência Luminosa de várias lâmpadas



Fonte: [www.empalux.com.br](http://www.empalux.com.br)

As lâmpadas incandescentes têm como princípio de funcionamento a passagem de uma corrente elétrica, que seja suficientemente intensa, por um filamento condutor, produzindo uma vibração das moléculas do filamento, o filamento se aquece, e num dado instante passa a brilhar.

Tais lâmpadas incandescentes são as que apresentam menor vida útil, em média mil horas, porém são os modelos de menor custo econômico. Com objetivo de obter diferentes luminosidades, o fabricante altera a espessura do filamento. Em geral, essas lâmpadas apresentam Eficiência Luminosa entre 8 e 18 lm/W. A Figura 12 apresenta uma lâmpada incandescente.

Figura 12 – Lâmpada incandescente com filamento de carbono



Fonte: [www.cec.com.br](http://www.cec.com.br)

As lâmpadas fluorescentes apresentam um desempenho satisfatório e são mais indicadas para iluminação de interiores. A Figura 13 ilustra um modelo de lâmpada fluorescente.

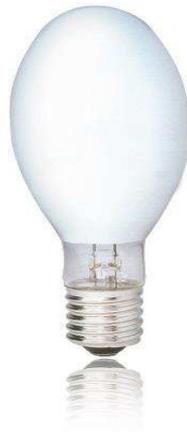
Figura 13 – Lâmpada fluorescente



Fonte: [www.copafer.com.br](http://www.copafer.com.br)

As lâmpadas mistas possuem uma eficiência um pouco menor que a fluorescente, porém não precisam de equipamentos auxiliares. Um exemplo é mostrado na Figura 14.

Figura 14 – Lâmpada mista



Fonte: [www.induspar.com.br](http://www.induspar.com.br)

As lâmpadas a vapor de mercúrio possuem maior eficiência e vida útil, e são muito bem empregadas em ambientes externos. Esse tipo de lâmpada, apresentado na Figura 15, possuem gás no seu tubo, apesar de serem visualmente iguais às lâmpadas mistas.

Figura 15 – Lâmpada a vapor de mercúrio



Fonte: [www.induspar.com.br](http://www.induspar.com.br)

As lâmpadas vapor de sódio apresentam uma ótima eficiência luminosa e uma aparência branco-amarelada. Esse tipo possui um boa vida útil e pode ser vista na Figura 16.

Figura 16 – Lâmpada a vapor de sódio



Fonte: Phillips

Uma tecnologia que vem ganhando bastante espaço pelas instalações mais modernas é o uso do Diodo Emissor de Luz, o famoso LED (Light Emissor Diode), amplamente utilizado em aplicações de eletrônica.

Uma das características pela qual esse tipo de lâmpada estar sendo utilizada é que elas apresentam alta eficiência luminosa, dimensões reduzidas, longa durabilidade e baixo consumo de energia, além de disponibilidade de várias cores, podendo ser utilizadas em semáforos, por exemplo. A Figura 17 ilustra uma lâmpada de LED.

Figura 17 – Lâmpada LED



Fonte: greenage.eco.br

Diante disso, a Figura 18 mostra um comparativo entre os tipos de lâmpadas descritos.

Figura 18 – Comparação entre a vida útil de algumas lâmpadas

Tipo	Vida útil (horas)
<b>Incandescente</b>	1.000 -6.000
<b>Infravermelha</b>	2.000-5.000
<b>Mista</b>	6.000-8.000
<b>Fluorescente</b>	7.500-12.000
<b>Vapor de Sódio</b>	12.000-16.000
<b>Vapor de Mercúrio</b>	9.000-24.000

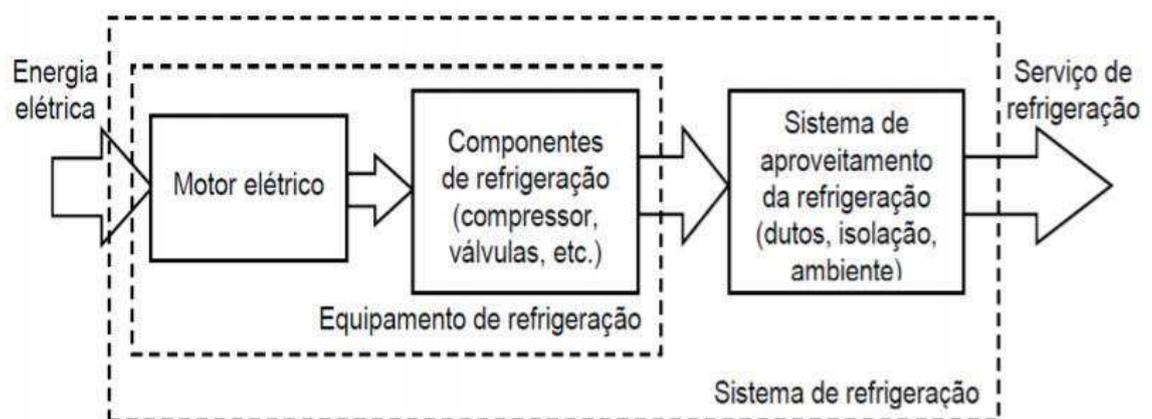
- Força motriz: O setor industrial é o que apresenta maior consumo de eletricidade. Isso se deve ao fato de que nas indústrias os processos envolvem caldeiras, fornos elétricos, estufas, máquinas elétricas etc.

Os motores elétricos são responsáveis por consumir muita energia, e algumas aplicações são exemplificadas a seguir: bombas, compressores, moinhos, misturadores, ventiladores. Como fatores para diminuir as perdas e aumentar a vida útil dos motores pode-se citar: dimensionamento correto dos motores, qualidade de energia da rede elétrica, seleção do motor mais adequado à potência mecânica exigida por um equipamento.

Outro fator, porém, não menos importante, consiste na correção de fator de potência, que pode ser realizada através da compensação com capacitores e com bancos automáticos de capacitores. Vale ressaltar que a ANEEL exige que o nível de fator de potência seja, no mínimo, 0.92, cabendo muita caso esse valor não seja atingido.

- Refrigeração: esse sistema possui objetivo de resfriar alguma substância ou meio. Suas duas principais aplicações são: ar condicionado e refrigeração industrial. O diagrama abaixo mostra a aplicação de energia elétrica para esse setor.

Figura 19 – Diagrama de uso final de energia elétrica com finalidade de refrigeração



Fonte: (MICHAHALLES, 2001).

A eficiência energética de um equipamento elétrico de refrigeração pode ser medida pela relação entre a energia térmica removida e a energia elétrica utilizada. As

unidades mais comuns de refrigeração são: Eficiência energética (BTU/Wh) e Capacidade energética (BTU/h).

## 2.4 SOFTWARES UTILIZADOS

Para que fosse possível a realização das atividades, utilizou-se o *software* DIALux evo 7.1 para realizar os cálculos luminotécnicos e as simulações necessárias para estabelecer o bloco AJ como um modelo de eficiência energética. Foi utilizado também o software AutoCAD 2016 para realizar o desenho da planta baixa do bloco para que, a partir dele, pudesse ser realizado a construção do modelo 3D.

### 2.4.1 DIALUX EVO 7.1

O uso de softwares de simulação como ferramenta auxiliar nos projetos de iluminação é um expediente cada vez mais frequente. Há alguns anos, tais programas eram usados basicamente para a verificação dos índices de iluminação recomendados por normas, como mera substituição gradual dos cálculos manuais.

Atualmente, os cálculos e relatórios são apenas parte dos resultados, pois é possível criar ambiências, escolher as cores do ambiente e da luz e integrar a iluminação ao espaço construído.

Para o estudo realizado nesse trabalho, foi utilizado a versão DIALux Evo 7.1 e os resultados alcançados serão mostrados no próximo capítulo. A Figura 20 ilustra o projeto em 3D da PU.

Figura 20 – Projeto em 3D da PU



Fonte: Própria do Autor, 2019.

#### 2.4.2 AUTOCAD

AutoCAD é um software do tipo CAD — *computer aided design* ou projeto assistido por computador — criado e comercializado pela Autodesk, Inc. desde 1982.

É utilizado principalmente para a elaboração de peças de desenho técnico em duas dimensões (2D) e para criação de modelos tridimensionais (3D). Além dos desenhos técnicos, o software vem disponibilizando, em suas versões mais recentes, vários recursos para visualização em diversos formatos. É amplamente utilizado em arquitetura, design de interiores, engenharia mecânica e em vários outros ramos da indústria.

### 3 ATIVIDADES REALIZADAS

As atividades foram executadas no bloco AJ, na UFCG campus Campina Grande. O estagiário cumpriu uma carga horária de 30h horas semanais, totalizando ao fim uma carga horária de 240 horas. O estágio foi realizado sempre sob a supervisão da Engenheira Camila Guedes. Dentre as atividades realizadas, destaca-se:

- Estudo do *software* DIALux Evo 7.1 para cálculo luminotécnico no bloco em questão;
- Vistoria no bloco para verificação de problemas com instalações e/ou mal uso da energia elétrica;
- Pesquisa de normas que regulamentem projetos luminotécnicos, nesse caso, para ambientes internos, a NBR ISO/CIE 8995-1;
- Por fim, a elaboração do projeto luminotécnico, visando obedecer as normas e em busca de um bloco modelo na UFCG.

### 3.1 INSPEÇÃO NO BLOCO AJ

De início, a primeira atividade realizada foi uma inspeção no bloco da PU a fim de encontrar formas de desperdício ou má aproveitamento de energia, ou seja, buscar por:

- Lâmpadas queimadas;
- Posicionamento de luminárias;
- Seccionamento de luminárias;
- Distribuição de circuitos;
- Verificar a instalação de ar condicionados;
- Verificar desligamento de computadores em horários de almoço.

Essa inspeção foi realizada e os resultados se encontram na tabela no Anexo A.

Além dos resultados mostrados na tabela em anexo, vale salientar que as lâmpadas do bloco eram, em sua maioria lâmpadas fluorescentes. Apenas nas salas 1 e 11 as lâmpadas possuíam um espelho, o que melhora consideravelmente sua eficiência e iluminância no ambiente.

### 3.2 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Inicialmente foi realizado um estudo de artigos e trabalhos desenvolvidos que possam trazer informações pertinentes que guiem as medidas a serem adotadas. Os principais tópicos que foram temas da pesquisa foram:

- Pesquisas que retratem qual a temperatura de conforto térmico;
  - Pesquisas que possam sugerir o horário para ligar os aparelhos de ar sem perda de conforto térmico;
  - Buscar formas de reduzir o consumo de energia em computadores e lâmpadas;
- Como forma de colaborar com a imediata necessidade de se reduzir o consumo de energia na universidade e após serem realizadas pesquisas acerca do assunto, algumas sugestões foram apresentadas aos engenheiros responsáveis como possíveis medidas de redução na conta de energia elétrica da UFCG, dentre as principais, tem-se:
- Promover a elaboração de um manual de economia de energia e divulgação na mídia por meio da assessoria da UFCG;
  - Elaborar panfletos informativos sobre a necessidade de se reduzir o consumo de energia na universidade; 31
  - Nas salas de aula, ligar os aparelhos de ar somente entre as aulas de 10 horas e 17h30. Além disso, manter em temperatura de conforto térmico;
  - Avaliação das faturas de energia. Renegociação de contratos com a Energisa;
  - Programar computadores para suspenderem a partir de 5 min;
  - Substituir ou retirar lâmpadas queimadas;

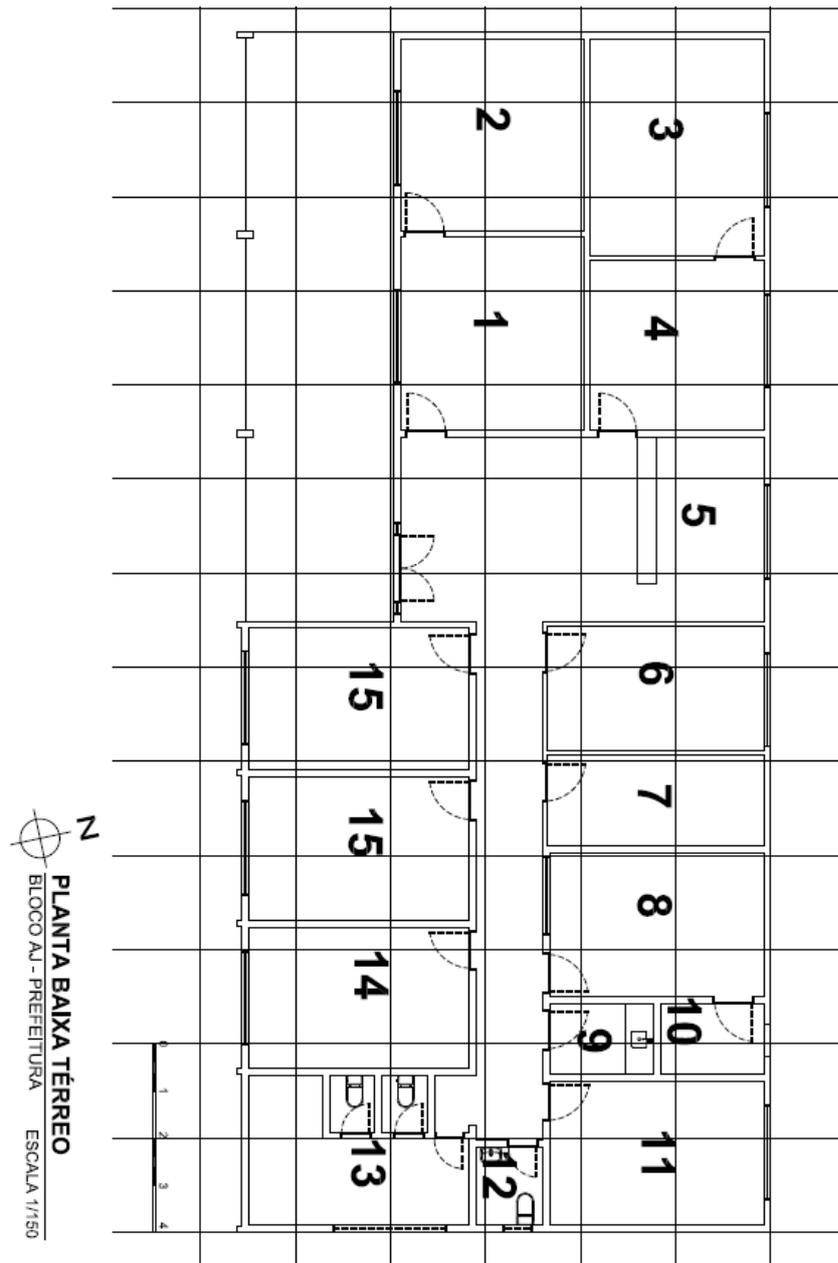
### 3.3 PROJETO LUMINOTÉCNICO

O primeiro passo para a realização desse projeto foi o estudo da norma, como já foi mencionado anteriormente. Depois, foi realizada a inspeção no bloco para se pensar em formas de alteração para que, no projeto, já fossem colocadas em prática.

Dado que essas atividades já tinham sido realizadas, realizou-se o desenho, em 2D, ou seja, uma planta baixa do local no *software* já apresentado, o AutoCAD.

A Figura 21 ilustra o resultado.

Figura 2 – Planta baixa da PU



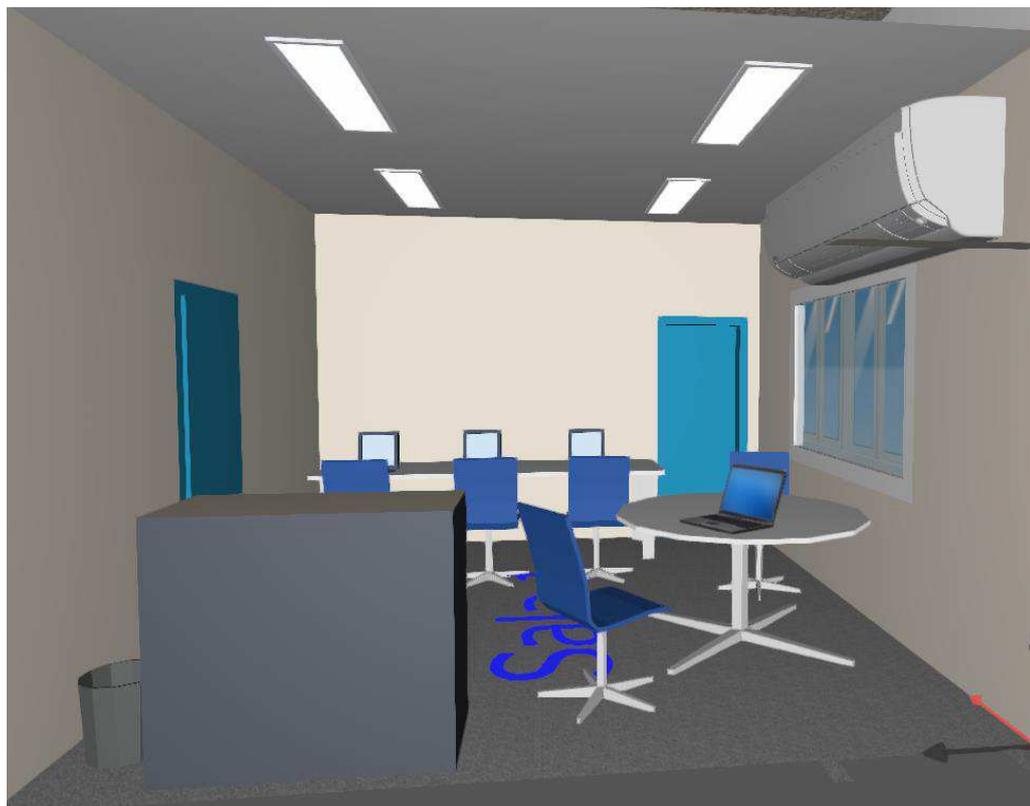
Fonte: Própria do Autor.

O passo seguinte foi a importação dessa planta para o *software* DIALux Evo 7.1. Esse passo é importante pois toda a construção do bloco se dará a partir da planta realizada no passo anterior.

Após a importação, no DIALux, pode ser construído o ambiente utilizando-se dos limites obtidos do AutoCAD. Após o desenho e divisão dos cômodos, foram inseridos todos os objetos a fim de simular o máximo possível com o ambiente da Prefeitura.

Algumas das imagens são mostradas a seguir:

Figura 22 – Sala dos estagiários, via DIALux



Fonte: Própria do Autor.

Após toda a montagem do ambiente, foi definido os planos de trabalho. Nessa simulação, foi considerado um plano de trabalho nas mesas em que os funcionários trabalhavam e, para isso, considerou-se uma altura de 0,75m.

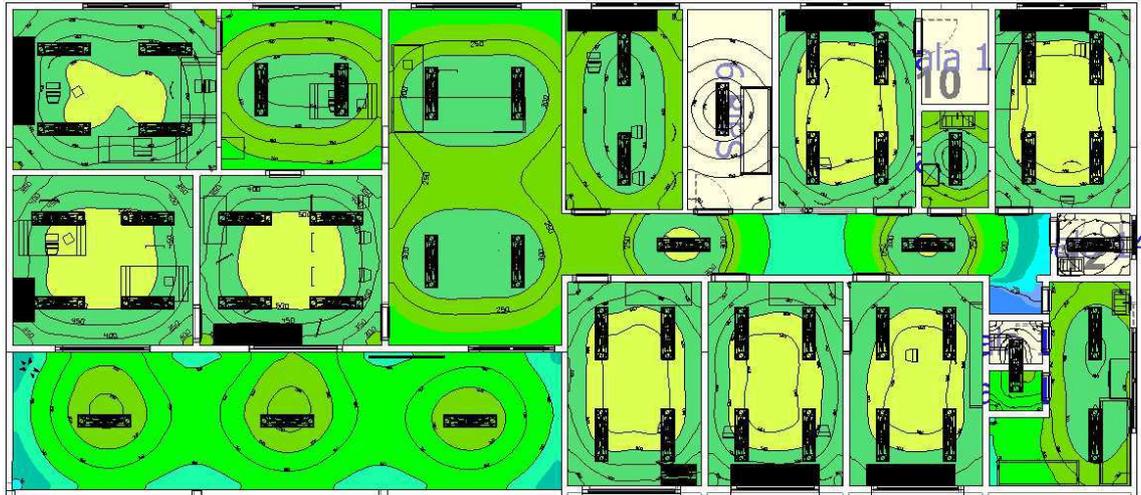
O resultado da simulação, em cores falsas, é mostrado na Figura 24:

Figura 23 – Sala da coordenadora de estágio, via DIALux



Fonte: Própria do Autor.

Figura 24 – Resultado da simulação em cores falsas



Fonte: Própria do Autor.

A luminária escolhida foi a Philips RC 165V W30L120 1Xled23s/830 PSD. A mesma possui uma potência de ligação de 41 W, dimensões de 30x120 cm, cor de fonte de luz 830, branco quente. Seu *datasheet* se encontra no Anexo B.

## 4 CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo um estudo sobre eficiência energética para um bloco da UFCG campus Campina Grande, bem como a elaboração de um projeto luminotécnico para tornar o bloco em questão um modelo de eficiência energética. O projeto foi realizado em conjunto com os *softwares* DIALux Evo 7.1 e AutoCAD.

Com isso, pode se dizer que o trabalho cumpriu de forma essencial tudo que era esperado e apresentou resultados satisfatórios. Pode-se destacar ainda que os conhecimentos teóricos aprendidos no curso de graduação de Engenharia Elétrica na UFCG são demasiadamente importantes e bem expostos, pois somente com a consolidação desses se torna possível a imersão e o desenvolvimento prático em projetos de engenharia no geral.

Por fim, o estágio foi bastante benéfico pois propiciou a imersão do estagiário num projeto e em tomada de decisões que irão repercutir corriqueiramente a vida de um engenheiro no mercado de trabalho.

## REFERÊNCIAS

[1] *Prefeitura Universitária – UFCG*. Disponível em: <http://www.prefeitura.ufcg.edu.br/index.php/sobre> Acesso em 16/04/2015;

[2] ABNT. (2004, Versão Corrigida:2008). NBR 5410 - Instalações Elétricas de Baixa Tensão. *Associação Brasileira de Normas Técnicas*.

[3] ABNT. (2013). NBR ISO/CIE 8995-1 - Iluminação de ambientes de trabalho, Parte 1: Interior. *Associação Brasileira de Normas Técnicas*.

[4] COSTA, E. G.; MOREIRA, V. D. *Guia experimental de Fotometria*. Universidade Federal de Campina Grande, Departamento de Engenharia Elétrica, Campina Grande.

[5] O que é eficiência energética? Disponível em: <<http://www.abesco.com.br/pt/o-que-e-eficiencia-energetica-ee/>>. Acesso em: 04 de jul. de 2019.

## ANEXO A – DADOS DA VISTORIA DO BLOCO AJ

Sala	Nº de lâmpadas	Ar condicionado	Dados	Sugestão
1	4	Sim	Controle de ar desaparecido	Realizar ajuste de temperatura por aplicativo de celular
2	4	Sim	2 lâmpadas queimadas	Realocar distribuição das lâmpadas
3	6	Sim	1 lâmpada queimada	Realocar distribuição das lâmpadas
4	2	Sim	-	-
5	6	Não	-	-
6	2	Sim	-	-
7	2	Não	1 lâmpada queimada	-
8	4	Sim	1 interruptor acionando todas as lâmpadas	Instalar 1 interruptor para cada lâmpada
9	1	Não	-	-
10	1	Não	-	-
11	4	Sim	1 interruptor acionando todas as lâmpadas	Instalar 1 interruptor para cada lâmpada
12	1	Não	-	-
13	2	Não	-	-
14	4	Sim	-	-
15	2	Sim	-	-
16	2	Sim	Ar condicionado sem com dano	Realizar manutenção corretiva no aparelho de ar

ANEXO B – DATASHEET DA LUMINÁRIA  
UTILIZADA

**Philips RC165V W30L120 1xLED34S/830 PSD 1xLED34S/830/-**



CoreView Panel – smooth surface of light People appreciate indoor spaces that are easy on the eye and at the same time refreshing to the mind. This is especially relevant for spaces where you want to ensure a relaxing yet energizing atmosphere, e.g. in working environments, retail and healthcare.

CoreView Panel is a LED-based luminaire with an innovative, slim shape that delivers a uniform surface of light – a truly attractive proposition. Suitable for recessed (lay-in only) and suspended mounting, the range offers a choice of sizes, color temperatures and DALI dimming. In addition, it comes with all the benefits of LED technology; it is, for example, long-lasting and energy-efficient. In short, CoreView Panel represents an excellent deal for those looking for pleasant and efficient lighting.

Grau de actuação operacional: 99.89%  
 Fluxo luminoso de lâmpada: 3400 lm  
 Fluxo luminoso da luminária: 3396 lm  
 Potência: 41.0 W  
 Rendimento luminoso: 82.8 lm/W

Indicações colorimétricas  
 1xLED34S/830/-: CCT 3000 K, CRI 100

**Emissão luminosa 1 / CDL polar**

