



Universidade Federal de Campina Grande

Centro de Engenharia Elétrica e Informática

Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

PRISCILA NUNES ARAGÃO

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

Campina Grande, Paraíba.
Maio de 2016

PRISCILA NUNES ARAGÃO

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO
PREFEITURA UNIVERSITÁRIA - UFCG

*Relatório de Estágio Supervisionado submetido
à Unidade Acadêmica de 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

Orientador:

Professor George Rossany Soares de Lira, D. Sc.

Campina Grande, Paraíba.
Maio de 2016

PRISCILA NUNES ARAGÃO

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO
PREFEITURA UNIVERSITÁRIA - UFCG

*Relatório de Estágio Supervisionado submetido à
Unidade Acadêmica de 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 Tarso Vilela Ferreira, Sc.
Universidade Federal de Campina Grande
Avaliador

Professor George Rossany Soares de Lira, Sc.
Universidade Federal de Campina Grande
Orientador, UFCG

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, em primeiro lugar, por colocar minha vida em Suas mãos e fazer acontecer o melhor para mim.

Agradeço à minha mãe, Mirian, por nunca ter enfraquecido na longa e árdua tarefa de criar e educar a mim e aos meus irmãos, por ter procurado os melhores caminhos na vida e nos estudos para nós, por colocar nós, os filhos, acima de tudo.

Agradeço também a toda minha família, que com todo carinho e apoio, não mediu esforços para eu chegar a esta etapa da minha vida.

Agradeço aos engenheiros Jonas Agábito Rodrigues de Medeiros e Oliveira e Camila Pires Gouveia Guedes pela paciência, orientação, dedicação.

Agradeço ao meu orientador, George Lira, pelas sugestões e tempo dedicado.

Enfim, agradeço a todos que de alguma forma, passaram pela minha vida e contribuíram para a construção de quem sou hoje.

RESUMO

Este trabalho consiste no relatório de estágio da estudante de engenharia elétrica Priscila Nunes Aragão na Prefeitura Universitária da Universidade Federal de Campina grande. Este relatório de atividades foi confeccionado após o cumprimento das atividades propostas, que tiveram como objetivo o estudo da qualidade de iluminação de um prédio de salas de aulas. O trabalho teve como propósito a redução de gastos da universidade com energia elétrica. Foram utilizados o regulamento técnico do PROCEL EPP, a *ABNT NBR ISO/CIE 8995-1* de 2013 – *Iluminação de ambientes de trabalho – Parte 1: Interior* como base para modificação da iluminação na edificação escolhida. Os *softwares* utilizados foram DIALux® e AutoCAD® para simulação das condições de iluminação.

Palavras-chave: Relatório de estágio, Prefeitura universitária, Eficiência energética.

PROCEL EPP, *ABNT NBR ISO/CIE 8995-1*, DIALux®.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Prefeitura Universitária.....	10
Figura 2 - Esquema de curvas de distribuição de intensidade luminosa em dois planos ortogonais.	12
Figura 3 - Curva de distribuição de intensidade luminosa em dois planos ortogonais de uma luminária de duas lâmpadas fluorescentes tubulares.	12
Figura 4 - Guia básico de iluminação.	13
Figura 5 - Logo PROCEL EPP.....	15
Figura 6 - Selo PROCEL EPP.....	17
Figura 7 - <i>Layout</i> do DIALux®.....	23
Figura 8 - <i>Layout</i> do AutoCAD®.....	24
Figura 9 - Luxímetro digital.....	25
Figura 10- Sala 4 térreo, período diurno, lâmpadas acesas e janelas fechadas.....	33
Figura 11– Sala 4 térreo, período diurno, lâmpadas acesas e janelas fechadas, representação das cores falsas.....	34
Figura 12 - Sala 105 1º andar, período diurno, lâmpadas acesas e janelas fechadas.	35
Figura 13- Sala 105, período diurno, lâmpadas acesas e janelas fechadas, representação das cores falsas.	35
.....	35
Figura 14- Sala 201 2º andar, período diurno, lâmpadas acesas e janelas fechadas.	36
Figura 15 - Sala 201, período diurno, lâmpadas acesas e janelas fechadas, representação das cores falsas.	36
.....	36
Figura 16 – Teste sem uma das luminárias na sala 201, período diurno.	37
Figura 17– Teste sem uma das luminárias na sala 201, período diurno, representação cores falsas.	38
Figura 18– Teste na sala 201sem uma luminária e com as luminárias próximas às janelas com dispositivo de desligamento independente do restante do sistema, período diurno, representação cores falsas.....	39
Figura 19– Teste na sala 201, sem a fileira de luminárias da lateral junto às janelas, período diurno, representação cores falsas.	40

SUMÁRIO

1	Introdução	8
1.1	Motivações do Estágio	8
1.2	Objetivos do Estágio	9
1.3	Local do Estágio	9
2	Embasamento Teórico.....	10
2.1	Conceitos de Luminotécnica	10
2.2	Descrição do PROCEL	14
2.3	Regulamento de avaliação da conformidade	16
2.3.1	ENCE Geral e Parcial	16
2.4	Processo de Etiquetagem.....	16
2.4.1	Classificação da Envoltória	17
2.4.2	Classificação da Iluminação.....	19
2.4.3	Classificação do sistema de condicionamento de ar	21
2.4.4	Classificação geral	21
2.5	Softwares empregados: DIALux® e AutoCAD®.....	23
2.5.1	DIALux®.....	23
2.5.2	AutoCAD®	24
2.6	Luxímetro.....	24
2.6.1	Noções de Fotometria	24
2.6.2	Luxímetro.....	25
3	Atividades Desenvolvidas	26
3.1	Estudo do Procel	26
3.2	Avaliação do Prédio BG.....	26
4	Resultados	29
4.1	Sistema de envoltória.....	29
4.2	Sistema de condicionamento de ar.....	29
4.3	Sistema de Iluminação	32
4.4	Considerações finais	41
5	Conclusão.....	43
	Referências	44

1 INTRODUÇÃO

O estágio supervisionado cujas atividades são descritas neste relatório, teve duração de 180 horas e foi realizado na Prefeitura Universitária (PU) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) junto ao setor de Engenharia, durante o período de 29 de fevereiro de 2016 até 25 de abril de 2016, sob a supervisão dos engenheiros eletricitas Jonas Agábito Rodrigues de Medeiros e Oliveira e Camila Pires Gouveia Guedes.

O estágio supervisionado tem como objetivo o cumprimento das exigências da disciplina integrante da grade curricular, Estágio Curricular, do Curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande. Essa disciplina é indispensável para a formação profissional, já que consolida os conhecimentos adquiridos durante o curso além de ser obrigatória para obtenção do diploma de Engenharia Eletricista.

Nesse estágio foram realizadas atividades de implementação de medidas de eficiência energética para prédios públicos.

1.1 MOTIVAÇÕES DO ESTÁGIO

No Brasil, a maior parte da geração de energia elétrica é de origem hidráulica. Atualmente com a crise hídrica que provoca os momentos de baixo volume nos reservatórios de água, o constante aumento do custo de energia elétrica, vem tornando onerosa a operação de prédios públicos da UFCG. Imersa nesta conjuntura, a Prefeitura Universitária considerou viável a análise do dispêndio energético das edificações, de forma a torná-las mais eficientes, diminuindo, portanto, o custo com as mesmas. Em paralelo a isso, o PROCEL está lançando uma nova etiqueta, agora relacionada a prédios públicos, para o programa EPP (Eficiência Energética nos Prédios Públicos). A ENCE (Etiqueta Nacional de Conservação de energia) será uma forma de avaliação dessas edificações, modelo ao qual deve ser almejado o nível A, desta forma fornecendo rumo aos órgãos que desejem tornar suas construções mais eficientes.

1.2 OBJETIVOS DO ESTÁGIO

O estágio supervisionado na Prefeitura Universitária teve por objetivos principais a análise do sistema de envoltória, de condicionamento de ar e, principalmente, de iluminação das salas em central de aula com o objetivo de elaboração de projeto luminotécnico ótimo segundo PROCEL e após isso, a elaboração de projeto luminotécnico executável com mínimas intervenções.

1.3 LOCAL DO ESTÁGIO

- I. A Prefeitura Universitária, antes subprefeitura, passou a ter esse status após o desmembramento da UFPB pela Lei 10.419/202 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 da UFCG e são as seguintes [1]: 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;
- III. Solicitar a contratação, fiscalizar, executar e controlar obras e serviços de engenharia;
- IV. 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 [1].

Uma fotografia da Prefeitura é mostrada na Figura 1:

Figura 1 - Prefeitura Universitária



Fonte: disponível em www.ufcg.edu.br, acessado em: 11/03/2016.

2 EMBASAMENTO TEÓRICO

Ao longo do período do estágio, foi necessário a aplicação de conceitos teóricos para realização das atividades. Serão detalhados a seguir, conceitos acerca de luminotécnica, descrição do PROCEL, descrição do luxímetro, comentários sobre os *softwares* utilizados para o desenvolvimento do projeto.

2.1 CONCEITOS DE LUMINOTÉCNICA

Alguns conceitos básicos acerca de luminotécnica são expostos a seguir:

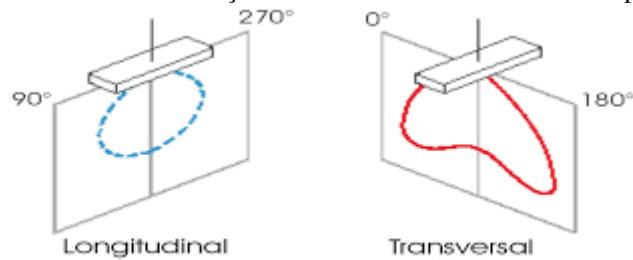
- Luz: São ondas eletromagnéticas cujas frequências estão situadas na faixa que pode ser captada pelo olho humano;
- Intensidade Luminosa (I): Dada uma determinada direção, corresponde à medida de percepção da potência emitida por uma fonte luminosa. É a grandeza física básica do sistema internacional de unidades (SI) para a luminotécnica, sendo dada em candela [C_d];
- Fluxo luminoso (Φ): Quantidade de luz produzida pela fonte luminosa, artificial ou natural. É dada em lúmen [L_m], que corresponde a intensidade luminosa puntiforme e invariável de 1 C_d emitida para todas as direções;
- Iluminância (E): É o fluxo luminoso perpendicularmente incidente por unidade de área iluminada. Pode ser entendido como a densidade de luz necessária para a realização de uma determinada tarefa visual. A unidade é o lux [lux], correspondente à 1 lúmen por metro quadrado. A equação (1) descreve a relação entre a iluminância (E), o fluxo luminoso (Φ), a área da superfície (A);

$$E = \frac{\Phi}{A}. \quad (1)$$

- 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 [C_d/m^2];
- 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 de 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 [L_m/W];

- Curva de Distribuição Luminosa: É uma curva, geralmente 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.

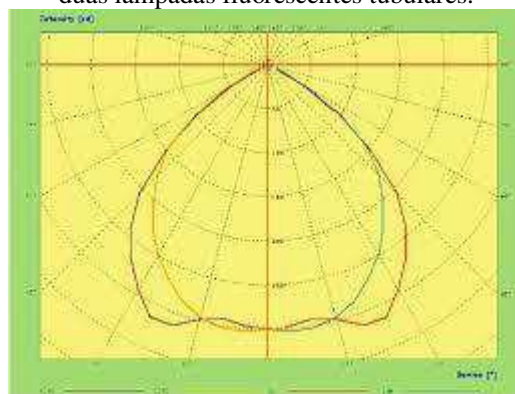
Figura 2 - Esquema de curvas de distribuição de intensidade luminosa em dois planos ortogonais.



Fonte: Manual de Iluminação – PROCEL - EPP.

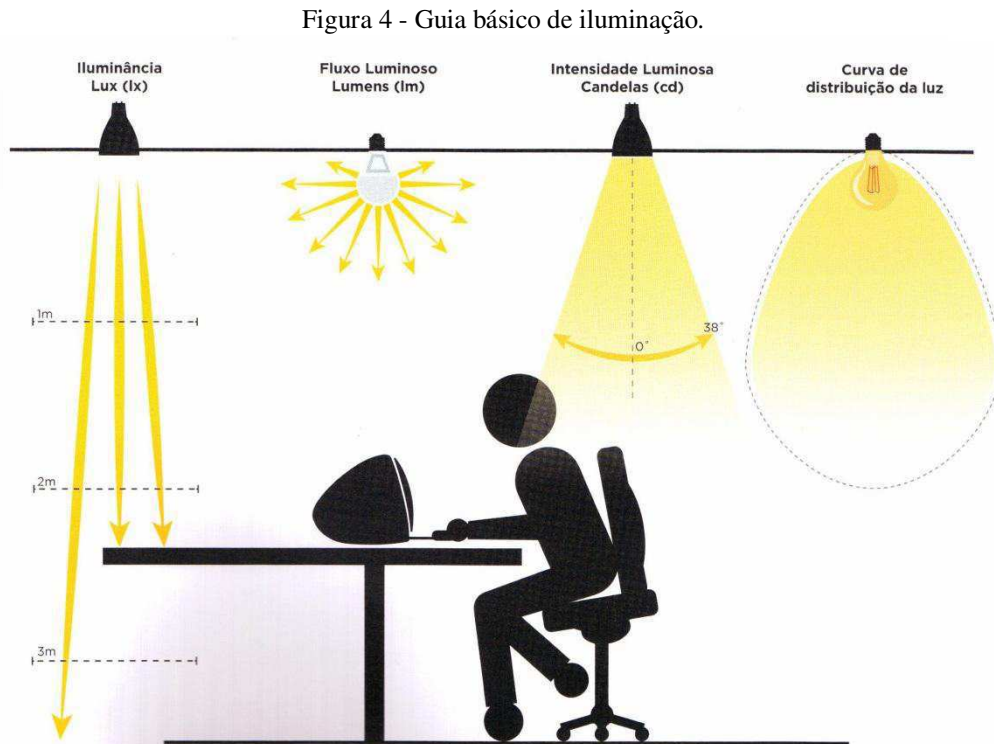
Essas curvas geralmente são apresentadas superpostas. Na Figura 3 encontra-se a curva de distribuição de intensidade luminosa para lâmpadas fluorescentes tubulares, semelhantes às lâmpadas do prédio BG analisado no período do estágio.

Figura 3 - Curva de distribuição de intensidade luminosa em dois planos ortogonais de uma luminária de duas lâmpadas fluorescentes tubulares.



Fonte: Manual de Iluminação – PROCEL – EPP.

Na Figura 4 apresenta-se um diagrama que evidencia alguns conceitos abordados neste tópico.



Fonte: DRLUX, Guia Básico de Iluminação. Disponível em : <http://www.drlux.com.br/blog/guia-basico-de-iluminacao/>. Acessado em: 11/03/2016

Tomando como fundamento a norma de iluminação em locais de trabalho [4], seguem relatadas algumas definições referentes à luminotécnica.

- Área da tarefa: É a região em que se ocorrerá o trabalho que necessita da iluminação em questão. No trabalho realizado no período do estágio, foram consideradas áreas da tarefa: as cadeiras e as mesas de estudo, o quadro do professor, a área de circulação do professor e a área de circulação da sala;
- Entorno imediato: É a região no entorno da área da tarefa que possui no mínimo 0,5 m de distância das delimitações desta área;
- Iluminância média ($\overline{E_m}$): É a razão entre o fluxo luminoso incidente por unidade de área iluminada, ou seja, é a densidade de fluxo luminoso na superfície sobre a qual este incide. A unidade é o Lux [6].
- Plano de trabalho: Altura estabelecida pra determinar onde vai ser realizado o trabalho. Desta forma sendo a altura de referência de iluminação do ambiente;

- Índice de ofuscamento unificado (*UGR*): definição adotada para o nível de desconforto por ofuscamento.

2.2 DESCRIÇÃO DO PROCEL

É um programa governamental, coordenado pelo Ministério de Minas e Energia (MME) e executado pela Eletrobrás, sendo instituído em 30 de dezembro de 1985.

Esse programa tem como objetivo promover a racionalização da produção e do consumo de energia elétrica, a fim de eliminar os desperdícios e reduzir os custos. O PROCEL conta com os seguintes subprogramas:

- PROCEL Avaliação – Programa que verifica os resultados das ações de eficiência energética realizados pelo PROCEL. Engloba o resultado de todas as vertentes mencionadas;
- PROCEL Edifica – Programa que trata da “Eficiência Energética em Edificações” age em parceria com universidades conscientizando e criando propostas para que ocorram melhorias na esfera da construção civil;
- PROCEL Educação – Programa vinculado à disseminação da informação e da formação da cidadania, conscientizando estudantes e o público em geral para os benefícios acerca da conservação de energia;
- PROCEL GEM – Vertente que trata especificamente da “Gestão Energética Municipal”. Atua como colaborador do administrador público municipal, na gestão e no uso eficiente de energia elétrica, nos centros consumidores pertencentes às prefeituras do país. Assim, identifica oportunidades de economia e geração de energia, que reduzam desperdícios, elevando ganhos, obtendo, conseqüentemente, maiores recursos para serem utilizados em setores considerados prioritários para a comunidade;
- PROCEL Indústria – Trata-se do programa de eficiência energética em escala industrial;
- PROCEL Info – Centro brasileiro de informação em eficiência energética;
- PROCEL Marketing – Aliado ao PROCEL Educação trabalha com a conscientização e informação dos cidadãos e ainda trata da imagem do programa perante a sociedade;

- PROCEL Reluz – Trata da eficiência energética na iluminação pública. Tem como principal objetivo promover o desenvolvimento de sistemas eficientes de iluminação pública e sinalização de semáforos, bem como a valorização noturna dos espaços urbanos, contribuindo para melhorar as condições de segurança e qualidade de vida nas cidades brasileiras;
- PROCEL Sanear – Esfera relacionada à eficiência energética no saneamento ambiental. Promove ações que visem o uso eficiente de energia elétrica e água em sistemas de saneamento ambiental, incluindo os consumidores, segundo uma visão integrada de utilização desses recursos hídricos, como estratégia de prevenção à escassez de água destinada à geração hidroelétrica;
- PROCEL Selo – Trata da eficiência energética em equipamentos;
- PROCEL EPP – Se trata da “Eficiência Energética nos Prédios Públicos”, onde visa à implementação de medidas de eficiência energética. Para isso os prédios públicos devem promover [3]:
 1. A economia de energia;
 2. A melhoria na qualidade nos sistemas de iluminação, refrigeração e demais sistemas relevantes que visem à redução dos gastos com energia elétrica;
 3. A atualização tecnológica em laboratórios de pesquisa voltados para este seguimento.

O estágio utilizou as regulamentações do PROCEL EPP para analisar e adequar o prédio de salas de aula BG. A seguir o logo do programa.

Figura 5 - Logo PROCEL EPP.



Fonte: Procel, Procel EPP. Disponível

em: <http://www.procelinfo.com.br/data/Pages/LUMIS623FE2A5ITEMID5C0D828A5E894B4AA0280C96CCED1760PTBRIE.htm>. Acessado em 11/03/2016.

2.3 REGULAMENTO DE AVALIAÇÃO DA CONFORMIDADE

O regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) apresenta parâmetros de eficiência energética no consumo de eletricidade e o processo de etiquetagem é descrito no Regulamento de Avaliação da Conformidade do nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RAC-C) [2].

2.3.1 ENCE GERAL E PARCIAL

A Etiqueta Nacional de Conservação de Energia, ENCE, pode indicar o nível de eficiência do edifício completo ou parte deste, através de uma ENCE geral ou de ENCEs parciais.

A classificação geral indica o nível de eficiência energética do edifício ou de parte deste referente a três itens do RTQ-C - Envoltória, Sistema de iluminação e Condicionamento de ar.

No entanto, nem sempre existe a necessidade ou a possibilidade de uma classificação geral, por parte de quem pleiteia uma certificação [2].

As classificações parciais têm, no entanto, duas acepções diferentes que é necessário distinguir. Nos termos do RTQ-C, as ENCEs parciais significam uma indicação do nível de eficiência de somente um, dois ou mesmo três sistemas independentes do edifício (iluminação, condicionamento de ar e envoltória) sem uma classificação geral que integre os três para considerar o nível de eficiência geral do edifício.

2.4 PROCESSO DE ETIQUETAGEM

Existe um selo atrelado ao desempenho energético que o prédio possui como pôde ser visto na Figura 6. Essa etiqueta fornece uma classificação de edifícios através da determinação da eficiência de três sistemas:

- Envoltória: Está relacionado ao tipo de isolamento da construção;
- Iluminação: Sistema atrelado à forma como a iluminação do edifício é dada;
- Condicionamento de ar: Sistema relacionado ao conforto dos usuários da edificação.

A etiqueta pode ser parcial ou completa, dependendo de quais níveis forem atingidos e também do pedido do órgão que está requisitando a etiqueta. Para que se tenha uma etiqueta parcial, é necessário que a avaliação da envoltória esteja inclusa em todas as três possibilidades: parcial somente com a envoltória, parcial com envoltória e iluminação, e parcial com envoltória e condicionamento de ar. A etiqueta total leva em conta os três sistemas.

Figura 6 - Selo PROCEL EPP.



Fonte: Procel, Procel EPP. Disponível em:

<http://www.procelinfo.com.br/data/Pages/LUMIS623FE2A5ITEMID5C0D828A5E894B4AA0280C96CED1760PTBRIE.htm>. Acessado em 11/03/2016.

2.4.1 CLASSIFICAÇÃO DA ENVOLTÓRIA

A envoltória deve estar de acordo com pré-requisitos específicos para cada nível de eficiência. Quanto mais elevado o nível, mais restritivos são os requisitos a serem atendidos.

Os pré-requisitos são:

- Transmitância térmica da cobertura e paredes exteriores: Distingue coberturas e paredes exteriores ao exigir diferentes limites de propriedades térmicas para

cada caso levando em consideração a zona bioclimática onde a edificação estará localizada;

- Cores e absorvância das superfícies: É a razão entre radiação solar absorvida e radiação solar incidida numa superfície. Quanto mais escura for a cor maior a absorvância da mesma, logo a cor atua diretamente no processo de absorção de calor de uma construção.
- Iluminação zenital: Se o sistema possuir iluminação zenital - técnica bastante utilizada com a intenção de fazer com que a luz natural penetre no ambiente através de pequenas ou grandes aberturas criadas na cobertura de uma edificação deve ter fator solar adequado para receber uma boa classificação. Além disso, o tamanho da claraboia deve ser limitado para que a edificação não troque tanto calor com o ambiente.

O cálculo da classificação parcial da envoltória é dado seguindo a equação (2):

$$ENV = \left\{ \left(Eq_{NumENV} \frac{AC}{AU} \right) + \left(\frac{APT}{AU} 5 + \frac{ANC}{AU} Eq_{NumV} \right) \right\}. \quad (2)$$

Onde ENV é a classificação parcial da envoltória, que varia de 1 a 5; Eq_{NumENV} é o equivalente numérico da envoltória que varia entre 1 e 5; AC é a área útil dos ambientes condicionados [m^2]; AU é a área útil total [m^2]; APT é a área útil dos ambientes com permanência transitória [m^2]; ANC é a área útil dos ambientes não condicionados de permanência prolongada [m^2]; Eq_{NumV} é o equivalente numérico dos ambientes não condicionados ou ventilados naturalmente, variando entre 1 e 5.

O valor de Eq_{NumV} é função da parcela do tempo comprovada em que um local é ventilado, então fornecendo conforto. Seu valor pode ser encontrado ao analisar-se a Tabela 1.

Tabela 1 – Equivalente numérico da ventilação natural.

Eq_{NumV}	Porcentagem do tempo ventilado
5	$\geq 80\%$ a 100%
4	$\geq 60\%$ a $< 80\%$
3	$\geq 40\%$ a $< 60\%$
2	$\geq 20\%$ a $< 40\%$
1	$< 20\%$

Fonte: Manual_RTQ-C [2].

O valor de Eq_{NumENV} é encontrado a partir da Tabela 2, que trata dos pré-requisitos:

Tabela 2 - Classificação da Envoltória.

Classificação Final	Eq_{NumENV}	Transmitância Térmica da Cobertura e Paredes Exteriores	Cores e Absortância de Superfícies	Iluminação Zenital
A	5	Presente	Presente	Presente
B	4	Presente	Presente	-
C	3	Presente	-	-
D	2	Presente	-	-
E	1	-	-	-

Fonte: Manual_RTQ-C [2]

2.4.2 CLASSIFICAÇÃO DA ILUMINAÇÃO

Em relação ao sistema de iluminação alguns pré-requisitos.

- Divisão de circuitos: Define que cada ambiente deve possuir no mínimo um dispositivo de controle manual que permita um acionamento independente da iluminação interna do ambiente com facilidade. Para o caso de ambientes com área inferior a $250 m^2$, é permitido um controle para todo o ambiente. Para ambientes de grandes áreas, acima de $250 m^2$, o RTQ-C [2] determina a divisão do sistema em parcelas menores, de no máximo $250 m^2$, cada uma com um controle independente. Se o ambiente apresenta área maior que $1000 m^2$, então o sistema deve ser dividido em parcelas com áreas máximas de $1000 m^2$.

A tabela abaixo mostra quais pré-requisitos devem ser atendidos para cada nível de eficiência.

Tabela 3 - Relação entre pré-requisitos e níveis de eficiência.

Pré-requisito	Nível A	Nível B	Nível C
Divisão dos circuitos	Presente	Presente	Presente
Contribuição de luz natural	Presente	Presente	
Desligamento automático do sistema de iluminação	Presente		

Fonte: Manual_RTQ-C [2]

- **Contribuição da luz natural:** Para reduzir a necessidade de uso da iluminação artificial quando há luz natural suficiente para prover a iluminância adequada no plano de trabalho, o RTQ-C [2] determina que as luminárias próximas às janelas devam possuir um dispositivo de desligamento independente do restante do sistema.
- **Desligamento automático do sistema de iluminação:** O regulamento determina a utilização de dispositivos que garantam o desligamento dos sistemas de iluminação para ambientes desocupados.

Existem três métodos estipulado por o RTQ-C [2] para garantir que ambientes não ocupados não continuem com o sistema de iluminação ligado:

1. Um sistema automático com desligamento da iluminação em um horário pré-determinado. Deverá existir uma programação independente para uma área limite de até $2500 m^2$;
2. Um sensor de presença que desligue a iluminação 30 minutos após a saída de todos os ocupantes;
3. Um sinal de outro controle ou sistema de alarme que indique que a área está desocupada.

A aplicação de um desses métodos é obrigatória para ambientes com área superior a $250 m^2$ para o nível A.

Vale frisar que o cumprimento desse pré-requisito não exclui a necessidade de existir um controle manual no ambiente, proporcionando ao ocupante flexibilidade de uso.

2.4.3 CLASSIFICAÇÃO DO SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR

Em relação a esse sistema alguns pré-requisitos devem ser seguidos:

- O sistema de condicionamento de ar deve possuir isolamento térmico adequado para a tubulação de fluidos;
- O sistema deve atender aos indicadores mínimos de eficiência energética.

O valor do Eq_{NumCA} é encontrado utilizando-se as indicações do INMETRO acerca dos aparelhos utilizados nas salas de aula. É então realizada uma média ponderada das avaliações onde o peso é a potência de cada aparelho em relação à soma do total da sala.

O cálculo da classificação parcial do condicionamento de ar é dado seguindo a equação [3].

$$COND = \left\{ \left(Eq_{NumCA} \frac{AC}{AU} \right) + \left(\frac{APT}{AU} 5 + \frac{ANC}{AU} Eq_{NumV} \right) \right\}. \quad (3)$$

Tem que $COND$ é a classificação parcial do condicionamento de ar, que varia de 1 a 5; Eq_{NumCA} é o equivalente numérico do sistema de condicionamento de ar que varia de 1 a 5; AC é a área útil dos sistemas condicionados [m^2]; AU é a área útil total [m^2]; APT é a área útil os ambientes com permanência transitória [m^2]; ANC é a área útil dos ambientes não condicionados ou ventilados naturalmente, variando de 1 a 5.

2.4.4 CLASSIFICAÇÃO GERAL

Para que uma edificação finalmente seja classificada, alguns pré-requisitos devem ser avaliados.

De acordo com [2], a equação utilizada para o cálculo da classificação geral do projeto é:

$$PT = 0,3ENV + 0,3ILU + 0,4COND + b_0^1. \quad (4)$$

Em que PT é a pontuação geral da edificação que varia entre 1 e 5; ENV é a classificação parcial da envoltória, que varia entre 1 e 5; ILU é a classificação parcial da iluminação, que varia entre 1 e 5; $COND$ é a classificação parcial do condicionamento de ar, que varia entre 1 e 5; b_0^1 é o bônus pela implementação de pontos adicionais no projeto, variando entre 0 e 1.

O bônus é alcançado quando se utiliza sistemas ou fontes renováveis de energia, para aquecimento de água utilizada como sendo superior a 70% do total. É alcançado também ao utilizar-se fontes renováveis de energia para geração de energia elétrica a partir de painéis fotovoltaicos ou com a instalação de aerogeradores para captação de energia eólica. Sistemas de cogeração são classificados da mesma forma.

Abaixo na Tabela 4, encontra-se a classificação da edificação de acordo com o valor de PT encontrado. A classificação varia de A (para a mais energeticamente eficiente) e E (para uma menos energeticamente eficiente).

Tabela 4 - Classificação Geral.

Classificação Final	PT
A	$\geq 4,5$ a 5
B	$\geq 3,5$ a $< 4,5$
C	$\geq 2,5$ a $< 3,5$
D	$\geq 1,5$ a $< 2,5$
E	$< 1,5$

Fonte: Manual_RTQ-C [2]

2.5 SOFTWARES EMPREGADOS: DIALUX® E AUTOCAD®

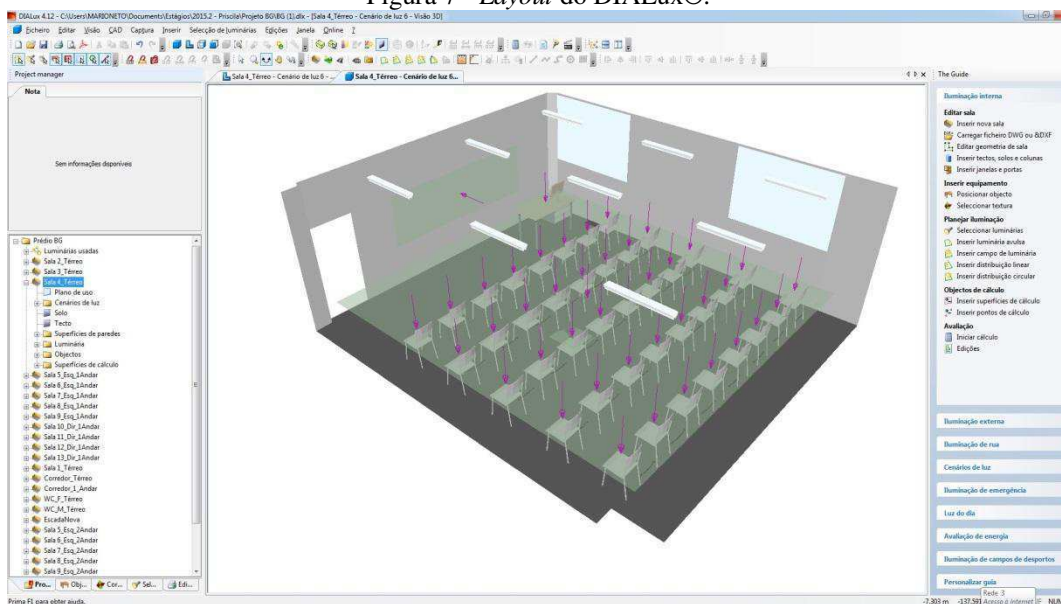
Para realizar as atividades no estágio, foram utilizados os *softwares* DIALux® e AutoCAD®. O DIALux® foi usado para fazer as simulações das situações e os consequentes cálculos luminotécnicos. O AutoCAD® foi usado para fornecer a base arquitetônica do prédio BG.

2.5.1 DIALUX®

O DIALux® é um programa de desenho tridimensional que permite criar efeitos de iluminação reais em qualquer lugar. É destinado ao cálculo de iluminação. Importa e exporta arquivos DXF e DWG de todos os softwares CAD® disponíveis no mercado.

Na Figura 7, é mostrado o *layout* do programa através de uma das simulações feitas no período de estágio.

Figura 7 - *Layout* do DIALux®.



Fonte: Autor – DIALux.

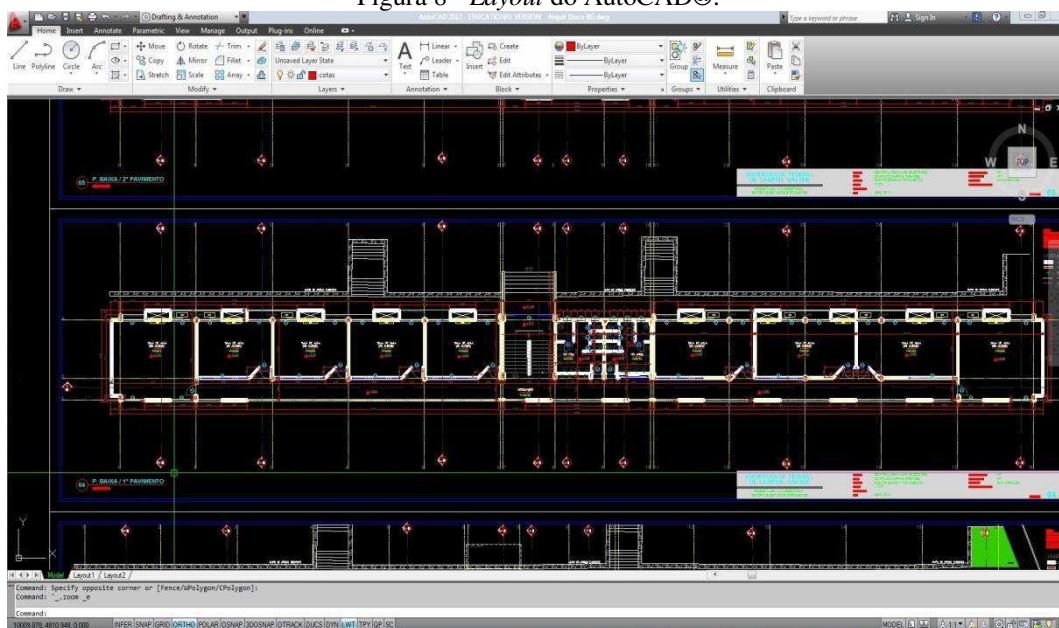
2.5.2 AUTOCAD®

É utilizado principalmente para elaboração de peças de desenho técnico em duas dimensões (2D) e para criação de modelos tridimensionais (3D). Além dos recursos técnicos, o software vem disponibilizando, em suas versões mais recentes, vários recursos para visualização em diversos formatos.

O AutoCAD® foi utilizado no estágio para fornecer os arquivos para importação no DIALux®. Esses arquivos foram previamente desenvolvidos pela equipe de engenharia e arquitetura da PU.

Na Figura 6, é mostrado o *layout* do programa usando como modelo o projeto arquitetônico do prédio BG que foi usado no período de estágio.

Figura 8 - *Layout* do AutoCAD®.



Fonte: Prefeitura Universitária.

2.6 LUXÍMETRO

2.6.1 NOÇÕES DE FOTOMETRIA

A fotometria consiste de uma série de métodos e processos de medida das grandezas luminosas. Os fotômetros são equipamentos utilizados nas medições de iluminação. Os fotômetros atuais são fotoelétricos, a exemplo do luxímetro [6].

2.6.2 LUXÍMETRO

O Luxímetro é um aparelho que mede a intensidade da luz que chega a seu sensor. Com isso pode-se determinar a iluminância, que é a medição da quantidade de luz que cai (iluminando e espalhando) sobre uma determinada área de superfície.

Esse aparelho consiste em um miniamperímetro ligado a uma célula fotoelétrica. Quando a luz incide sobre ela, uma corrente é formada, carregando positivamente o semicondutor da célula, enquanto a parte metálica do sensor fica carregada negativamente, gerando assim uma diferença de corrente. Essa corrente é lida pelo aparelho e convertida para o valor equivalente em lux (unidade de iluminância) nos luxímetros digitais.

Figura 9 - Luxímetro digital.



Fonte: Google Imagens

3 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

As atividades realizadas no estágio foram as descritas a seguir:

- Análise de sistema de iluminação de salas em central de aula;
- Medição de iluminância nas salas;
- Elaboração de projeto luminotécnico ótimo, segundo PROCEL;
- Elaboração de projeto luminotécnico executável com mínimas intervenções.

3.1 ESTUDO DO PROCEL

A PU da UFCG, visando à redução dos gastos públicos com energia, iniciou um estudo sobre a viabilidade das normas do PROCEL-EPP.

Esse programa fornece guias de conduta que auxiliam a implementação de projetos novos ou modernização de antigos. Um desses guias é o Regulamento Técnico da Qualidade para o nível de Eficiência Energética em Edificações Comerciais e de Serviço Público (RTQ-C), que fornece diretrizes para construção de uma edificação energeticamente eficiente e indica os critérios de avaliação para o processo de etiquetagem.

Inicialmente, a estagiária estudou as normas desse programa e analisou como as mesmas seriam aplicadas ao prédio BG.

3.2 AVALIAÇÃO DO PRÉDIO BG

Primeiramente foi analisado o projeto arquitetônico do prédio. O prédio em questão é composto no andar térreo com quatro salas, todas projetadas para cinquenta alunos, um banheiro masculino e um feminino e um corredor. O primeiro andar é composto por nove salas, quatro delas projetadas para trinta alunos e as demais para

cinquenta, um banheiro masculino e um feminino e um corredor. O segundo andar tem a mesma estrutura do primeiro andar.

Para o estudo da envoltória do prédio, foi analisado a zona bioclimática da região (Campina Grande) e o tipo de material utilizado para construção do prédio.

Para o sistema de condicionamento de ar observou-se a eficiência energética de cada aparelho relatada pelo INMETRO.

Pensando no sistema de iluminação, sabe-se que é vital garantir níveis corretos da mesma nos ambientes internos dos edifícios para permitir o desempenho das tarefas por seus usuários em condições de conforto e salubridade. Por esse motivo, a *ABNT NBR ISO/CIE 8995-1* de 2013 – *Iluminação de ambientes de trabalho – Parte 1: Interior* [4] define níveis mínimos de iluminância necessários para diferentes tipos de atividades.

De modo a analisar a iluminação do prédio, foi feito o estudo luminotécnico. Para esse estudo foram feitas medições com o equipamento luxímetro para analisar os valores de iluminância média da situação real, nas salas, corredores e banheiros.

Estando as salas com as lâmpadas acesas e janelas fechadas foram feitas as medições no período diurno.

Um dos métodos para medição de iluminamento de interiores consiste na divisão da superfície em pequenas áreas elementares, nas quais se medem os iluminamentos. Em seguida, pode-se calcular o iluminamento médio [5]. Um dos processos mais simples e utilizável é o recomendado pela *ABNT NBR ISO/CIE 8995-1* de 2013 – *Iluminação de ambientes de trabalho – Parte 1: Interior* [4]. O processo para determinação do iluminamento de acordo com a norma é descrito de maneira esquemática e de fácil entendimento na apostila guia do laboratório de instalações elétricas da UFCG [5].

Após as medições, foram feitas as simulações desses ambientes para comparar com os valores reais. Para as simulações das salas de aula, foram colocadas superfícies de cálculo em cada cadeira, na mesa do professor, no quadro e uma compreendendo toda a área da sala.

Para efeito de ilustração do relatório e para melhor entendimento, foram escolhidas três salas para a representação visual.

A sala 4 encontra-se no térreo, com capacidade para 50 alunos. A sala é composta por três fileiras de luminárias, cada uma com três luminárias. As luminárias são do tipo sobreposta, com chapa de aço tratada e pintada em epóxi branco sem aletas

contra ofuscamento, compostas por duas lâmpadas do tipo T10 com potência elétrica de 40 W. Nesse caso, ao serem acionadas as 18 lâmpadas ao mesmo tempo, a potência utilizada é de 720 W.

A sala 105 encontra-se no primeiro andar, com capacidade para 30 alunos. A sala é composta por três fileiras de luminárias, duas dessas com duas luminárias e a outra com apenas uma luminária. As luminárias são do tipo sobreposta, com chapa de aço tratada e pintada em epóxi branco sem aletas contra ofuscamento, composta por duas lâmpadas do tipo T10 com potência elétrica de 40 W. Nesse caso, ao serem acionadas as 10 lâmpadas ao mesmo tempo, a potência utilizada é de 400 W.

A sala 201 encontra-se no segundo andar, com capacidade para 50 alunos. A sala é composta por três fileiras de luminárias, cada uma com três luminárias. As luminárias são do tipo sobreposta, com chapa de aço tratada e pintada em epóxi branco sem aletas contra ofuscamento, compostas por duas lâmpadas do tipo T10 com potência elétrica de 40 W. Nesse caso, ao serem acionadas as 18 lâmpadas ao mesmo tempo, a potência utilizada é de 720 W.

4 RESULTADOS

Sabendo que o RTQ-C [2] fornece uma classificação de edifícios através da determinação da eficiência de três sistemas:

- Envoltória;
- Iluminação;
- Condicionamento de ar.

O prédio BG teve seus sistemas estudados de uma maneira independente, para uma avaliação.

4.1 SISTEMA DE ENVOLTÓRIA

Através do zoneamento bioclimático brasileiro [8], pode-se constatar que Campina Grande encontra-se na zona bioclimática 8, de posse dessa informação e sabendo quais foram os materiais utilizados para construção do prédio BG, foi entendido que a etiqueta da envoltória seria nível A. Existem melhorias para envoltória, como uma dupla camada de tijolos com revestimento térmico, mas teria um alto custo e não alteraria o nível da etiqueta.

4.2 SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR

A classificação do sistema de condicionamento de ar permite classificações parciais. Isto significa que se pode certificar somente uma sala, um conjunto de salas, um piso ou parte de um edifício. Neste aspecto, a classificação do sistema de condicionamento de ar funciona da mesma forma que a classificação da eficiência da iluminação que também permite classificações parciais [2].

Para o sistema de condicionamento de ar viu-se que os aparelhos nas salas eram individuais e de nível C em eficiência energética, relatado pelo INMETRO. No caso de classificar somente uma sala com uma unidade de janela ou *split*, a eficiência do sistema

de condicionamento de ar seria igual à eficiência do aparelho em questão. Para obter a classificação de um conjunto de várias salas, deve-se primeiro determinar o nível de eficiência de cada unidade independente, seja esta de janela ou *split*. Depois, determina-se a área que cada unidade independente de condicionamento de ar atende. De posse destes dois tipos de dados, calcula-se uma média de eficiência para cada ambiente, ponderada por área [2].

No prédio BG existem 22 salas de aula. Na Tabela 5 encontram-se as áreas de cada sala presente no prédio, o nível de eficiência levando em conta a etiqueta de cada unidade presente e o equivalente numérico, este último dado no regulamento [2].

Para se calcular a classificação geral ponderam-se as eficiências de cada ambiente por área da seguinte forma:

- A soma da área de todos os ambientes. Essa soma foi igual a 1174,82 m²;
- Divide-se a área de cada ambiente pela área total dos ambientes obtendo o coeficiente de ponderação de cada ambiente.
- Multiplica-se o coeficiente de ponderação de cada ambiente pelo equivalente numérico de eficiência para finalmente obter os resultados ponderados.

Tabela 5– Dados para cálculo da eficiência do condicionamento de ar das salas do BG.

Ambiente	Área [m²]	Eficiência da Unidade	Equivalente Numérico	Coefficiente de Ponderação	Resultado ponderado
Sala 1 (Térreo)	56,31	C	3	0,0479	0,1437
Sala 2 (Térreo)	56,28	C	3	0,0479	0,1437
Sala 3 (Térreo)	56,36	C	3	0,0479	0,1437
Sala 4 (Térreo)	67,09	C	3	0,0571	0,1713
Sala 5 (1º andar)	66,90	C	3	0,0569	0,1707
Sala 6 (1º andar)	41,60	C	3	0,0354	0,1062
Sala 7 (1º andar)	41,60	C	3	0,0354	0,1062
Sala 8 (1º andar)	41,60	C	3	0,0354	0,1062
Sala 9 (1º andar)	41,65	C	3	0,0354	0,1062

Sala 10 (1º andar)	56,31	C	3	0,0479	0,1437
Sala 11 (1º andar)	56,28	C	3	0,0479	0,1437
Sala 12 (1º andar)	56,36	C	3	0,0479	0,1437
Sala 13 (1º andar)	67,09	C	3	0,0571	0,1713
Sala 14 (2º andar)	66,90	C	3	0,0569	0,1707
Sala 15 (2º andar)	41,60	C	3	0,0354	0,1062
Sala 16 (2º andar)	41,60	C	3	0,0354	0,1062
Sala 17 (2º andar)	41,60	C	3	0,0354	0,1062
Sala 18 (2º andar)	41,65	C	3	0,0354	0,1062
Sala 19 (2º andar)	56,31	C	3	0,0479	0,1437
Sala 20 (2º andar)	56,28	C	3	0,0479	0,1437
Sala 21 (2º andar)	56,36	C	3	0,0479	0,1437
Sala 22 (2º andar)	67,09	C	3	0,0571	0,1713

Somando-se os resultados ponderados tem-se o resultado numérico igual a 2,9982. Esse resultado foi comparado com a tabela de classificação presente no regulamento [1]:

$$2,5 < 2,9982 < 3,5.$$

Assim, o nível de eficiência tem valor C.

Para aumentar o nível de eficiência desse sistema, seria necessária a troca desses condicionadores de ar por outros que possuíssem um melhor nível de eficiência avaliado pelo INMETRO. Para essa proposta ser realizada, seria necessário um grande investimento financeiro e um tempo para o cumprimento da burocracia, uma vez que para que fossem liberados recursos para um órgão federal, uma licitação deveria ocorrer.

Outra proposta seria minimizar o ganho de calor solar, melhorando o conforto térmico dos usuários. Isso diminuiria a demanda por ar condicionado, aprimorando a eficiência energética. O ganho solar pode ser reduzido pelo *design* de janelas apropriadas e pela utilização de soluções adequadas de sombreamento.

O vidro utilizado nas janelas, por exemplo, deve permitir um elevado grau de transmissão de luz, mas deve minimizar o ganho de calor solar quando o sol está num ângulo baixo. O *design* específico da ventilação natural varia de acordo com o tipo de construção e as condições do local. Deve-se notar que os levantamentos de dados sobre vento em uma dada localização são em geral uma aproximação. Para aplicação dessa proposta, seria necessário um investimento financeiro considerável. Em contrapartida seria economizado dinheiro (através da redução nos gastos de funcionamento), a redução da carga de energia nos picos de demanda e a melhora da resiliência do abastecimento elétrico, além da redução de gases de efeito estufa.

4.3 SISTEMA DE ILUMINAÇÃO

A eficiência da iluminação é determinada calculando a densidade de potência instalada pela iluminação interna, de acordo com as diferentes atividades exercidas pelos usuários de cada ambiente.

Quanto menor a potência utilizada, menor é a energia consumida e mais eficiente é o sistema, desde que garantidas às condições adequadas de iluminação.

O sistema de iluminação artificial consome energia e gera carga térmica. O sistema de iluminação apresenta, portanto, dois tipos de consumo de energia: o consumo direto, ao utilizar eletricidade para gerar luz, e um consumo indireto, decorrente do calor gerado nesse processo. Esse calor tem de ser retirado dos ambientes obrigando a um maior gasto do sistema de condicionamento de ar, aumentando desta forma o consumo geral de energia do edifício. Assim, um edifício com um sistema

eficiente de iluminação fornece os níveis adequados de iluminâncias para cada tarefa consumindo o mínimo de energia, e também gerando a menor carga térmica possível. Vários métodos podem ser utilizados para alcançar este objetivo.

Portanto, foram feitos testes no DIALux com o propósito de adequar as salas as normas do programa PROCEL-EPP [3].

Baseados nas medições feitas nas salas com o equipamento luxímetro, foram calculados os valores de iluminância média seguindo as determinações da *ABNT NBR ISO/CIE 8995-1* de 2013 – *Iluminação de ambientes de trabalho – Parte 1: Interior* [4]. Posteriormente, foram feitas as simulações para análise dos resultados.

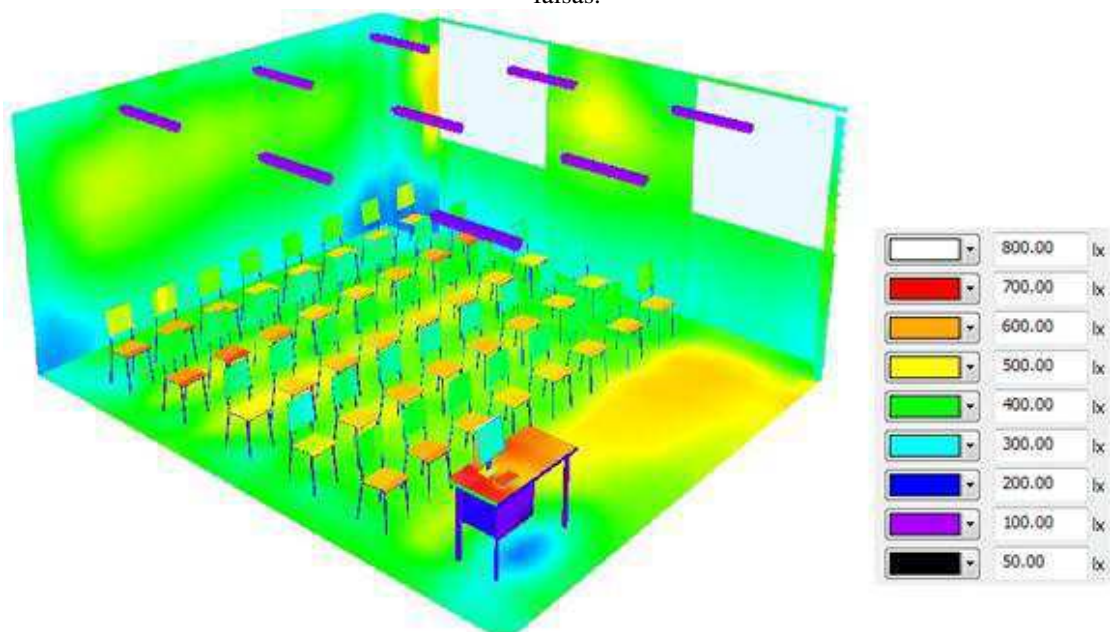
Para a sala 4:

Figura 10- Sala 4 térreo, período diurno, lâmpadas acesas e janelas fechadas.



Fonte: Autor – DIALux

Figura 11– Sala 4 térreo, período diurno, lâmpadas acesas e janelas fechadas, representação das cores falsas.



Fonte: Autor - DIALux

As medições na sala 4 térreo com as lâmpadas acesas e as janelas fechadas resultaram em uma iluminância média de 698,8 lux, para a simulação da mesma situação obteve-se o valor de iluminância média igual a 583 lux.

Através da norma [4], sabe-se que para salas de aulas em períodos diurnos o valor de iluminância média deve ser 300 lux e para períodos noturnos deve ser 500 lux. Para a sala 4, conclui-se que o valor medido de iluminância média está acima do pré-estabelecido na norma. O valor simulado comprova essa situação. A sala 4 encontra-se no térreo e teve índices altos de iluminação semelhantemente a algumas salas do segundo andar, por exemplo. Portanto independente da localização da sala é necessário um estudo detalhado. Adiante serão feitos testes em salas de situações semelhantes e serão propostos projetos de melhoria que possam se ajustar a essas realidades.

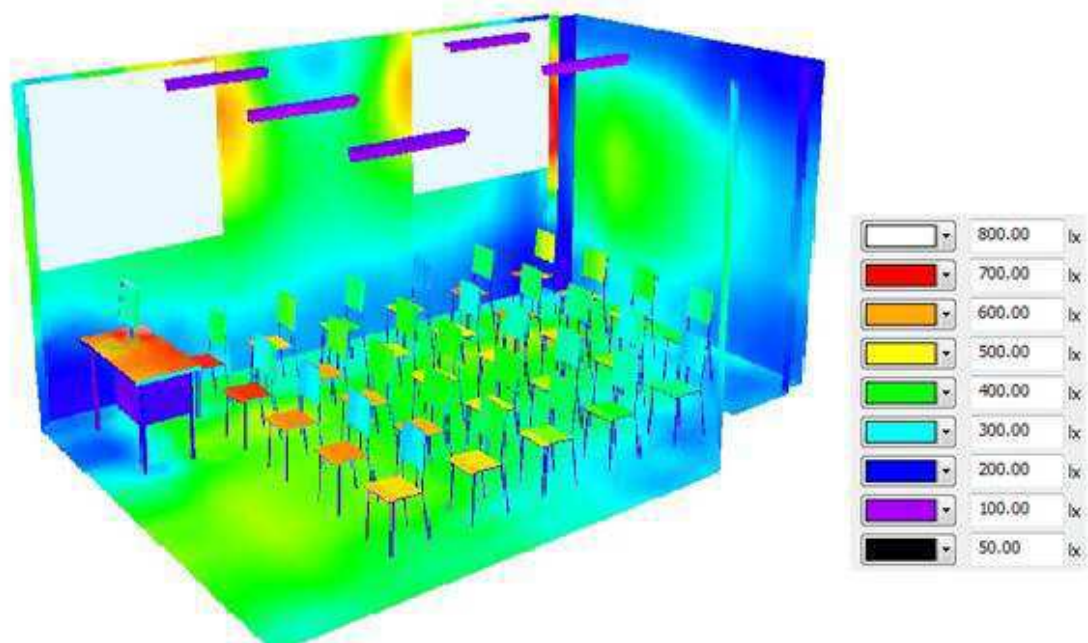
Para a sala 105:

Figura 12 - Sala 105 1º andar, período diurno, lâmpadas acesas e janelas fechadas.



Fonte: Autor -DIALux

Figura 13- Sala 105, período diurno, lâmpadas acesas e janelas fechadas, representação das cores falsas.



Fonte: Autor - DIALux

Na sala 105 as medições com as lâmpadas acesas e janelas fechadas, no período diurno, resultaram em 266,43 lux e a simulação resultou em 321 lux.

Vale salientar que o valor da iluminância média da sala em questão é muito próximo do valor estabelecido na norma [4].

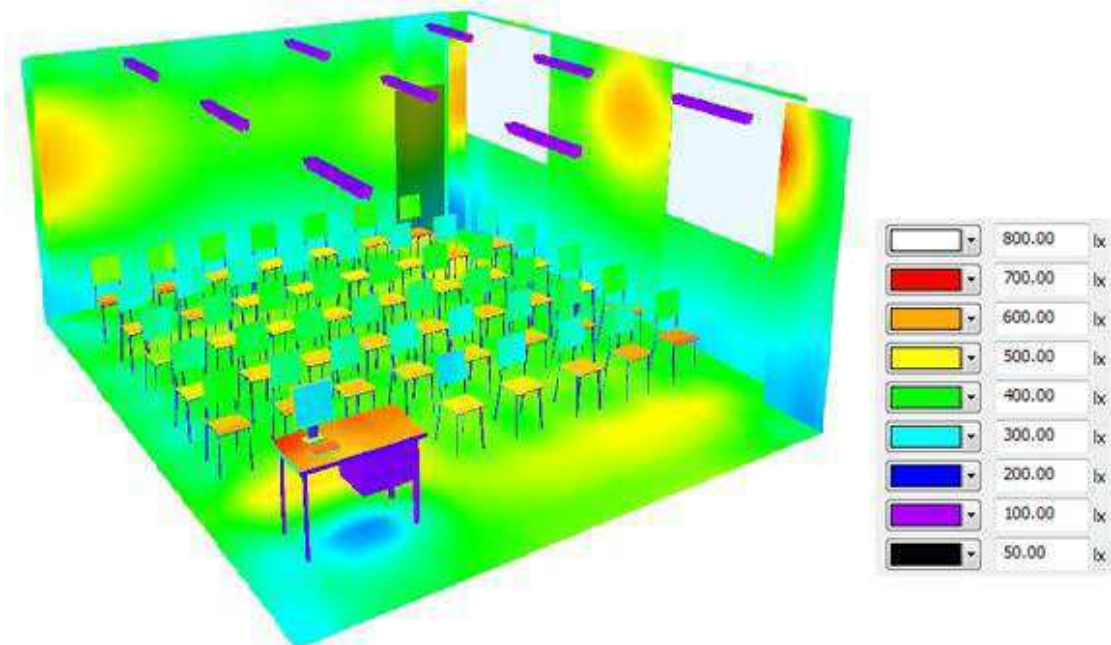
Para a sala 201 obteve-se:

Figura 14- Sala 201 2º andar, período diurno, lâmpadas acesas e janelas fechadas.



Fonte: Autor – DIALux

Figura 15 - Sala 201, período diurno, lâmpadas acesas e janelas fechadas, representação das cores falsas.



Fonte: Autor – DIALux

Na sala 201 as medições para a situação mais usual (lâmpadas acesas e janelas fechadas) resultaram em uma iluminância média igual a 737 lux e a simulação resultou em 708 lux. Através dos valores obtidos pode-se firmar que o valor medido da iluminância média para sala está muito acima do valor estabelecido na norma [4]. O valor resultante da simulação comprova essa situação. Vale salientar que essa sala encontra-se em uma localização favorável a iluminação natural. Logo, é necessário colocar o iluminamento médio dentro dos limites.

Para testar medidas de melhoramento na eficiência energética da iluminação, foi utilizada a sala 201.

Os testes foram feitos na sala 201 através do uso do *software* DIALux®. Inicialmente esses testes foram feitos por meio de simulações de situações que se diferenciavam pela maneira de disposição das luminárias.

Para a sala em estudo foi proposto um teste sem uma das luminárias. Sabendo que a luz natural contribuiu para o iluminamento dentro da sala, e sabendo que é difícil uma quantidade exata de cinquenta alunos assistindo aula na sala, foi escolhida uma luminária do fundo da sala próxima à janela.

Na Figura 19, encontra-se a simulação sem a presença de uma das luminárias do fundo da sala.

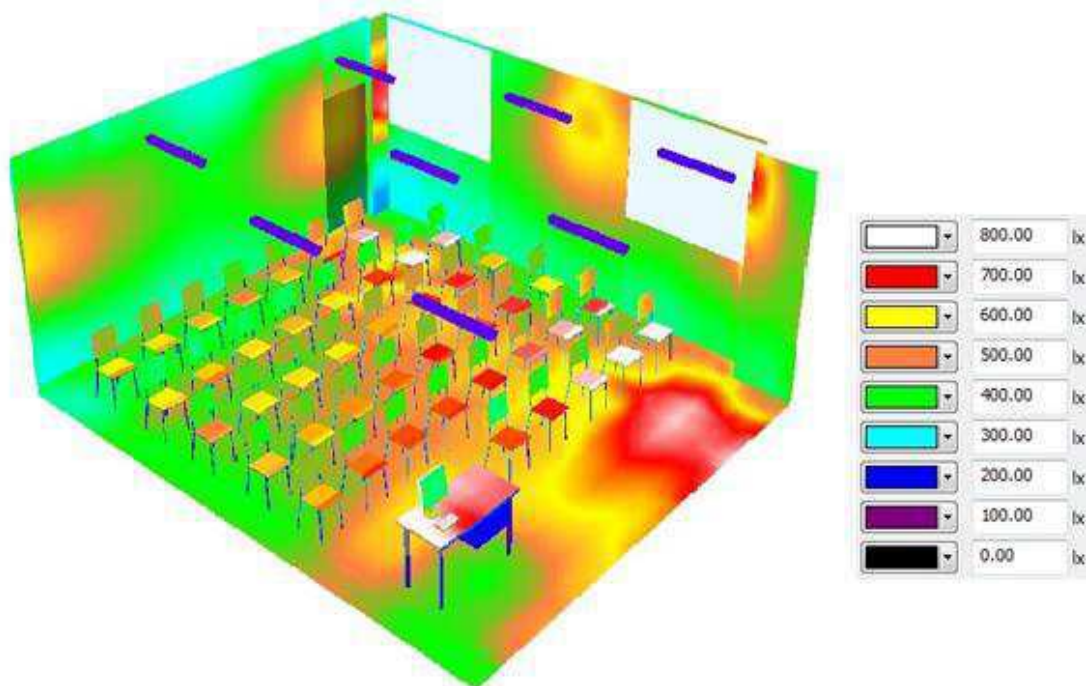
Figura 16 – Teste sem uma das luminárias na sala 201, período diurno.



Fonte: Autor - DIALux.

Na Figura 20, encontra-se a representação da simulação do teste em cores falsas para uma melhor análise.

Figura 17– Teste sem uma das luminárias na sala 201, período diurno, representação cores falsas.



Fonte: Autor – DIALux.

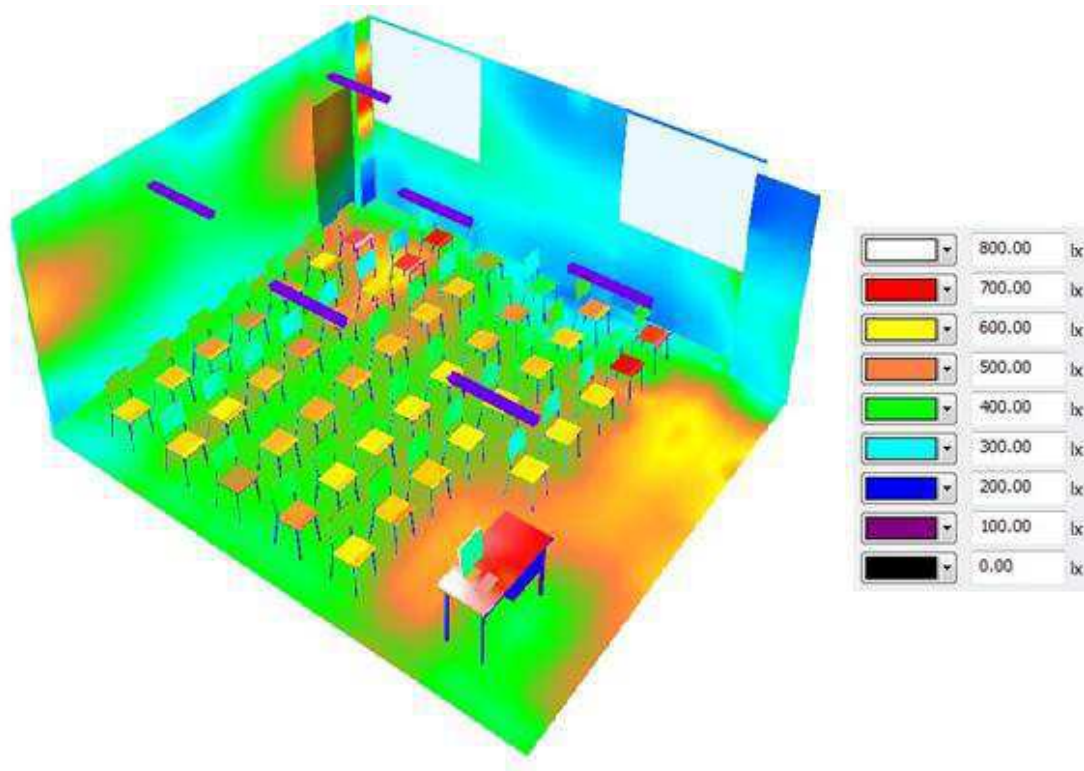
Observou-se através dos resultados dos cálculos fornecidos pelo DIALux, que a sala depois da modificação do teste ficou com uma iluminância média igual a 701 lux. A modificação garantiu a diminuição de duas lâmpadas de 40 W, totalizando 80 W.

Mesmo após o teste da retirada de uma das luminárias e um novo posicionamento das luminárias que restaram, o valor da iluminância média da sala continuou acima do valor que a norma [4] estabelece como referência para essa situação. Isso se deve ao fato de que para o período diurno, na sala em estudo, a iluminação natural contribuiu para a iluminação dentro da sala de uma maneira satisfatória.

O RTQ-C [2] determina que para reduzir a necessidade de uso da iluminação artificial quando há luz natural suficiente para prover a iluminância adequada no plano de trabalho, as luminárias próximas às janelas devem possuir um dispositivo de desligamento independente do restante do sistema.

Portanto, foram feitos novos testes visando à proposta do RTQ-C [2]. Na Figura 22, observa-se a simulação da sala sem a presença das luminárias próximas às janelas, representada em cores falsas.

Figura 18– Teste na sala 201 sem uma luminária e com as luminárias próximas às janelas com dispositivo de desligamento independente do restante do sistema, período diurno, representação cores falsas.



Fonte: Autor – DIALux.

Depois da simulação, observou-se os resultados dos cálculos feitos pelo DIALux e foi visto que a iluminância média da sala foi igual a 622 lux. No quadro do professor a iluminância média foi de 552 lux, esse valor encontra-se acima do padrão determinado em norma [4] para a tarefa realizada, isso se deu pelo fato de que existe uma alta contribuição da iluminação natural para a sala. Para essa situação, só nessa sala a potência instalada seria reduzida em 80 W sem a presença de uma luminária e para o período diurno seguindo a proposta do RTQ-C [2], onde as luminárias próximas às janelas devem possuir um dispositivo de desligamento independente do restante do sistema, a redução da potência instalada seria de 240 W.

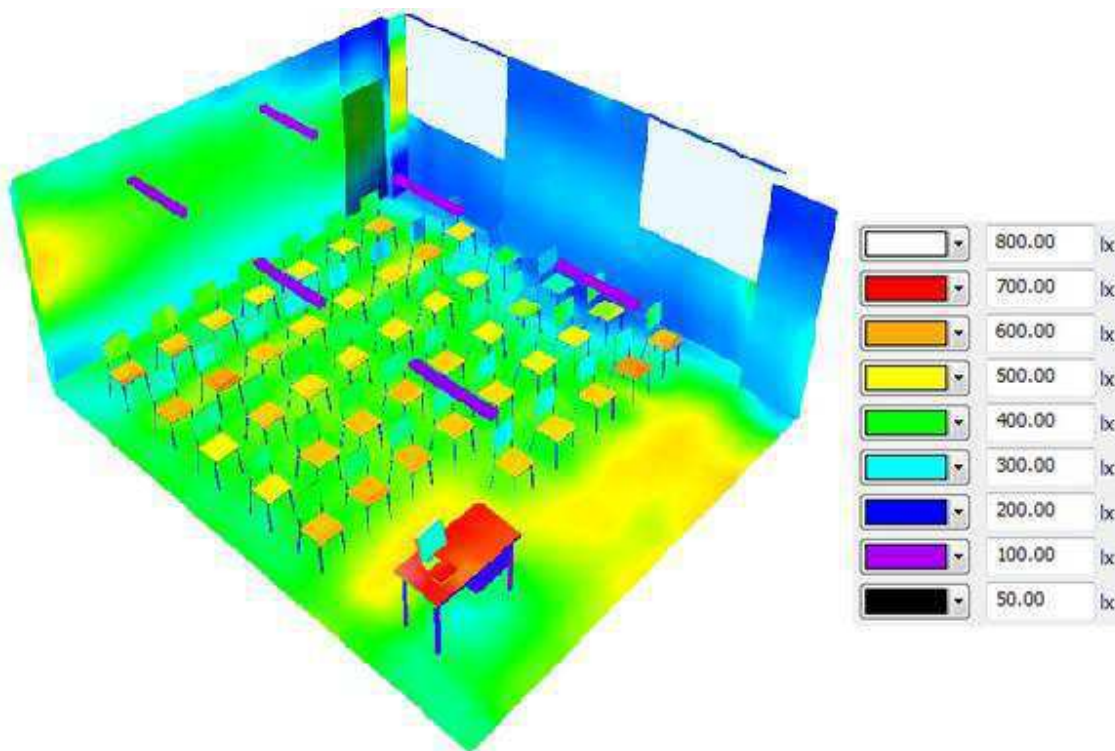
Para realizar a retirada de algumas luminárias e modificações no posicionamento das que restaram, para várias salas no prédio, seria necessário tempo livre nas salas e

um dispêndio de recursos com reformas, substituição das lâmpadas, fiação adicional e contactores.

Assim, visando atender aos pré-requisitos da etiqueta nível A em iluminação, à viabilidade econômica, à questão do tempo e ao fator da reutilização do material já existente, foram feitos novos testes.

O projeto sem a fileira de luminárias da lateral, junto às janelas onde o sol contribui para a iluminação interna, seguindo a proposta do RTQ-C [2], que seria permutado mediante acionamento de fotocélulas para utilização noturna do ambiente foi pensado e simulado posteriormente. Foi obtida uma iluminância média de 569 lux. Através dos cálculos gerados no *software* DIALux é possível comprovar que nas áreas de trabalho (cadeiras, mesa do professor, quadro) os valores das iluminâncias médias estão dentro da norma.

Figura 19– Teste na sala 201, sem a fileira de luminárias da lateral junto às janelas, período diurno, representação cores falsas.



Fonte: Autor – DIALux.

4.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Analisando as medições, simulações das salas e os testes realizados, pôde-se concluir que é possível adaptar o prédio às normas do PROCEL-EPP [3].

Foi visto que para se ter um melhoramento da eficiência do sistema de condicionamento de ar, seria necessário a troca dos equipamentos presentes no prédio por outros com um maior nível de eficiência, segundo critérios adotados pelo INMETRO. Uma proposta menos dispendiosa, seria a redução do ganho solar pelo *design* de janelas apropriadas. O uso de um tipo de vidro nas janelas que permita um elevado grau de transmissão de luz, mas que minimize o ganho de calor solar quando o sol está num ângulo baixo.

Constata-se que para elaborar um projeto luminotécnico em um prédio já existente, é necessário fazer um estudo detalhado de cada ambiente. Sabe-se que a localização do prédio colaborou para que houvesse contribuição da iluminação natural nas salas, fazendo com que algumas dessas no período diurno, estivessem com uma iluminância média muito acima dos valores estabelecidos em norma.

Para reduzir a necessidade de uso da iluminação artificial quando há luz natural suficiente para prover a iluminância adequada no plano de trabalho, o RTQ-C [2] determina que as luminárias próximas às janelas devam possuir um dispositivo de desligamento independente do restante do sistema.

Outra proposta seria a segmentação de circuitos. Essa segmentação faria com que os interruptores fornecessem a possibilidade de manipular quais lâmpadas seriam acesas. Para essa proposta ter sucesso, as pessoas que utilizassem o ambiente precisariam ser conscientes ambientalmente e economicamente.

A respeito dos resultados alcançados, analisando o teste da sala 201 sem as luminárias próximas às janelas, pode-se concluir que o valor da iluminância média da sala diminuiu, porém ficou dentro dos padrões aceitáveis da norma. As cadeiras próximas às janelas ficaram com as iluminâncias médias dentro da norma. As luminárias próximas às janelas totalizam 6 lâmpadas cada uma de 40 W, sendo 240 W ao todo. Considerando que a sala em questão tenha aula das 8:00h às 12:00h e das 14:00h às 18:00h, cinco dias por semana. Em posse dos valores de tarifa em horário de

ponta (R\$ 0,96672) e da tarifa fora de ponta (R\$ 0,24599) é possível saber que em um mês uma única sala de aula de um prédio de 22 salas, foi responsável por uma economia de R\$ 12,90552. Ou seja, a sala com o novo projeto teria um gasto de 66,7% com energia em relação à iluminação, comparado com o valor gasto antes da implementação do projeto. Uma economia de 33,3% em uma única sala de aula de um prédio de 22 salas.

Através dos valores medidos e simulados e analisando a sala escolhida para representar o primeiro andar, foi visto que a sala em questão encontra-se dentro do valor de iluminância que a norma exige. A interferência de outros prédios e das árvores fez com que a iluminação natural não contribuísse tanto quanto contribuiu no segundo andar. Essa situação mostra que não se pode generalizar e aplicar mudanças no sistema de iluminação de todas as salas de aula. É necessário um estudo luminotécnico de cada ambiente.

No andar térreo foi visto que existem salas onde quase não existe a contribuição da luz natural. Essas salas encontram-se com valores de iluminância média dentro dos limites da norma. Em contrapartida, existem salas no térreo que pela localização possuem a contribuição da luz natural no período diurno, sendo possível também uma adaptação visando à situação indicada na norma e a economia de energia no prédio. Esse fato prova mais uma vez que para ser realizada uma proposta de mudança no sistema de iluminação, é necessário que haja um estudo de todos os ambientes, e com o resultado saber quais são favoráveis a mudanças.

Destaca-se que as medições feitas no prédio com o uso do luxímetro puderam auxiliar no diagnóstico do consumo de energia facilitando o comissionamento ao indicar onde e em que horas se consome mais e, conseqüentemente, em que tipo de uso deve-se investir para elevar ainda mais a eficiência energética do edifício quando em uso.

5 CONCLUSÃO

A partir do projeto experimental, a economia de recursos é possível. Portanto, com os estudos apresentados, pôde-se concluir que é viável a análise do dispêndio energético das edificações, de forma a torná-las mais eficientes, diminuindo, portanto, o custo com as mesmas. Essa análise é possível com o uso do programa PROCEL-EPP (Eficiência Energética nos Prédios Públicos) que fornece o rumo aos órgãos que desejam tornar suas construções mais eficientes.

Foi visto que para se ter uma interferência no sistema de iluminação de um prédio levando em conta o regulamento técnico para adaptação ao PROCEL-EPP, é necessário o estudo luminotécnico de todas as salas presentes no mesmo. Cada sala tem sua particularidade e como foi visto no prédio estudado, existiram salas que possuíam valores de iluminância média dentro da norma. Nessas salas, por exemplo, não seria possível alterar o sistema de iluminação para não se ter valores de iluminância média inferiores aos recomendados por norma para garantir o conforto visual dos estudantes.

No período de estágio, foram adquiridos conhecimentos de grande valia. Entretanto, as principais são a experiência de trabalho com uma equipe de profissionais dessemelhante, incluindo engenheiros eletricitas e técnicos em eletrotécnica; a experiência de situações do cotidiano de um ambiente de trabalho, com problemas e cobranças para soluções instantâneas; a oportunidade de crescer não só academicamente como também social, econômica e moralmente.

Dessa forma, nesse estágio a aluna teve a oportunidade de colocar em prática grande parte da temática adquirida ao longo do curso. Disciplinas como Instalações Elétricas, Gerenciamento de Energia Elétrica, Técnicas de Medição, principalmente, mostraram-se de grande importância para a conclusão do estágio.

REFERÊNCIAS

- [1] *Prefeitura Universitária - UFCG*. Disponível em:
<http://www.prefeitura.ufcg.edu.br/index.php/sobre>. Acesso em 01/03/2016;
- [2] Manual para aplicação do RTQ-C. Disponível em:
<http://pga.pgr.mpf.mp.br/documentos/guia-4>. Acesso em: 29/02/2016;
- [3] PROCEL-EPP. Manual de Iluminação. Disponível em:
<http://www.procelinfo.com.br/data/Pages/LUMIS623FE2A5ITEMID5C0D828A5E894B4AA0280C96CCED1760PTBRIE.htm>. Acesso em: 29/02/2016;
- [4] ABNT. (2013). NBR ISSO/CIE 8995-1:2013 – Iluminação de ambientes de trabalho – Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT;
- [5] Apostila guia experimental de Fotometria - Laboratório de Instalações Elétricas, Universidade Federal de Campina Grande;
- [6] ALMEIDA, *Genoilton C.*. "Notas de Aula de Instalações Elétricas - Cap. 2 Luminotécnica", Universidade Federal de Campina Grande, 2014;
- [7] ABNT. (2005). NBR 15.220-3 – Desempenho térmico de edificações. Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT;