

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

JÚLIA MICAI

**AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO DOS AMBIENTES
EDUCACIONAIS DA UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO
PARANÁ – CAMPUS CAMPO MOURÃO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO
2016

JÚLIA MICAI

**AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO DOS AMBIENTES
EDUCACIONAIS DA UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO
PARANÁ – CAMPUS CAMPO MOURÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do curso superior de Engenharia Civil do Departamento Acadêmico de Construção Civil – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Esp. Evandro Luiz Volpato.

CAMPO MOURÃO

2016



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Campo Mourão
Diretoria de Graduação e Educação Profissional
Departamento Acadêmico de Construção Civil
Coordenação de Engenharia Civil



TERMO DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso

AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO DOS AMBIENTES EDUCACIONAIS DA UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ – CAMPUS CAMPO MOURÃO

por

Júlia Micai

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 14h00min do dia 10 de Junho de 2016 como requisito parcial para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL, pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Me. Luiz Becher
(UTFPR)

Prof. Me. Roberto Widderski
(UTFPR)

Prof. Esp. Evandro Luiz Volpato
(UTFPR)
Orientador

Responsável pelo TCC: **Prof. Me. Valdomiro Lubachevski Kurta**

Coordenador do Curso de Engenharia Civil:

Prof. Dr. Marcelo Guelbert

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso

RESUMO

MICAI, J. **Avaliação do sistema de iluminação dos ambientes educacionais da universidade da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Campo Mourão**. 2016. 63 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2016.

O trabalho foi desenvolvido na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, que é localizada no município de Campo Mourão, no estado do Paraná. O trabalho teve como objetivo avaliar as condições luminotécnicas dos ambientes do bloco H da universidade. A metodologia utilizada foi uma prévia avaliação nas instalações atuais seguida de duas propostas de melhorias para que os ambientes se adequem a NBR ISO/CIE 8995-1/2013. Ambas as avaliações tiveram seu projeto baseado no Método dos Lúmens e possuem o valor do investimento inicial e, quando ocorrer, o tempo de retorno desse investimento através da diminuição dos gastos com energia elétrica. Os resultados obtidos demonstram que para ambientes já existentes, manter o modelo de lâmpada atual, que possui um investimento inicial menor, seria o investimento correto, enquanto para novas edificações, um maior investimento, que proporcione uma melhor eficiência energética, se torna o adequado.

Palavras-chave: Condições luminotécnicas. NBR ISO/CIE 8995-1/2013. Método dos Lúmens. Investimento inicial. Tempo de retorno. Energia elétrica.

ABSTRACT

MICAI, J. **Evaluation of the lighting system of educational environments of the Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Campo Mourão.** 2016. 63 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2016.

The project was developed at Universidade Tecnológica Federal do Paraná, which is located in the city of Campo Mourão, on Paraná. The project had the objective of evaluating the technical lighting conditions of the University's block H environments. The methodology used was a preliminary assessment in the actual installations followed by two proposed improvements so that the environments become suited to the NBR ISO/CIE 8995-1/2013. Both evaluations had their project based on the Lumens' Method and they have the value of the initial investment and, when occurs, the return time of this investment through the decrease of the energy expenses. The results showed that for existing environments , keep the lamp current model, which has a lower initial investment , would be the right investment , while for new buildings , increased investment that provides better energy efficiency becomes appropriate.

Key-words: Technical lighting conditions. NBR ISO/CIE 8995-1/2013. Lumens' Method. Initial investment. Return time. Electricity.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1- FLUXO LUMINOSO	15
FIGURA 2 - ILUMINÂNCIA	15
FIGURA 3 - EFICIÊNCIA LUMINOSA	16
FIGURA 4 - ÍNDICE DE REPRODUÇÃO DE COR.....	16
FIGURA 5 - LUXÍMETRO	18
FIGURA 6 - LÂMPADA INCANDESCENTE TRADICIONAL.....	19
FIGURA 7 - LÂMPADA INCANDESCENTE HALÓGENA.....	19
FIGURA 8 - LÂMPADAS FLUORESCENTES	20
FIGURA 9 - LED	21
FIGURA 10 - TABELA ÍNDICE DO LOCAL (PARTE1)	26
FIGURA 11 - TABELA ÍNDICE DO LOCAL (PARTE2)	27
FIGURA 12 - TABELA COEFICIENTE DE UTILIZAÇÃO (PARTE 1).....	28
FIGURA 13 - TABELA COEFICIENTE DE UTILIZAÇÃO (PARTE 2).....	29
FIGURA 14 - TABELA COEFICIENTE DE UTILIZAÇÃO (PARTE 3).....	30
FIGURA 15 - TABELA COEFICIENTE DE UTILIZAÇÃO (PARTE 4).....	31
FIGURA 16 - TABELA COEFICIENTE DE UTILIZAÇÃO (PARTE 5).....	32
FIGURA 17 - TABELA COEFICIENTE DE UTILIZAÇÃO (PARTE 6).....	33
FIGURA 18 - DIAGRAMA DE FLUXO DE CAIXA	35
FIGURA 19 - PLANTA PAVIMENTO TÉRREO BLOCO H.....	38
FIGURA 20 - PLANTA 1º PAVIMENTO BLOCO H.....	38
FIGURA 21 - ATUAL MODELO DE LUMINÁRIA.....	39
FIGURA 22 - ATUAL MODELO DE REATOR	40
FIGURA 23 - INFORMAÇÕES DO ATUAL MODELO DE REATOR.....	40
FIGURA 24 - ATUAL DISTRIBUIÇÃO DAS LUMINÁRIAS	41
FIGURA 25 - TABELA NBR ISO/CIE 8995-1/2013 - LABORATÓRIOS	41
FIGURA 26 - TABELA ÍNDICE DO LOCAL – H001	42
FIGURA 27 - TABELA REFLETÂNCIA DE PAREDES E TETOS – H001	43
FIGURA 28 - TABELA COEFICIENTE DE UTILIZAÇÃO – H001.....	43
FIGURA 29 - DISTRIBUIÇÃO DAS LUMINÁRIAS – PROPOSTA 1	45
FIGURA 30 - MODELO DE LUMINÁRIA – PROPOSTA 2	45
FIGURA 31 - MODELO DE REATOR – PROPOSTA 2	46
FIGURA 32 - INFORMAÇÕES DO MODELO DE REATOR – PROPOSTA 2	47

FIGURA 33 - DISTRIBUIÇÃO DAS LUMINÁRIAS – PROPOSTA 2	48
FIGURA 34- TARIFAS VIGENTES PARA CLIENTES DO SUBGRUPO A4 ENQUADRADO TARIFÁRIO VERDE.....	50

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - CLASSIFICAÇÃO DAS LÂMPADAS DE ACORDO COM A DISTRIBUIÇÃO DO FLUXO	
LUMINOSO	22
TABELA 2 - TABELA REFLETÂNCIA DE PAREDES E TETOS	33
TABELA 3 - INFORMAÇÕES DO ATUAL MODELO DE LUMINÁRIA	39
TABELA 4 - INFORMAÇÕES DO ATUAL MODELO DE LUMINÁRIA	40
TABELA 5 - INFORMAÇÕES DO MODELO DE LUMINÁRIA – PROPOSTA 2	46
TABELA 6 - INFORMAÇÕES DO MODELO DE LÂMPADA – PROPOSTA 2	46
TABELA 7 - INVESTIMENTO INICIAL – PROPOSTA 1	48
TABELA 8 - INVESTIMENTO INICIAL – PROPOSTA 2	48
TABELA 9 - POTÊNCIA TOTAL DIMINUÍDA – H001	49
TABELA 10 - INVENTÁRIO DAS INSTALAÇÕES ATUAIS – PAVIMENTO TÉRREO	51
TABELA 11 - INVENTÁRIO DAS INSTALAÇÕES ATUAIS – 1º PAVIMENTO (PARTE 1)	52
TABELA 12 - INVENTÁRIO DAS INSTALAÇÕES ATUAIS – 1º PAVIMENTO (PARTE 2)	52
TABELA 13 - PROJETO LUMINOTÉCNICO – PAVIMENTO TÉRREO	53
TABELA 14 - PROJETO LUMINOTÉCNICO – 1º PAVIMENTO (PARTE 1)	53
TABELA 15 - PROJETO LUMINOTÉCNICO – 1º PAVIMENTO (PARTE 2)	54
TABELA 16 - INVESTIMENTO INICIAL TOTAL – PROPOSTA 1	55
TABELA 17 - INVESTIMENTO INICIAL TOTAL – PROPOSTA 2	56
TABELA 18 - TEMPO DE RETORNO INDIVIDUAL	57
TABELA 19 - INVESTIMENTO INICIAL TOTAL PARA NOVAS EDIFICAÇÕES	59
TABELA 20 - TEMPO DE RETORNO DA PROPOSTA 2 PARA NOVAS EDIFICAÇÕES	59

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 OBJETIVOS	13
2.1 OBJETIVOS GERAIS	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3 JUSTIFICATIVA	14
4 REFERENCIAL TEÓRICO	15
4.1 CONCEITO DE ILUMINAÇÃO.....	15
4.2 FOTOMETRIA.....	17
4.3 SISTEMA DE ILUMINAÇÃO NATURAL.....	18
4.4 SISTEMA DE ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL.....	18
4.4.1 Lâmpadas.....	18
4.4.2 Luminárias.....	21
4.4.2.1 Classificação das luminárias.....	21
4.5 FATORES DE INFLUÊNCIA NA QUALIDADE DA ILUMINAÇÃO.....	23
4.6 PROJETO DE ILUMINAÇÃO PELO MÉTODO DOS LÚMENS.....	24
4.6.1 Método da General Electric	24
4.6.1.1 Fator de utilização, u	25
4.6.1.2 Índice do local.....	25
4.6.1.3 Fator de reflexão	27
4.6.1.4 fator de depreciação	33
4.6.1.5 Cálculo do fluxo luminoso total, Φ	34
4.6.1.6 número n de luminárias	34
4.7 TEMPO DE RETORNO (PAYBACK).....	34
4.7.1 Payback Simples	35
5 MÉTODO	36
5.1 INVENTÁRIO DAS INSTALAÇÕES ATUAIS.....	36
5.2 PROJETO LUMINOTÉCNICO	36
5.3 VALOR DO INVESTIMENTO.....	37
5.4 TEMPO DE RETORNO DO INVESTIMENTO	37
5.5 AVALIAÇÃO PARA NOVAS EDIFICAÇÕES.....	37

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	38
6.1 H001 – LABORATÓRIO DE HIDRÁULICA.....	38
6.1.1 Inventário das instalações atuais	39
6.1.2 Projeto luminotécnico.....	42
6.1.2.1 Proposta 1 – Complementação com luminárias existentes.....	42
6.1.2.1.1 Índice do local.....	42
6.1.2.1.2 Fator de reflexão	43
6.1.2.1.3 Fator de utilização.....	43
6.1.2.1.4 Fator de depreciação	43
6.1.2.1.5 Calculo do fluxo luminoso total, Φ	44
6.1.2.1.6 Número n de luminárias	44
6.1.2.2 Proposta 2 – Substituição de todas as luminárias	45
6.1.2.2.1 Alterações	45
6.1.2.2.2 Projeto.....	47
6.1.3 Valor do investimento	48
6.1.3.1 Proposta 1 – Complementação com luminárias existentes.....	48
6.1.3.2 Proposta 2 – Substituição de todas as luminárias	48
6.1.4 Tempo de retorno do investimento	49
6.1.4.1 Proposta 1 – Complementação das luminárias existentes	49
6.1.4.2 Proposta 2 – Substituição de todas as luminárias	49
6.2 AVALIAÇÃO DOS AMBIENTES EXISTENTES.....	51
6.2.1 Inventário das instalações	51
6.2.2 Projeto luminotécnico.....	52
6.2.3 Valor do investimento	54
6.2.3.1 Proposta 1 – Complementação com luminárias existentes.....	55
6.2.3.2 Proposta 2 – Substituição de todas as luminárias	55
6.2.4 Tempo de retorno de investimento.....	56
6.3 AVALIAÇÃO PARA NOVAS EDIFICAÇÕES.....	58
6.3.1 Valor do investimento	58
6.3.2 Tempo de retorno do investimento	59
7 CONCLUSÕES.....	61
REFERÊNCIAS.....	62

1 INTRODUÇÃO

Para Costa (2006, p.1) “[...] Até alguns séculos atrás o período produtivo era limitado ao período que o sol estava brilhando, quando o Sol se punha, todos se retiravam às suas dependências para dormir. [...]”. O autor segue alegando que o ciclo foi modificado desde a criação da iluminação elétrica, elemento indispensável, já que além de colaborar com o desenvolvimento, estendendo os horários disponíveis, uma iluminação bem planejada seria fundamental para a segurança e o bem estar da população.

Para uma adequada iluminação, faz-se necessário a realização de um projeto luminotécnico, visando alcançar níveis ideais de iluminação e uma economia na fatura de energia elétrica, que vem sofrendo aumentos nos últimos tempos. Avaliando o sistema de iluminação da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Campo Mourão, verificar-se-á a possibilidade de compatibilizar níveis ideais de iluminação e a economia do gasto da universidade com energia elétrica.

Uma iluminação inadequada no ambiente de trabalho e de estudo pode prejudicar a saúde física e psicológica dos frequentadores, atentando afetar o seu rendimento devido aos diversos desconfortos gerados, podendo causar acidentes e ainda desperdiçar energia elétrica. Com assuntos como, a segurança em ambientes de trabalho, a questão ambiental e a crise econômica em alta, a busca por segurança e combate a desperdícios são essenciais.

Segundo relata Giaretta (2014, p. 13), “A iluminação é um elemento fundamental para o bem-estar físico e mental daqueles que fazem uso de um determinado ambiente, facilitando a visualização de objetos de modo que o trabalho possa ser efetuado em condições aceitáveis de eficiência, comodidade e segurança”.

A correta iluminação ainda é capaz de reduzir o consumo de energia elétrica.

A iluminação apresenta, portanto, um dos maiores potenciais de conservação de energia e também, é o setor que pode oferecer as respostas mais rápidas às necessidades de redução de consumo com os menores investimentos e os mais rápidos retornos. Tais características foram amplamente comprovadas durante a recente crise de energia de 2001, quando a iluminação, principalmente através da substituição de lâmpadas incandescentes por lâmpadas fluorescentes compactas nos setores residencial e comercial, e de lâmpadas a vapor de sódio na Iluminação Pública, deram respostas surpreendentes, permitindo atingir-se as rigorosas metas de racionamento impostas. (COSTA; GILBERTO J.C., 2006, p. 01 e 02).

Este trabalho irá avaliar as condições luminotécnicas da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Campo Mourão com a finalidade de melhorar a sua eficiência energética e obter um nível de iluminação do local de acordo com a utilização do ambiente e distribuí-lo da forma mais uniforme possível, além de obter um índice de reprodução de cor correto. Evitar o deslumbramento e o ofuscamento, também será importante, bem como escolher com critérios os aparelhos de iluminação e modelos de lâmpadas que serão adequadas ao ambiente.

Após uma revisão bibliográfica, levantar-se-á a situação do atual sistema de iluminação de alguns ambientes da instituição, e a seguir realizar uma avaliação destes, tendo como referência os parâmetros definidos pela NBR ISO/CIE 8995-1. Com todos os dados necessários identificados, é possível elaborar o projeto de iluminação de acordo com o Método dos Lúmens. Por fim, será feita uma comparação entre o atual sistema de iluminação e o projeto luminotécnico realizado nesse trabalho, analisando tanto a qualidade da iluminação quanto a eficiência energética.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVOS GERAIS

Avaliar as condições luminotécnicas dos ambientes do bloco H da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Campo Mourão. Esta análise poderá nos mostrar se há possibilidade de melhorar os níveis de iluminação e ainda reduzir o consumo de energia elétrica.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Conforme indicado no Manual de Iluminação Eficiente, da PROCEL (2002, p. 21), para alcançar o objetivo geral é necessário:

- Obter boas condições de visibilidade, definindo um nível de iluminação adequado à utilização do ambiente;
- Distribuir de forma uniforme o fluxo luminoso no ambiente;
- Evitar o deslumbramento, ou seja, a impressão de mal-estar que uma grande intensidade luminosa pode causar ao olho humano, das pessoas que utilizam o local;
- Evitar o ofuscamento, efeito de uma luz forte no campo de visão do olho humano;
- Obter um Índice de Reprodução de Cor correto, ou seja, ter uma medida correta de correspondência entre a cor real de um objeto e a sua aparência diante de uma determinada fonte de luz;
- Escolher os aparelhos de iluminação, e modelos de lâmpadas mais adequados à utilização do ambiente;
- Através da utilização do conceito de eficiência luminosa, reduzir o consumo de energia e o valor da fatura de energia elétrica.

3 JUSTIFICATIVA

Devido à necessidade de constante aumento de produtividade, e maior demanda por itens de conforto, a vida moderna fez da energia elétrica um insumo de primeira necessidade. Do mesmo modo que a tecnologia necessita de energia, a energia necessita de novas tecnologias que tornem sua utilização mais eficiente, já que a demanda está aumentando ao longo do tempo, superando a capacidade de fornecimento, sendo notório nos recentes apagões vividos pelo sistema elétrico.

A conta de energia elétrica vem sofrendo grandes mudanças nos últimos tempos, devido ao aumento nas tarifas autorizado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), gerando grande desconforto nos bolsos dos brasileiros. Instituições federais, como a Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Campo Mourão, não são isentas desse aumento.

Segundo Costa (2006, p.1), “[...] o segmento de iluminação, em geral, corresponde a aproximadamente 17% do consumo total de energia no país [...]”, pois a iluminação artificial é um elemento indispensável, já que não existem mais fronteiras entre dia e noite para as atividades humanas, e por consequência, a população não pode mais depender apenas da iluminação natural.

Sendo a Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Campo Mourão uma instituição de ensino, é indispensável um adequado projeto de iluminação, tendo em vista que uma iluminação inadequada afeta diretamente os docentes e discentes, podendo provocar diversos desconfortos, tais como: cansaço, dor de cabeça, lesão na visão, desânimo, além de riscos de acidentes. Em contrapartida, com um projeto adequado é possível obter mais motivação e maior bem-estar, alcançando um melhor rendimento profissional e acadêmico.

Analisando os fatores citados acima, fica evidente a necessidade de elaboração de um projeto luminotécnico, para que, se consiga simultaneamente a redução dos gastos com a energia elétrica e um melhor ambiente de trabalho.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 CONCEITO DE ILUMINAÇÃO

Todos os conceitos de iluminação a seguir foram retirados do Manual de Iluminação Eficiente da PROCEL (RODRIGUES; PIERRE, 2002).

- **Fluxo Luminoso (Φ):** Representa uma potência luminosa emitida por uma fonte luminosa, por segundo, em todas as direções, sob a forma de luz. Sua unidade é o lúmen (lm). Em uma analogia com a hidráulica, seria como um chafariz esférico, dotado de inúmeros furos na sua superfície.



Figura 1- Fluxo Luminoso
Fonte: Rodrigues (2002)

- **Nível de Iluminação ou Iluminância (E):** Por definição, podemos dizer que iluminância é o fluxo luminoso (lúmen) incidente numa superfície por unidade de área (m^2). Sua unidade é o lux. Um lux corresponde a iluminância de uma superfície plana de um metro quadrado de área, sobre a qual incide perpendicularmente um fluxo luminoso de um lúmen.



Figura 2 - Iluminância
Fonte: Rodrigues (2002)

- **Eficiência Luminosa (η):** Podemos dizer que eficiência luminosa de uma fonte luminosa é o quociente entre o fluxo luminoso emitido em lumens, pela potência consumida em Watts. Em outras palavras, esta grandeza retrata a quantidade de "luz" que uma fonte luminosa pode produzir a partir da potência elétrica de 1 Watt. Quanto maior o valor da eficiência luminosa de uma determinada lâmpada, maior será a quantidade de luz produzida com o mesmo consumo.

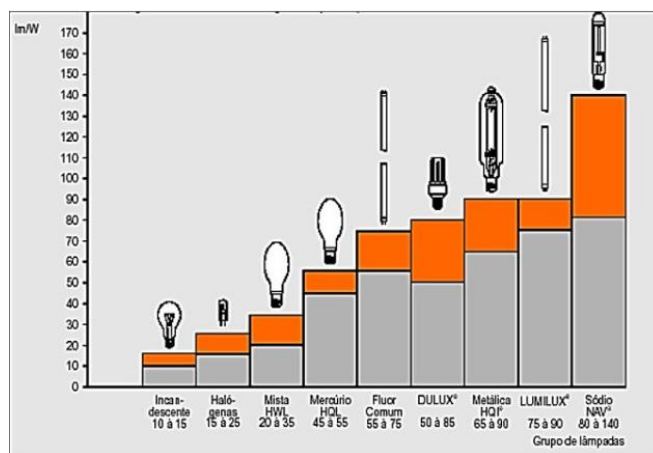


Figura 3 - Eficiência Luminosa

Fonte: Rodrigues (2002)

- **Índice de Reprodução de Cor (IRC):** É a medida de correspondência entre a cor real de um objeto e sua aparência diante de uma determinada fonte de luz. A luz artificial, como regra, deve permitir ao olho humano perceber as cores corretamente, ou o mais próximo possível da luz natural do dia (luz do sol). Lâmpadas com Índice de 100% apresentam as cores com total fidelidade e precisão.

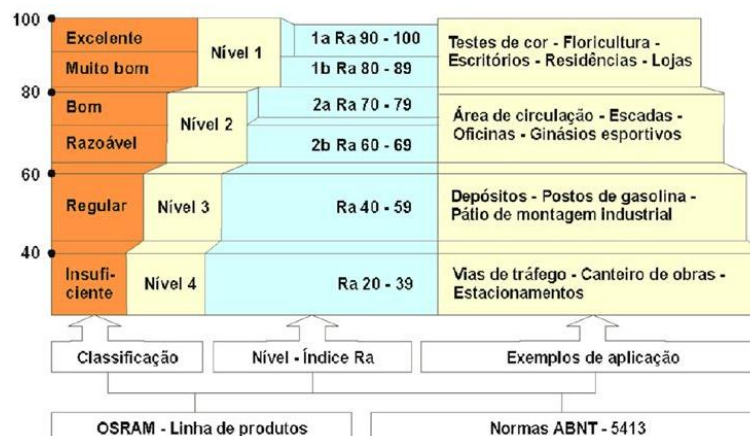


Figura 4 - Índice de Reprodução de Cor

Fonte: Rodrigues (2002)

- **Temperatura da Cor:** É a grandeza que expressa a aparência de cor da luz, sendo sua unidade o Kelvin. Quanto mais alta a temperatura de cor, mais branca é a cor da luz. A luz quente é a que tem aparência amarelada e temperatura de cor baixa: 3000 K ou menos. A luz fria, ao contrário, tem aparência azul-violeta, com temperatura de cor elevada: 6000 K ou mais. A luz branca natural é aquela emitida pelo sol em céu aberto ao meio dia cuja temperatura de cor é 5800 K.
- **Ofuscamento:** Efeito de uma luz forte no campo de visão do olho humano. Pode provocar sensação de desconforto e prejudicar o desempenho das atividades realizadas no local.
- **Reflexão, Transmissão e Absorção de Luz:** Quando se ilumina uma superfície de vidro, uma parte do fluxo luminoso que incide sobre a mesma se reflete, outra atravessa a superfície transmitindo-se ao outro lado, e uma terceira parte do fluxo luminoso é absorvida pela própria superfície, transformando-se em calor. Portanto o fluxo luminoso incidente divide-se em três partes, em uma dada proporção, que depende das características da substância sobre a qual incide. Temos, pois, três fatores a definir: refletância, transmitância e fator de absorção.
- **Refletância:** é a relação entre o fluxo luminoso refletido por uma superfície e o fluxo luminoso incidente sobre ela;
- **Transmitância:** é a relação entre o fluxo luminoso transmitido por uma superfície e o fluxo luminoso que incide sobre ela;
- **Fator de absorção:** é a relação entre o fluxo luminoso absorvido por uma superfície e o fluxo luminoso que incide sobre a mesma.

4.2 FOTOMETRIA

Para Moreira (1999, p. 25) "A Fotometria consiste em uma série de métodos e processos de medida das grandezas luminosas, ou seja, transformam variações de fluxo luminoso em grandezas elétricas e fotômetros.". São os equipamentos utilizados nas medições de nível de iluminação:

- **Luxímetro:** Um exemplo de fotômetro, calibrado em lux, utilizado para medir os níveis de iluminância de interiores. (RODRIGUES; PIERRE, 2002).



Figura 5 - Luxímetro
Fonte: Rodrigues (2002)

4.3 SISTEMA DE ILUMINAÇÃO NATURAL

Tendo em mente que a Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Campo Mourão exerce suas atividades também em período noturno, e que o objetivo desse trabalho é alcançar uma possível redução do consumo de energia elétrica por meio de sistemas de iluminação mais eficientes, a iluminação natural será considerada como um complemento da iluminação artificial.

Para Rodrigues (2002, p.10), a utilização da iluminação natural é uma tendência mundial, presente em modernos sistemas de iluminação, já que é o ponto de partida para se obter um sistema de iluminação energeticamente eficiente. No Brasil, existem razões ainda mais fortes para essa fonte ser amplamente utilizada em função de nossas características climáticas bastante favoráveis.

4.4 SISTEMA DE ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL

Mesmo a luz natural sendo uma fonte de iluminação com um papel importante na arquitetura atual, desde a descoberta da luz elétrica a iluminação artificial exerce um papel fundamental nas edificações, quebrando fronteiras entre o dia e a noite para dar liberdade para o homem continuar com suas atividades quando o sol desaparece.

"A eficiência dos sistemas de iluminação artificial está associada, basicamente, às características técnicas, à eficiência e ao rendimento de um conjunto de elementos, dentre os quais se destacam as lâmpadas, luminárias, reatores, circuitos de distribuição e controle, utilização da luz natural, cores das superfícies internas e mobiliários." (RODRIGUES, 2002, p.10).

4.4.1 Lâmpadas

Baseado no Manual de Iluminação Eficiente, da PROCEL (RODRIGUES, 2002) e na monografia "Avaliação do Nível de Iluminância em Posto de Trabalho Estudo de Caso Indústria têxtil". (GIARETA, 2014), resume-se:

- **Lâmpadas Incandescentes Tradicionais:** Funcionam através da passagem da corrente elétrica por um filamento de tungstênio, que com o aquecimento, gera a luz. A oxidação do filamento é evitada pela presença de gás inerte ou gás dentro do bulbo que contém o filamento.

As lâmpadas incandescentes tradicionais possuem uma eficiência de 10 a 15 lm/w, uma vida útil de aproximadamente 800 horas, um índice de reprodução de cores (IRC) de 100% e tem seu uso geral recomendado para residências, plafons, arandelas, abajures e luminárias de pé.

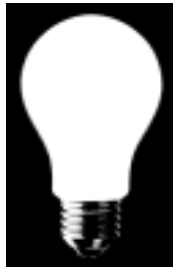


Figura 6 - Lâmpada Incandescente Tradicional
Fonte: Rodrigues, (2002).

- **Lâmpadas Incandescentes Halógenas:** Possuem o mesmo princípio de funcionamento que as lâmpadas incandescentes tradicionais, mas ganham a introdução de gases halógenos que dentro do bulbo se combinam com as partículas de tungstênio despreendidas do filamento e com o auxílio da corrente térmica se depositam de volta no filamento.

As lâmpadas incandescentes halógenas possuem uma eficiência de 15 a 25 lm/w, uma vida útil de aproximadamente 2.500 horas, um índice de reprodução de cores (IRC) de 100% e uso geral residencial decorativo e comercial.



Figura 7 - Lâmpada Incandescente Halógena
Fonte: Rodrigues (2002)

As lâmpadas apresentadas a seguir são lâmpadas de descarga elétrica, nelas o fluxo luminoso é gerado pela passagem de corrente elétrica através de um gás, mistura de gases ou vapores.

- **Lâmpadas Fluorescentes:** Ao ligar a lâmpada, a passagem de corrente elétrica através do filamento causa o seu aquecimento e a liberação de elétrons. Esses elétrons se movimentam de um cátodo para o outro em altíssima velocidade, estabelecendo uma descarga elétrica no vapor de mercúrio. A contínua colisão de elétrons com os átomos de mercúrio produz o ultravioleta, que é convertido em luz visível pelo fósforo (pó fluorescente que reveste a superfície interna do bulbo).

Possuem alta eficiência, boa aparência e baixo consumo. Reatores são necessários. Quatro grupos: tubulares (comuns e alta resolução), eletrônicas (reatores integrados), circulares e compactas.

Dessa forma, as lâmpadas fluorescentes possuem uma eficiência de 50 a 75 lm/w, dependendo do grupo enquadrado, uma vida útil de 7.500 à 10.000 horas, um índice de Reprodução de cores (IRC) de 85%, tensão de rede de 110/220V e é recomendado o uso residencial e comercial.

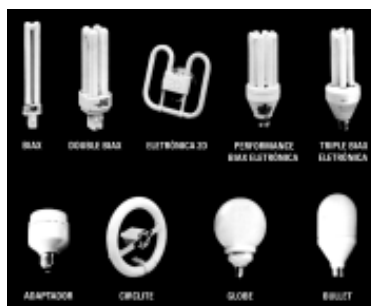


Figura 8 - Lâmpadas Fluorescentes
Fonte: Rodrigues (2002)

Uma versão de lâmpada fluorescente é a lâmpada fluorescente trifósforo-T5 (54W/28W/14W), que possui uma das melhores eficiências luminosas dentre os modelos atuais, chegando a 100 lm/w, e um índice de reprodução de cor de 85%.

- **Lâmpadas de Vapor:** Uma descarga (alta pressão) elétrica entre os eletrodos leva os componentes internos (gases sódio, xênon, mercúrio) do tubo de descarga a produzirem luz, levam reatores e ignitores específicos em sua composição. Necessitam de 2 a 15 minutos para seu acendimento completo. (GIARETA; V. R., 2014, p. 20).

- **Lighting Emitted Diodes (LED):** Dispositivos semicondutores que convertem energia elétrica diretamente em energia luminosa, através de chips de minúscula dimensão.

Conforme aponta Giaretta (2014) as lâmpadas LED possuem uma vida útil é de aproximadamente 100.000 horas e recomendações de uso em iluminação de destaque, residencial, comercial e público.



Figura 9 - LED
Fonte: Rodrigues (2002)

4.4.2 Luminárias

Segundo Rodrigues (2002, p. 16), "As luminárias são equipamentos que recebem a fonte de luz (lâmpada) e modificam a distribuição espacial do fluxo luminoso produzido pela mesma.", podendo modificar o fluxo luminoso emitido pelas lâmpadas, ou seja, "Uma luminária eficiente otimiza o sistema de iluminação artificial". Suas partes principais são:

- O receptáculo para a fonte luminosa: Elemento de fixação que funciona como contato elétrico entre o circuito de alimentação externo e a lâmpada;
- Os dispositivos para modificar a distribuição espacial do fluxo luminoso emitido, tais como refletores, refratores, difusores e colmeias;
- A carcaça, órgãos acessórios e de complementação.

4.4.2.1 Classificação das luminárias

Segundo Fiorini (2006, p. 32 e 33), a classificação das luminárias para a iluminação interna se dão através do percentual de luz dirigido diretamente ao plano de trabalho e da porcentagem do fluxo que é emitida em oposição ao plano de trabalho.

A tabela 1 apresenta a classificação de luminárias segundo a distribuição de seu fluxo luminoso:

Classe da luminária	Fluxo Luminoso Emitido	
	Para Cima	Para baixo
Direta	0 - 10 %	90 - 100 %
Semi-direta	10 - 40 %	60 - 90 %
Geral-difusa	40 - 60 %	40 - 60 %
Direta-indireta	40 - 60 %	40 - 60 %
Semi-indireta	60 - 90 %	10 - 40 %
Indireta	90-100%	0-10%

Tabela 1 - Classificação das lâmpadas de acordo com a distribuição do Fluxo Luminoso

Abaixo serão descritas cada uma das luminárias apresentadas no quadro 2 e suas características.

- **Direta:** é o tipo de iluminação em que o fluxo luminoso é dirigido diretamente sobre a superfície a ser iluminada. Com esse tipo de iluminação deve-se tomar cuidado com sombras de contraste acentuado e com ofuscamentos diretos e indiretos;
- **Semi-Direta:** ocorre quando grande parte do fluxo luminoso é dirigido diretamente ao plano de trabalho e parte do fluxo emitido atinge o plano de trabalho através de reflexões no teto e na parede. Esse tipo de luminária produz sombras mais tênues e uma menor possibilidade de ofuscamento, quando comparada à luminária classificada como direta;
- **Indireta:** tipo de luminária onde o fluxo luminoso emitido pelas lâmpadas só chega ao plano de trabalho através de reflexão em tetos e paredes. Apesar de apresentar ausência de sombras e ofuscamento, são aplicadas apenas em iluminação decorativa, pois apresentam uma grande dissipação do fluxo luminoso até que se atinja o plano de trabalho;
- **Semi-indireta:** nesse tipo de luminária a maior parte do fluxo luminoso incide na superfície de trabalho através da reflexão no teto e paredes, e apenas uma pequena parcela a atinge diretamente. Apesar de apresentar uma iluminação agradável, devido à ausência de ofuscamento e pouca sombra, não é comumente aplicada devido à sua baixa eficiência;
- **Direta-indireta:** esse tipo de luminária apresenta praticamente o mesmo fluxo luminoso para cima e para baixo;
- **Geral-difusa:** é obtida através de luminárias difusoras que espalham o fluxo luminoso em diversas direções, produzindo poucas sombras e uma possibilidade remota de ofuscamento.

4.5 FATORES DE INFLUÊNCIA NA QUALIDADE DA ILUMINAÇÃO

Todos os fatores abaixo foram retirados do Manual de Luminotécnica. (FERREIRA; RODRIGO A. F., 2010).

- **Nível de Iluminância Adequada:** Quanto mais elevada a exigência visual da atividade, maior deverá ser o valor da iluminância Média (Em) sobre o plano de trabalho.

Deve-se considerar também que, com o tempo de uso, se reduz o Fluxo Luminoso da lâmpada devido tanto ao desgaste, quanto ao acúmulo de poeira na luminária, resultando em uma diminuição da iluminância. Por isso, quando do cálculo do número de luminárias, estabelece-se um Fator de Depreciação d, o qual, elevando o número previsto de luminárias, evita que, com o desgaste, o nível de iluminância atinja valores abaixo do mínimo recomendado.

- **Reprodução de Cores:** A cor de um objeto é determinada pela reflexão de parte do espectro de luz que incide sobre ele. Isso significa que uma boa Reprodução de Cores está diretamente ligada à qualidade da luz incidente, ou seja, à equilibrada distribuição das ondas constituintes do seu espectro. É importante notar que, assim como para iluminância média, existem normas que regulamentam o uso de fontes de luz com determinados índices, dependendo da atividade a ser desempenhada no local;
- **Tonalidade de Cor da Luz ou Temperatura de Cor:** Um dos requisitos para o conforto visual é a utilização da iluminação para dar ao ambiente o aspecto desejado. Sensações de aconchego ou estímulo podem ser provocadas quando se combinam a correta Tonalidade de Cor da fonte de luz ao nível de Iluminância pretendido. Estudos subjetivos afirmam que para Iluminâncias mais elevadas são requeridas lâmpadas de Temperatura de Cor mais elevada também. Chegou-se a esta conclusão baseando-se na própria natureza, que ao reduzir a luminosidade (crepúsculo), reduz também sua Temperatura de Cor. A ilusão de que a Tonalidade de Cor mais clara ilumina mais, leva ao equívoco de que com as “lâmpadas frias” precisa-se de menos luz;
- **Efeitos Luz e Sombra:** Deve-se tomar cuidado no direcionamento do foco de uma luminária, para se evitar que essa crie sombras perturbadoras, lembrando, porém, que a total ausência de sombras leva à perda da identificação da textura e do formato dos objetos. Uma boa iluminação não significa luz distribuída por igual.

4.6 PROJETO DE ILUMINAÇÃO PELO MÉTODO DOS LÚMENS

O método mais utilizado para sistemas de iluminação em edificações é o método dos Lumens, ou método do Fluxo Luminoso, que consiste em determinar a quantidade de fluxo luminoso (lumens) necessário para determinado recinto baseado no tipo de atividade desenvolvida, cores das paredes e teto e do tipo de lâmpada e luminária escolhidas.

O projeto de iluminação de um ambiente necessita de determinações anteriores, como:

- Características Físicas:
 - Dimensões do ambiente;
 - Distância do foco luminoso ao chão;
 - Cor da parede;
 - Cor do teto;
 - Cor do piso.
- Levantamento das atividades desenvolvidas no ambiente:
 - Tipo de ambiente, tarefa ou atividade;
 - Estrutura tarifária que esta submetida à instalação.
- Levantamento das características dos aparelhos luminosos:
 - Classificação da Luminária;
 - Modelo da luminária;
 - Modelo de lâmpada;
 - Modelo de reator.

Em seguida é necessário determinar a iluminância requerida pelo ambiente. A NBR/CIE 8995-1/2013 apresenta uma extensa lista de valores da iluminância para as mais diversas situações, locais e ambientes em face de um projeto de certa responsabilidade.

“Uma vez definido o índice de iluminamento, isto é, a iluminância requerida, trata-se de determinar o fluxo luminoso total Φ (lúmen) necessário para alcançar o índice estabelecido (lux).” (NISKIER, 2000, p. 272 a 282).

Vejamos como a solução e proposta pela GE baseadas no chamado “Método dos Lúmens”.

4.6.1 Método da General Eletric

Parte das seguintes considerações:

a) Quando se considera a iluminação de um compartimento, interessa especialmente conhecer o iluminamento médio no chão, mas quando se tratar de salas de trabalho, deve-se considerar o iluminamento no plano médio das mesas, bancadas ou máquinas, plano este situado entre 80 e 100 cm, em geral, acima do piso, denominado plano útil de trabalho.

b) Quando, em um compartimento, uma ou várias fontes de luz emitem um fluxo luminoso, pode acontecer que apenas uma parte deste fluxo atinja diretamente o plano útil ou o plano do chão. Uma parte é absorvida pelos próprios aparelhos. Outra atinge as paredes e o teto e é em parte absorvida. O fluxo, realmente aproveitado para a iluminação, será, apenas, uma fração do fluxo total Φ , emitido pelas lâmpadas. Podemos escrever:

$$\varphi = u \cdot \Phi$$

4.6.1.1 Fator de utilização, u

O fator u , sempre menor do que 1, denomina-se coeficiente de utilização ou fator de utilização, e é a razão entre o fluxo utilizado e o fluxo luminoso emitido pelas lâmpadas.

O coeficiente de utilização depende:

- Da distribuição e da absorção de luz, efetuadas pelos aparelhos de iluminação (globos, refletores etc.).
- Das dimensões do compartimento. Esta dependência exprime-se através de um coeficiente que se denomina índice do local.
- Das cores das paredes e do teto, caracterizadas pelo fator de reflexão.

4.6.1.2 Índice do local

Por meio das tabelas contidas nas figuras 10 e 11, acha-se o índice do local. Para isto, entramos com a largura e o comprimento do local, e:

- A altura do teto, se a iluminação for indireta ou semi-indireta;
- A distancia do foco luminoso ao chão, e determinamos o índice do local, expresso por uma letra, compreendida entre A e J.

Altura do teto em metros											
Para iluminação indireta e semi-indireta	2,75	3,00	3,70	4,30	5,20	6,40	7,60	9,50	11,30		
	a	a	a	a	a	a	a	a	a		
	2,90	3,50	4,10	5,00	6,00	7,30	9,00	11,00	15,30		
Distância do chão ao foco luminoso em metros											
Para iluminação direta e semidireta	2,15	2,45	2,75	3,00	3,70	4,30	5,20	6,40	7,60	9,50	11,30
	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
	2,30	2,60	2,90	3,50	4,10	5,00	6,00	7,30	9,00	11,00	15,00
Largura do local (metros)	Comp. do local (metros)	Índice do local									
2,75 (2,60-2,75)	2,30-3,00	H	I	J	J						
	3,00-4,30	H	I	J	J						
	4,30-6,00	G	H	I	J	J					
	6,00-9,00	G	G	H	I	J	J				
	9,00-13,00 13,00 ou mais	F	G	H	I	J	J	J			
3,00 (2,90-3,20)	3,00-4,30	G	H	I	J	J					
	4,30-6,00	G	H	I	J	J	J				
	6,00-9,00	F	G	H	I	J	J				
	9,00-13,00	F	G	G	H	I	J	J			
	13,00-18,30 18,30 ou mais	E	F	G	H	I	I	J			
3,70 (3,40-3,80)	3,00-4,30	G	H	I	I	J	J				
	4,30-6,00	F	G	H	I	J	J				
	6,00-9,00	F	G	G	H	I	J	J			
	9,00-13,00	E	F	G	H	I	J	J			
	13,00-18,30 18,30 ou mais	E	F	F	G	H	I	J			
4,30 (4,00-4,70)	4,30-6,00	F	G	H	H	I	J	J			
	6,00-9,00	E	F	G	H	I	J	J			
	9,00-13,00	E	F	F	G	H	I	J			
	13,00-18,30	E	E	F	F	H	I	J	J		
	18,30-27,50 27,50 ou mais	D	E	E	F	G	H	J	J	J	
5,20 (4,90-5,65)	4,30-6,00	E	F	G	H	I	J	J			
	6,00-9,00	E	F	F	G	H	I	J			
	9,00-13,00	D	E	F	G	H	H	J	J		
	13,00-18,30	D	E	E	F	G	G	I	J	J	J
	18,30-35,00 35,00 ou mais	C	D	E	E	F	G	G	I	J	J
6,00 (5,80-6,60)	6,00-9,00	D	E	F	G	H	I	J	J		
	9,00-13,00	D	E	E	F	G	H	I	J	J	
	13,00-18,30	D	D	E	E	F	G	I	J	J	J
	18,30-27,50	C	D	E	E	F	G	H	J	J	J
	27,50-43,00 43,00 ou mais	C	D	D	E	F	F	H	I	I	J
7,30 (6,70-7,90)	6,00-9,00	D	E	E	F	G	H	I	J	J	
	9,00-13,00	C	D	E	F	G	G	I	J	J	
	13,00-18,30	C	D	D	E	F	G	H	I	J	J
	18,30-27,50	C	D	D	E	F	F	H	I	J	J
	27,50-43,00 43,00 ou mais	C	C	D	E	E	F	G	H	I	J

Figura 10 - Tabela índice do local (parte 1)

Fonte: Niskier (2000)

Altura do teto em metros												
Para iluminação indireta e semi-indireta		2,75 a 2,90	3,00 a 3,50	3,70 a 4,10	4,30 a 5,00	5,30 a 6,00	6,40 a 7,30	7,60 a 9,00	9,50 a 11,00	11,30 a 15,30		
Distância do chão ao foco luminoso em metros												
Para iluminação direta e semi-direta		2,15 a 2,30	2,45 a 2,60	2,75 a 2,90	3,00 a 3,50	3,70 a 4,10	4,30 a 5,00	5,30 a 6,00	6,40 a 7,30	7,60 a 9,00	9,50 a 11,00	11,30 a 15,00
Largura do local (metros)	Comp. do local (metros)	Índice do local										
		C	D	D	E	F	G	H	I	J	J	J
9,00 (0,25-10,00)	9,00-13,00	C	D	D	E	F	G	H	I	J	J	J
	13,00-18,30	C	C	D	D	F	F	H	H	I	J	J
	18,30-27,50	B	C	C	D	E	F	G	H	I	J	J
	27,50-43,00	B	C	C	D	E	E	F	G	H	I	J
	43,00-55,00	B	C	C	D	E	E	F	G	H	I	J
11,00 (10,40-11,50)	9,00-13,00	B	C	D	E	F	F	H	I	I	J	J
	13,00-18,30	B	C	C	D	E	F	G	H	I	J	J
	18,30-27,50	A	C	C	C	E	E	F	H	H	J	J
	27,50-43,00	A	B	C	C	D	E	F	G	H	I	J
	43,00-60,00	A	B	C	C	D	E	F	F	G	H	I
12,20 (12,20-13,70)	13,00-18,30	A	B	C	C	E	F	G	H	I	I	J
	18,30-27,50	A	B	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	27,50-43,00	A	B	B	C	D	D	E	F	G	H	J
	43,00-60,00	A	A	B	C	D	D	E	F	G	H	I
	60,00 ou mais	A	A	B	C	D	D	E	F	F	G	I
15,30 (14,00-16,80)	13,00-18,30	A	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	18,30-27,50	A	A	A	C	C	D	F	F	G	H	J
	27,50-43,00	A	A	A	C	C	D	E	F	F	G	I
	43,00-60,00	A	A	A	C	C	D	E	E	F	G	I
	60,00 ou mais	A	A	A	C	C	D	E	E	F	G	H
18,30 (17,00-20,45)	18,30-27,50	A	A	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	27,50-43,00	A	A	A	B	C	C	D	E	F	G	H
	43,00-60,00	A	A	A	B	C	C	D	E	E	F	H
	60,00 ou mais	A	A	A	B	C	C	D	E	E	F	H
23,00 (20,75-27,50)	18,30-27,50	A	A	A	A	B	C	D	E	F	G	I
	27,50-43,00	A	A	A	A	B	C	D	E	F	F	H
	43,00-60,00	A	A	A	A	B	B	C	D	E	F	G
	60,00 ou mais	A	A	A	A	B	B	C	D	E	F	G

Figura 11 - Tabela índice do local (parte2)

Fonte: Niskier (2000)

4.6.1.3 Fator de reflexão

Obtido o índice do local, para obtermos o coeficiente de utilização, entramos nas tabelas contidas nas Figuras 12, 13, 14, 15, 16 e 17 com o tipo de luminária que for escolhido e com o índice do local. Devemos levar em consideração, também, os fatores de reflexão das paredes e tetos, que se acham na Tabela 2, de acordo com as cores das mesmas.

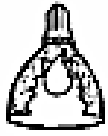

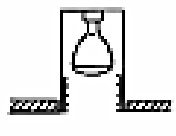


Luminária		Teto	75%			50%			Descrição
		Paredes	50%	30%	10%	50%	30%	10%	
Fator de depreciação	Tipo	Índice do local	Coeficientes de utilização						
① $d = 0,77$		J	0,36	0,29	0,25	0,36	0,29	0,25	Refletor industrial para lâmpadas incandescentes e Localos
		I	0,45	0,38	0,33	0,44	0,37	0,33	
		H	0,52	0,45	0,40	0,51	0,44	0,40	
		G	0,58	0,51	0,47	0,58	0,51	0,46	
		F	0,63	0,56	0,52	0,62	0,56	0,52	
		E	0,69	0,63	0,59	0,68	0,63	0,58	
		D	0,73	0,68	0,64	0,72	0,67	0,63	
		C	0,76	0,71	0,68	0,75	0,71	0,67	
		B	0,80	0,76	0,73	0,79	0,76	0,73	
		A	0,83	0,80	0,77	0,82	0,79	0,77	
② $d = 0,70$		J	0,40	0,35	0,32	0,34	0,35	0,32	Refletor industrial para lâmpadas de vapor de mercúrio e luz mista
		I	0,47	0,43	0,40	0,46	0,42	0,40	
		H	0,52	0,48	0,45	0,51	0,47	0,45	
		G	0,56	0,52	0,50	0,55	0,52	0,50	
		F	0,59	0,56	0,53	0,58	0,55	0,53	
		E	0,63	0,60	0,58	0,62	0,59	0,57	
		D	0,65	0,63	0,61	0,64	0,62	0,60	
		C	0,67	0,65	0,63	0,66	0,64	0,62	
		B	0,69	0,67	0,65	0,67	0,66	0,65	
		A	0,70	0,69	0,67	0,69	0,67	0,66	
③ $d = 0,85$		J	0,68	0,64	0,62	0,67	0,64	0,62	Aparelho de embutir para lâmpada refletora elíptica
		I	0,73	0,69	0,67	0,72	0,69	0,66	
		H	0,79	0,75	0,72	0,77	0,74	0,72	
		G	0,82	0,79	0,76	0,80	0,77	0,75	
		F	0,86	0,83	0,80	0,83	0,81	0,79	
		E	0,88	0,85	0,83	0,85	0,83	0,81	
		D	0,90	0,87	0,85	0,87	0,85	0,83	
		C	0,91	0,89	0,87	0,88	0,86	0,85	
		B	0,92	0,91	0,89	0,89	0,87	0,87	
		A	0,94	0,93	0,91	0,91	0,89	0,88	
④ $d = 0,85$		J	0,27	0,25	0,24	0,27	0,25	0,24	Aparelho de embutir para lâmpada refletora
		I	0,29	0,28	0,27	0,29	0,28	0,27	
		H	0,31	0,30	0,29	0,30	0,29	0,28	
		G	0,32	0,31	0,30	0,32	0,31	0,30	
		F	0,33	0,32	0,31	0,32	0,32	0,31	
		E	0,34	0,33	0,32	0,34	0,33	0,32	
		D	0,35	0,34	0,33	0,34	0,34	0,33	
		C	0,35	0,34	0,34	0,35	0,34	0,34	
		B	0,36	0,35	0,35	0,35	0,35	0,34	
		A	0,36	0,35	0,35	0,36	0,35	0,35	
⑤ $d = 0,85$		J	0,27	0,24	0,21	0,27	0,24	0,21	Aparelho de embutir para lâmpadas incandescentes
		I	0,32	0,29	0,26	0,32	0,29	0,26	
		H	0,36	0,33	0,30	0,36	0,32	0,30	
		G	0,40	0,36	0,34	0,39	0,36	0,34	
		F	0,42	0,39	0,37	0,41	0,39	0,36	
		E	0,44	0,42	0,40	0,44	0,42	0,40	
		D	0,46	0,44	0,43	0,45	0,44	0,42	
		C	0,48	0,46	0,44	0,47	0,45	0,44	
		B	0,49	0,48	0,46	0,48	0,47	0,46	
		A	0,50	0,49	0,48	0,49	0,48	0,47	

Figura 12 - Tabela coeficiente de utilização (parte 1)

Fonte: Niskier (2000)



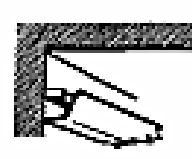

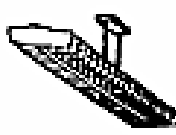
Luminária		Teto	75%			50%			Descrição	
Fator de Apreciação	Tipo	Paredes	50%	30%	10%	50%	30%	10%		
		Índice do local	Coeficientes de utilização							
④ $d = 0,70$		↑	J	0,23	0,19	0,16	0,21	0,17	0,15	Globos de vidro fechados para lâmpadas incandescentes Espaçamento máximo entre aparelhos = altura de montagem $\times 1,0$
			I	0,29	0,24	0,22	0,26	0,22	0,19	
			H	0,33	0,28	0,25	0,29	0,26	0,23	
		35	G	0,37	0,32	0,28	0,32	0,28	0,26	
			F	0,40	0,35	0,32	0,35	0,31	0,28	
			E	0,44	0,40	0,36	0,39	0,35	0,32	
			D	0,48	0,43	0,39	0,42	0,38	0,35	
			C	0,51	0,46	0,42	0,44	0,40	0,37	
			B	0,55	0,50	0,46	0,48	0,44	0,41	
			A	0,57	0,53	0,49	0,50	0,46	0,43	
⑦ $d = 0,70$		↑	J	0,17	0,13	0,11	0,11	0,09	0,08	Aparelho incandescente para iluminação indireta Espaçamento máximo entre aparelhos = altura de montagem $\times 1,1$
			I	0,21	0,17	0,15	0,14	0,12	0,10	
			H	0,25	0,21	0,18	0,16	0,14	0,12	
		85	G	0,28	0,24	0,21	0,20	0,16	0,14	
			F	0,31	0,27	0,23	0,21	0,18	0,16	
			E	0,35	0,31	0,28	0,24	0,20	0,19	
			D	0,39	0,34	0,31	0,26	0,23	0,21	
			C	0,41	0,37	0,34	0,27	0,25	0,23	
			B	0,46	0,42	0,39	0,30	0,28	0,26	
			A	0,48	0,44	0,42	0,32	0,30	0,28	
⑧ $d = 0,60$			J	0,09	0,07	0,06	0,07	0,05	0,04	Sanca com lâmpadas fluorescentes A distância da sanca para o teto deve ser de 30 a 50 cm
			I	0,13	0,10	0,08	0,09	0,07	0,06	
			H	0,16	0,13	0,10	0,10	0,09	0,07	
			G	0,20	0,16	0,14	0,13	0,11	0,10	
			F	0,21	0,19	0,17	0,15	0,13	0,11	
			E	0,25	0,22	0,20	0,17	0,15	0,14	
			D	0,28	0,26	0,24	0,20	0,19	0,17	
			C	0,31	0,28	0,26	0,21	0,20	0,19	
			B	0,32	0,30	0,28	0,22	0,21	0,20	
			A	0,35	0,34	0,32	0,24	0,23	0,23	
⑨ $d = 0,70$		↑	J	0,35	0,28	0,24	0,33	0,28	0,24	Luminária industrial do tipo Miller Espaçamento máximo entre aparelhos = altura de montagem $\times 1,0$
			I	0,43	0,36	0,32	0,41	0,35	0,31	
			H	0,49	0,43	0,38	0,47	0,42	0,38	
		0	G	0,56	0,49	0,45	0,53	0,48	0,43	
			F	0,60	0,54	0,50	0,57	0,53	0,49	
			E	0,66	0,61	0,56	0,63	0,59	0,55	
			D	0,69	0,65	0,61	0,66	0,63	0,59	
			C	0,72	0,68	0,65	0,69	0,65	0,63	
			B	0,76	0,72	0,70	0,73	0,70	0,68	
			A	0,78	0,76	0,73	0,75	0,73	0,71	
⑩ $d = 0,75$		↑	J	0,29	0,24	0,20	0,28	0,23	0,19	Luminária comercial Espaçamento máximo entre aparelhos = altura de montagem $\times 1,0$
			I	0,36	0,30	0,26	0,34	0,30	0,26	
			H	0,41	0,36	0,32	0,40	0,35	0,31	
		35	G	0,46	0,41	0,37	0,45	0,40	0,36	
			F	0,50	0,46	0,44	0,48	0,44	0,40	
			E	0,56	0,51	0,47	0,53	0,49	0,46	
			D	0,59	0,55	0,52	0,56	0,53	0,51	
			C	0,62	0,58	0,55	0,59	0,55	0,52	
			B	0,65	0,62	0,59	0,61	0,59	0,56	
			A	0,66	0,64	0,61	0,63	0,61	0,59	

Figura 13 - Tabela coeficiente de utilização (parte 2)

Fonte: Niskier (2000)





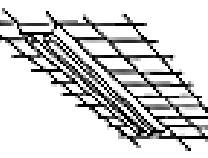
Luminária		Teto		75%			50%			Descrição
		Paredes		50%	30%	10%	50%	30%	10%	
Fator de depreciação	Tipo	Índice do local	Coeficientes de utilização							
⑪ $d = 0,75$			↑	J	0,27	0,33	0,21	0,27	0,33	0,21
		30	I	0,32	0,29	0,26	0,32	0,28	0,26	
			H	0,36	0,33	0,30	0,35	0,32	0,30	
			G	0,39	0,36	0,34	0,38	0,36	0,34	
			F	0,42	0,39	0,37	0,41	0,38	0,36	
			E	0,44	0,42	0,40	0,44	0,42	0,40	
			D	0,46	0,44	0,42	0,45	0,44	0,42	
			C	0,47	0,46	0,44	0,47	0,45	0,44	
		B	0,49	0,48	0,46	0,48	0,47	0,46		
A	0,50	0,49	0,48	0,49	0,48	0,47				
⑫ $d = 0,70$		↑	J	0,29	0,24	0,21	0,28	0,24	0,21	Refletor com difusor de plástico $l = 0,9 h$
		33	I	0,35	0,31	0,27	0,34	0,30	0,27	
			H	0,39	0,35	0,32	0,38	0,35	0,32	
			G	0,43	0,39	0,36	0,42	0,39	0,36	
			F	0,46	0,42	0,39	0,45	0,42	0,39	
			E	0,49	0,46	0,43	0,48	0,46	0,43	
			D	0,51	0,48	0,46	0,50	0,48	0,46	
			C	0,52	0,50	0,48	0,52	0,50	0,48	
		B	0,54	0,52	0,51	0,54	0,52	0,50		
A	0,55	0,54	0,52	0,55	0,53	0,52				
⑬ $d = 0,70$		↑	J	0,25	0,21	0,18	0,25	0,21	0,18	Aparelho para embair com colmeia $l = h$
		35	I	0,31	0,27	0,24	0,31	0,27	0,24	
			H	0,36	0,31	0,28	0,35	0,31	0,28	
			G	0,40	0,36	0,33	0,39	0,36	0,33	
			F	0,43	0,39	0,36	0,42	0,39	0,36	
			E	0,46	0,43	0,40	0,46	0,43	0,40	
			D	0,49	0,46	0,43	0,48	0,46	0,43	
			C	0,51	0,48	0,46	0,50	0,48	0,46	
		B	0,53	0,51	0,49	0,52	0,50	0,49		
A	0,54	0,53	0,51	0,54	0,52	0,51				
⑭ $d = 0,70$		↑	J	0,20	0,16	0,13	0,20	0,16	0,13	Aparelho para embair com difusor de plástico
		45	I	0,25	0,21	0,18	0,24	0,20	0,18	
			H	0,28	0,24	0,22	0,27	0,24	0,21	
			G	0,32	0,28	0,25	0,31	0,27	0,25	
			F	0,34	0,30	0,28	0,33	0,30	0,28	
			E	0,37	0,34	0,32	0,36	0,33	0,31	
			D	0,39	0,36	0,34	0,38	0,36	0,34	
			C	0,40	0,38	0,36	0,39	0,37	0,36	
		B	0,42	0,40	0,39	0,41	0,40	0,38		
A	0,43	0,42	0,41	0,43	0,41	0,40				
⑮ $d = 0,80$		↑	J	0,32	0,25	0,20	0,30	0,24	0,20	Calha chanfrada $l = h$
		30	I	0,40	0,32	0,27	0,38	0,31	0,26	
			H	0,47	0,39	0,34	0,44	0,38	0,32	
			G	0,53	0,46	0,40	0,50	0,44	0,39	
			F	0,58	0,51	0,45	0,55	0,49	0,44	
			E	0,61	0,58	0,52	0,61	0,56	0,51	
			D	0,68	0,62	0,58	0,65	0,60	0,56	
			C	0,72	0,66	0,62	0,68	0,64	0,60	
		B	0,76	0,71	0,67	0,72	0,69	0,66		
A	0,79	0,75	0,72	0,76	0,72	0,70				

Figura 14 - Tabela coeficiente de utilização (parte 3)

Fonte: Niskier (2000)


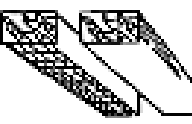



Luminária		Teto		75%			50%			Descrição
		Faixas	Índice do local	50%	30%	10%	50%	30%	10%	
Fator de apreciação	Tipo			Coeficientes de utilização						
⑧ $d = 0,70$		↑ 10 — 55 ↓	J	0,27	0,23	0,20	0,26	0,22	0,20	Aparelho indicado para recintos baixos, onde o teto deve ser levemente iluminado $l = h$
			I	0,33	0,29	0,26	0,32	0,28	0,25	
			H	0,38	0,34	0,30	0,37	0,33	0,30	
			G	0,43	0,38	0,35	0,41	0,37	0,35	
			F	0,46	0,41	0,39	0,44	0,41	0,37	
			E	0,50	0,47	0,44	0,48	0,45	0,42	
			D	0,53	0,50	0,47	0,50	0,48	0,46	
			C	0,55	0,52	0,50	0,52	0,50	0,48	
			A	0,57	0,55	0,53	0,54	0,53	0,51	
⑨ $d = 0,70$		↑ 10 — 55 ↓	J	0,25	0,20	0,17	0,24	0,20	0,17	Aparelho para ser usado com colmeia ou plástico $l = 1,1 h$
			I	0,31	0,26	0,23	0,29	0,25	0,22	
			H	0,36	0,31	0,28	0,34	0,30	0,27	
			G	0,40	0,36	0,32	0,39	0,35	0,32	
			F	0,44	0,40	0,36	0,42	0,38	0,35	
			E	0,48	0,44	0,41	0,46	0,43	0,40	
			D	0,51	0,48	0,45	0,48	0,46	0,43	
			C	0,53	0,50	0,47	0,51	0,48	0,46	
			A	0,56	0,53	0,51	0,53	0,51	0,50	
⑩ $d = 0,70$		↑ 10 — 50 ↓	J	0,22	0,17	0,14	0,21	0,16	0,14	Luminária de plástico $l = 1,1 h$
			I	0,27	0,22	0,19	0,26	0,22	0,19	
			H	0,32	0,27	0,23	0,30	0,26	0,23	
			G	0,36	0,31	0,28	0,34	0,30	0,27	
			F	0,39	0,34	0,31	0,37	0,33	0,30	
			E	0,43	0,39	0,36	0,41	0,37	0,35	
			D	0,46	0,42	0,39	0,43	0,40	0,38	
			C	0,48	0,45	0,42	0,45	0,43	0,40	
			A	0,50	0,48	0,46	0,48	0,46	0,44	
⑪ $d = 0,75$		↑ 10 — 55 ↓	J	0,26	0,21	0,18	0,25	0,21	0,18	Aparelho com colmeia e plásticos ou vidros laterais para lojas e escolas $l = 1,1 h$
			I	0,32	0,27	0,24	0,31	0,27	0,24	
			H	0,37	0,31	0,29	0,35	0,31	0,28	
			G	0,42	0,37	0,34	0,40	0,36	0,33	
			F	0,45	0,41	0,37	0,43	0,39	0,37	
			E	0,49	0,46	0,42	0,47	0,44	0,41	
			D	0,52	0,48	0,46	0,49	0,47	0,44	
			C	0,54	0,51	0,48	0,51	0,49	0,47	
			A	0,56	0,54	0,52	0,54	0,52	0,50	
⑫ $d = 0,75$		↑ 30 — 35 ↓	J	0,22	0,18	0,16	0,20	0,17	0,15	Luminária ampla, usada na maioria das vezes em linhas contínuas $l = 1,1 h$
			I	0,28	0,24	0,21	0,25	0,22	0,19	
			H	0,32	0,28	0,25	0,29	0,25	0,23	
			G	0,36	0,32	0,29	0,32	0,29	0,27	
			F	0,39	0,35	0,32	0,35	0,32	0,30	
			E	0,43	0,40	0,37	0,38	0,36	0,33	
			D	0,45	0,42	0,40	0,40	0,38	0,36	
			C	0,47	0,44	0,42	0,42	0,40	0,38	
			A	0,49	0,47	0,44	0,44	0,42	0,40	

Figura 15 - Tabela coeficiente de utilização (parte 4)

Fonte: Niskier (2000)

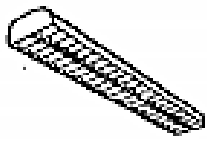
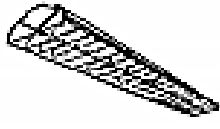

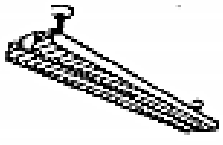

Luminária		Teto	75%			50%			Descrição	
		Paredes	50%	30%	10%	50%	30%	10%		
Fator de depreciação	Tipo	Índice do local	Coeficientes de utilização							
⑳		↑	J	0,25	0,21	0,23	0,21	0,21	0,19	Luminária comercial para lâmpadas high output, providas de colmeia Espaçamento máximo entre aparelhos = altura de montagem x 1,9
		30	I	0,31	0,27	0,29	0,26	0,25	0,23	
			H	0,35	0,32	0,33	0,30	0,28	0,27	
		60	G	0,40	0,36	0,37	0,34	0,30	0,31	
			F	0,43	0,39	0,39	0,37	0,35	0,32	
		↓	E	0,47	0,44	0,43	0,40	0,37	0,35	
			D	0,49	0,47	0,45	0,43	0,39	0,38	
			C	0,51	0,49	0,47	0,45	0,41	0,40	
			A	0,54	0,52	0,49	0,47	0,43	0,42	
㉑		↑	J	0,29	0,24	0,28	0,24	0,23	0,20	Luminária industrial para lâmpadas high output, providas de colmeia Espaçamento máximo entre aparelhos = altura de montagem x 1,6
		25	I	0,37	0,32	0,36	0,31	0,30	0,29	
			H	0,44	0,39	0,41	0,38	0,36	0,33	
		65	G	0,50	0,45	0,47	0,43	0,41	0,39	
			F	0,54	0,50	0,51	0,47	0,45	0,42	
		↓	E	0,61	0,56	0,57	0,52	0,50	0,48	
			D	0,64	0,60	0,60	0,56	0,53	0,51	
			C	0,67	0,63	0,63	0,59	0,55	0,54	
			A	0,70	0,67	0,65	0,63	0,59	0,57	
㉒		↑	J	0,29	0,25	0,28	0,24	0,23	0,21	Luminária industrial para lâmpadas high output Espaçamento máximo entre aparelhos = altura de montagem x 1,1
		20	I	0,38	0,33	0,36	0,32	0,31	0,29	
			H	0,45	0,40	0,42	0,38	0,37	0,35	
		65	G	0,51	0,45	0,48	0,43	0,41	0,40	
			F	0,55	0,50	0,52	0,48	0,46	0,43	
		↓	E	0,63	0,58	0,59	0,55	0,52	0,49	
			D	0,67	0,62	0,62	0,59	0,55	0,53	
			C	0,70	0,66	0,65	0,62	0,58	0,56	
			A	0,73	0,70	0,68	0,65	0,61	0,59	
㉓		↑	J	0,25	0,20	0,24	0,20	0,22	0,19	Luminária comercial para lâmpadas high output, providas de colmeia Espaçamento máximo entre aparelhos = altura de montagem x 1,1
		45	I	0,32	0,27	0,31	0,26	0,29	0,23	
			H	0,37	0,32	0,35	0,31	0,32	0,28	
		40	G	0,44	0,38	0,42	0,36	0,38	0,33	
			F	0,49	0,42	0,46	0,40	0,40	0,37	
		↓	E	0,55	0,49	0,52	0,47	0,45	0,42	
			D	0,57	0,54	0,54	0,51	0,49	0,45	
			C	0,62	0,57	0,58	0,54	0,51	0,48	
			A	0,66	0,62	0,62	0,58	0,53	0,51	
㉔		J	0,25	0,21	0,19	0,20	0,16	0,16	Teto com colmeia plástica	
		I	0,30	0,25	0,24	0,23	0,20	0,19		
		H	0,34	0,29	0,27	0,26	0,23	0,22		
		G	0,37	0,33	0,31	0,28	0,26	0,24		
		F	0,40	0,36	0,34	0,30	0,27	0,26		
		E	0,44	0,39	0,38	0,32	0,30	0,29		
		D	0,46	0,42	0,41	0,34	0,32	0,31		
		C	0,48	0,44	0,43	0,35	0,33	0,32		
		A	0,50	0,47	0,46	0,37	0,34	0,34		

Figura 16 - Tabela coeficiente de utilização (parte 5)

Fonte: Niskier (2000)



Luminária		Teto	75%			50%			Descrição
		Paredes	50%	30%	10%	50%	30%	10%	
Fator de depreciação	Tipo	Índice do local	Coeficientes de utilização						
	J	0,20	0,16	0,16	0,17	0,15	0,14	Teto com colmeia de metal (branco)	
	I	0,23	0,20	0,19	0,21	0,18	0,17		
	H	0,26	0,23	0,22	0,23	0,20	0,19		
	G	0,28	0,26	0,24	0,25	0,23	0,22		
	F	0,30	0,27	0,26	0,27	0,24	0,23		
	E	0,32	0,30	0,29	0,29	0,27	0,26		
	D	0,34	0,32	0,31	0,30	0,28	0,27		
	C	0,35	0,33	0,32	0,31	0,29	0,29		
	A	0,37	0,34	0,34	0,32	0,31	0,30		
	J	0,24	0,21	0,17	0,20	0,16	0,13	Teto com plástico acrílico	
	I	0,32	0,28	0,24	0,27	0,23	0,20		
	H	0,37	0,33	0,29	0,32	0,28	0,25		
	G	0,42	0,38	0,34	0,37	0,33	0,30		
	F	0,46	0,42	0,39	0,40	0,36	0,33		
	E	0,52	0,48	0,45	0,45	0,42	0,39		
	D	0,56	0,53	0,49	0,48	0,46	0,43		
	C	0,58	0,56	0,52	0,51	0,49	0,46		
	A	0,62	0,60	0,56	0,54	0,52	0,50		

Figura 17 - Tabela coeficiente de utilização (parte 6)

Fonte: Niskier (2000)

Refletâncias de parede e tetos	
Teto branco	75%
Teto claro	50%
Paredes brancas	50%
Paredes claras	30%
Paredes mediantemente claras	10%

Tabela 2 - Tabela refletância de paredes e tetos

Fonte: Niskier (2000)

4.6.1.4 fator de depreciação

O fluxo emitido por um aparelho de iluminação decresce com o uso. Este fato tem três causas:

- A diminuição do fluxo luminoso emitido pelas lâmpadas, ao longo da vida útil das mesmas;
- A poeira e a sujeira que se depositam sobre os aparelhos e lâmpadas quando expostas;
- A diminuição do poder refletor das paredes e do teto, em consequência de seu escurecimento progressivo.

As Figuras de 12 a 17, em sua primeira coluna, apresentam valores do fator de depreciação d , que vem a ser a relação entre o fluxo luminoso produzido por uma luminária

no fim do período de manutenção (tempo decorrido entre duas limpezas consecutivas de uma luminária) e o fluxo emitido pela mesma luminária no início de seu funcionamento.

4.6.1.5 Cálculo do fluxo luminoso total, Φ

Já calculamos, ou obtivemos em tabelas, as seguintes grandezas:

S - área do compartimento, em m².

E - iluminação desejado, em lux

u - fator de utilização

d - fator de depreciação e refletâncias do teto e das paredes.

Podemos calcular o fluxo luminoso total necessário:

$$\Phi = \frac{E \cdot S}{u \cdot d}$$

4.6.1.6 número n de luminárias

O tipo de luminária e o número de lâmpadas em cada uma já terão sido escolhidos, de acordo com os modelos da Tabela 8.23 ou com outros modelos semelhantes, cujos dados o fabricante forneceu.

Sabe-se, portanto, qual o fluxo luminoso de cada lâmpada ou das lâmpadas de cada luminária (se a luminária contiver mais de uma).

Para obter o número n de luminárias, basta dividir o fluxo total necessário, Φ , pelo fluxo de cada luminária (igual ao produto do fluxo de uma lâmpada pelo número de lâmpadas em cada luminária ou aparelho). Então:

$$n = \frac{\Phi}{\varphi}$$

Arredonda-se “ n ” para um número inteiro e se processa a melhor distribuição de aparelhos.

4.7 TEMPO DE RETORNO (PAYBACK)

Payback é o tempo decorrido entre o investimento inicial e o momento no qual o lucro líquido acumulado se iguala ao valor desse investimento.

O payback se divide em duas métricas usuais:

- Payback Simples;
- Payback Descontado.

4.7.1 Payback Simples

O payback simples é a análise do prazo de recuperação do capital investido sem remuneração não leva em consideração a taxa de juros, nem a inflação do período ou o custo de oportunidade.

Como exemplo ser uma empresa fictícia que realiza um investimento de R\$ 20.000,00 que gera retornos líquidos anuais de R\$ 5.000,00 durante 10 anos. O diagrama de fluxo de caixa dessa alternativa de investimento seria:

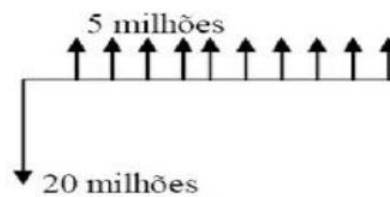


Figura 18 - Diagrama de fluxo de caixa
Fonte: Paluzzo (2015)

O payback dessa empresa, ou seja, o tempo de retorno do investimento, seria de 4 anos e seu lucro de R\$ 30.000,00 (PALUZZO, GENILSON V. 2015).

5 MÉTODO

5.1 INVENTÁRIO DAS INSTALAÇÕES ATUAIS

- Características Físicas:
 - Dimensões do ambiente;
 - Distância do foco luminoso ao chão;
 - Cor da parede;
 - Cor do teto;
 - Cor do piso;
- Levantamento das atividades desenvolvidas no ambiente:
 - Tipo de ambiente, tarefa ou atividade;
 - Estrutura tarifária que esta submetida à instalação.
- Levantamento das características dos aparelhos luminosos:
 - Classificação da Luminária;
 - Modelo da luminária;
 - Modelo de lâmpada;
 - Modelo de reator.
- Medição da iluminância: de forma simples será necessário mapear o ambiente, a fim de encontrar uma média do nível de iluminamento. Esse item será medido através de um luxímetro, aparelho utilizado para medir níveis de iluminância de interiores, fornecido pelo professor orientador Evandro Volpato. Foi realizada a comparação entre a iluminância exigida pela NBR ISO/CIE 8995-1/2013 e a encontrada na medição.

5.2 PROJETO LUMINOTÉCNICO

Com todos os itens apurados *"in loco"* identificados, é possível realizar o projeto de iluminação de acordo com o Método dos Lúmens.

Neste trabalho, haverá duas propostas de projeto, uma com um investimento inicial baixo, mantendo o modelo das lâmpadas e, por consequência, das luminárias e reatores atuais e, quando necessário, aumentar a sua quantidade para se adequar a NBR ISO/CIE 8995-1/2013. E outra com um investimento inicial maior, alterando o modelo das lâmpadas e, por

consequência, das luminárias e reatores, almejando um tempo de retorno do investimento através de uma economia de gastos com energia elétrica.

5.3 VALOR DO INVESTIMENTO

Através de uma pesquisa de mercado, encontrar-se-á o valor unitário de cada modelo de luminárias, lâmpadas e reatores que serão necessários. Com os projetos concluídos, é possível obter as quantidades de cada item e descobrir o valor do investimento inicial.

5.4 TEMPO DE RETORNO DO INVESTIMENTO

Utilizando o cálculo do Payback Simples, ferramenta da engenharia econômica, calcular-se-á o tempo de retorno do investimento das alterações realizadas e a economia alcançada pelas mudanças.

5.5 AVALIAÇÃO PARA NOVAS EDIFICAÇÕES

Por fim, avaliar-se-á para novas edificações qual das propostas seria mais adequada na realização de futuros projetos de iluminação tendo como modelo o bloco B.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para um melhor entendimento da localização dos ambientes do bloco H que serão avaliados, segue a planta baixa do bloco H da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Campo Mourão, fornecida pelo professor da instituição Luis Becher.

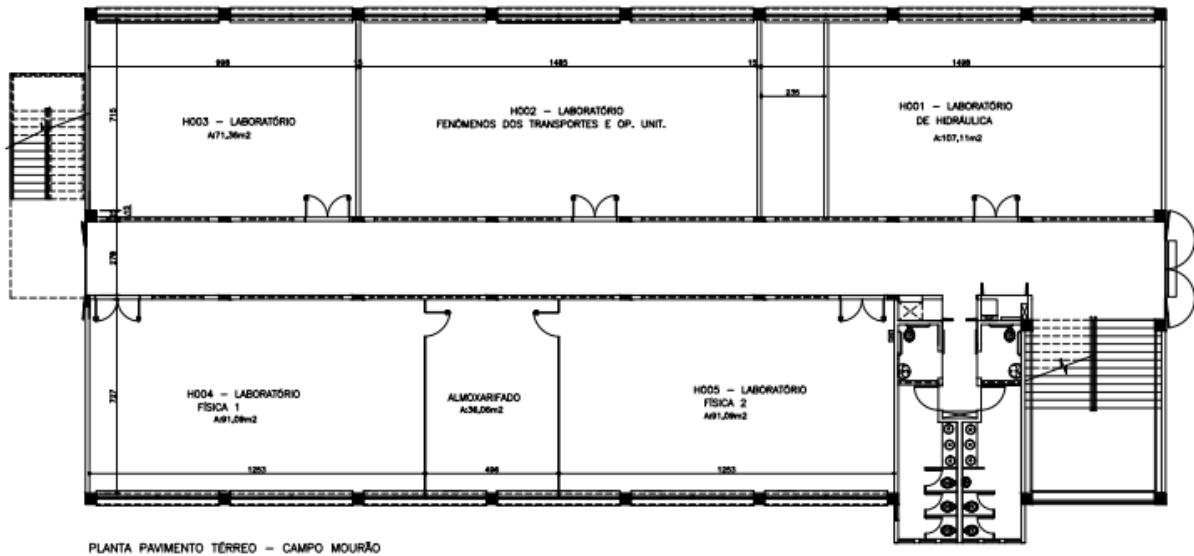


Figura 19 - Planta pavimento térreo Bloco H
Fonte: Autor

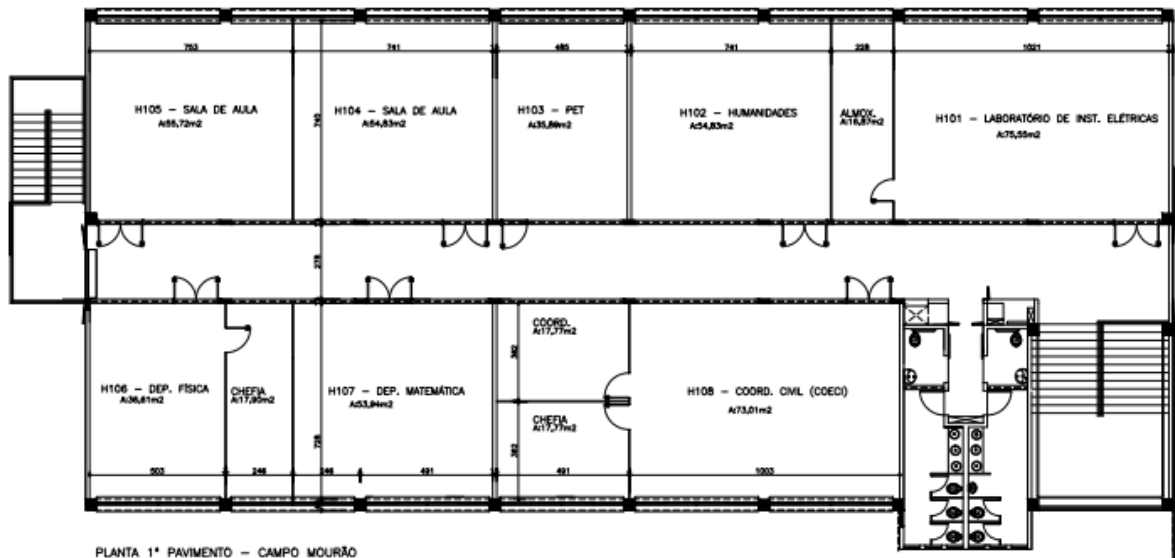


Figura 20 - Planta 1º pavimento Bloco H
Fonte: Autor

6.1 H001 – LABORATÓRIO DE HIDRÁULICA

6.1.1 Inventário das instalações atuais

Os ambientes foram analisados no período noturno para não viciar os resultados, assim foi possível analisar apenas a iluminação artificial do mesmo.

- Características Físicas:
 - Dimensões do ambiente: 14,98m x 7,1m;
 - Distância do foco luminoso ao chão: 2,75m;
 - Cor da parede: Amarelo claro;
 - Cor do teto: Branco;
 - Cor do piso: Cinza claro (Granitina).
- Levantamento das atividades desenvolvidas no ambiente:
 - Tipo de ambiente, tarefa ou atividade: Laboratório;
 - Estrutura tarifária que esta submetida à instalação: Horossazonal verde, subgrupo A4.
- Levantamento das características dos aparelhos luminosos:
 - Classificação da Luminária: Direta;
 - Modelo da luminária: Luminária de sobrepor para 2 lâmpadas fluorescentes de 32 W – LUMICENTER.

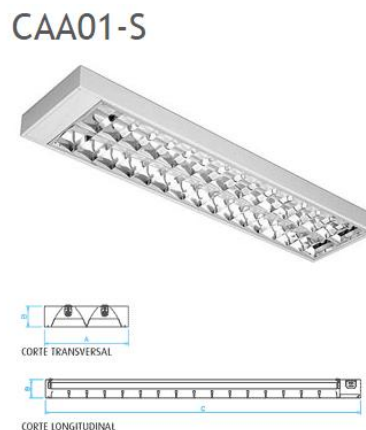


Figura 21 - Atual modelo de luminária
Fonte: Lumicenter (2016)

Informações do modelo de luminária:

CÓDIGO	A (mm)	B (mm)	C (mm)	RENDIMENTO (%)
CAA01-S232	307	75	1317	75

Tabela 3 - Informações do atual modelo de luminária
Fonte: Autor

- Modelo de lâmpada: Lâmpada Fluorescente Tubular Lumilux T8 32W – OSRAM.

No ambiente, foram encontradas diversas marcas de lâmpadas no Bloco H da Universidade, todas T8 de 32W de potência. Para facilitar os cálculos, foi escolhida a marca Osram.

Informações do modelo de lâmpada:

Código	Potência (W)	Fluxo Luminoso (lm)	Temperatura da cor (K)	Diâmetro (mm)	Comprimento (mm)	Vida útil (horas)
Luminux FO32W/850	32W	2600	5000	26	1199	16000

Tabela 4 - Informações do atual modelo de luminária

Fonte: Autor

- Modelo de reator: Reator Eletrônico T8 Premium para 2 lâmpadas de 16/32W – MARGIRIUS.



Figura 22 - Atual modelo de reator

Fonte: Margirius (2016)

Informações do modelo de reator que possui uma vida útil média de 32000 horas:

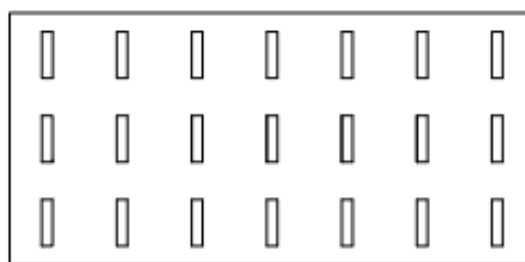
Reatores para lâmpadas fluorescentes tubulares T8

Especificação	Lâmp.	Corpo	Tensão Nominal	Corrente Nominal(A)	Fator de Potência(C)	Potência Total(W)	Fator de Eficácia	Frequência Nominal de Saída(kHz)	Fluxo Luminoso	Partida
PB-1X16/32	16W - T8	Plástico	127V 220V	0,145 0,084	0,99 0,99	18 18	5,30 5,30	26 26	1	Instantânea
Autovolt	32W - T8	Plástico	127V 220V	0,285 0,161	0,99 0,99	35 35	2,85 2,85	26 26	1	Instantânea
PB-2X16/32	16W - T8	Plástico	127V 220V	0,282 0,161	0,99 0,99	35 35	2,85 2,85	33 33	1	Instantânea
Autovolt	32W - T8	Plástico	127V 220V	0,549 0,314	0,99 0,99	66 66	1,50 1,50	33 33	1	Instantânea

Figura 23 - Informações do atual modelo de reator

Fonte: Margirius (2016)

- Medição da iluminância: 371 lux foi a média de seis medidas realizadas dispersamente no ambiente, que se encontra distribuído da seguinte maneira:



H001 - situação atual

Figura 24 - Atual distribuição das luminárias

Fonte: Autor

Comparando a iluminância exigida pela NBR ISO/CIE 8995-1/2013 e a encontrada na medição. Segundo a NBR ISO/CIE 8995-1/2013, laboratórios devem possuir uma iluminância de 500 lux, como mostra a imagem a seguir:

ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013

Tipo de ambiente, tarefa ou atividade	\bar{E}_m lux	UGR _L	R _a	Observações
Sala de leitura	500	19	80	Recomenda-se que a iluminação seja controlável.
Quadro negro	500	19	80	Prevenir reflexões especulares.
Mesa de demonstração	500	19	80	Em salas de leitura 750 lux.
Salas de arte e artesanato	500	19	80	
Salas de arte em escolas de arte	750	19	90	T _{cp} > 5 000 K.
Salas de desenho técnico	750	16	80	
Salas de aplicação e laboratórios	500	19	80	
Oficina de ensino	500	19	80	

Figura 25 - Tabela NBR ISO/CIE 8995-1/2013 - Laboratórios

Fonte: Autor

Conforme as medidas realizadas, o resultado obtido para a iluminância do ambiente foi de 371 lux, revelando um ambiente com uma iluminação abaixo do exigido pela norma.

Segundo o Código de Ética Profissional:

[...] 4. Deveres

Art. 9º - No exercício da profissão são deveres do profissional:[...]

III - nas relações com os clientes, empregadores e colaboradores: [...]

g) adequar sua forma de expressão técnica às necessidades do cliente e às normas vigentes aplicáveis; [...]

Ainda, a NBR ISO/CIE 8995-1/2013 atenta que, "Uma boa iluminação propicia a visualização do ambiente, permitindo que as pessoas vejam, se movam com segurança e desempenhem tarefas visuais de maneira eficiente, precisa e segura, sem causar fadiga visual

e desconforto. [...]”. Portanto é dever do engenheiro seguir a norma e proporcionar um ambiente com uma iluminação adequada aos estudantes da universidade.

6.1.2 Projeto luminotécnico

6.1.2.1 Proposta 1 – Complementação com luminárias existentes

Na proposta 1 será apresentado um projeto luminotécnico com um baixo custo de investimento, mantendo os modelos de luminárias e lâmpadas já existentes no ambiente e, se necessário, aumentando sua quantidade para se adequar a NBR ISO/CIE 8995-1/2013.

Para a realização do projeto, será utilizado o Método dos Lúmens, que possui as seguintes etapas:

6.1.2.1.1 Índice do local

Como obtido no inventário das instalações atuais:

- O tipo de iluminação é direta;
- A distância entre o chão do ambiente ao fíco luminoso é 2,75m;
- E as dimensões do ambiente são 14,98m x 7,15m;
- Logo, como encontrado na tabela da imagem a seguir, o índice do local é D.

		Altura do teto em metros										
Para iluminação indireta e semi-indireta		2,75	3,00	3,70	4,30	5,20	6,40	7,60	9,50	11,30		
		2,90	3,50	4,10	5,00	6,00	7,30	9,00	11,00	15,30		
		Distância do chão ao fíco luminoso em metros										
Para iluminação direta e semidireta		2,15	2,45	2,75	3,00	3,70	4,30	5,20	6,40	7,60	9,50	11,30
		2,30	2,60	2,90	3,50	4,10	5,00	6,00	7,30	9,00	11,00	15,00
Largura do local (metros)	Comp. do local (metros)	Índice do local										
2,75 (2,60-2,75)	2,50-3,00	H	I	J	J							
	3,00-4,30	H	I	J	J							
	4,30-6,00	G	H	I	J	J						
	6,00-9,00	G	H	I	J	J						
	9,00-13,00	F	G	H	I	J	J					
3,00 (2,90-3,20)	13,00 ou mais	E	F	G	H	I	J	J				
	3,00-4,30	G	H	I	J	J						
	4,30-6,00	G	H	I	J	J						
	6,00-9,00	F	G	H	I	J	J					
	9,00-13,00	F	G	H	I	J	J					
3,70 (3,40-3,80)	13,00-18,30	E	F	G	H	I	J	J				
	18,30 ou mais	D	E	F	G	H	I	J	J			
	3,00-4,30	G	H	I	J	J						
	4,30-6,00	F	G	H	I	J	J					
	6,00-9,00	E	F	G	H	I	J	J				
4,30 (4,00-4,70)	9,00-13,00	E	F	G	H	I	J	J				
	13,00-18,30	E	F	G	H	I	J	J				
	18,30-27,50	D	E	F	G	H	I	J	J			
	27,50 ou mais	D	E	F	G	H	I	J	J			
	4,30-6,00	E	F	G	H	I	J	J				
5,20 (4,90-5,65)	6,00-9,00	D	E	F	G	H	I	J	J			
	9,00-13,00	D	E	F	G	H	I	J	J			
	13,00-18,30	D	E	F	G	H	I	J	J			
	18,30-35,00	D	E	F	G	H	I	J	J			
	35,00 ou mais	C	D	E	F	G	H	I	J	J		
6,00 (5,80-6,60)	6,00-9,00	D	E	F	G	H	I	J	J			
	9,00-13,00	D	E	F	G	H	I	J	J			
	13,00-18,30	D	E	F	G	H	I	J	J			
	18,30-27,50	C	D	E	F	G	H	I	J	J		
	27,50-43,00	C	D	E	F	G	H	I	J	J		
7,30	43,00 ou mais	C	D	E	F	G	H	I	J	J		
	6,00-9,00	D	E	F	G	H	I	J	J			
	9,00-13,00	C	D	E	F	G	H	I	J	J		

Figura 26 - Tabela índice do local – H001

Fonte: Autor

6.1.2.1.2 Fator de reflexão

Como obtido no inventário das instalações atuais:

- O teto é branco, portanto a refletância do teto é 75%;
- E a parede é amarela, caracterizando uma parede clara, como uma refletância de 30%.
- Esses valores foram encontrados na tabela de refletâncias de paredes e tetos ilustrada a seguir.

Refletâncias de parede e tetos	
Teto branco	75%
Teto claro	50%
Paredes brancas	50%
Paredes claras	30%
Paredes mediamente claras	10%

Figura 27 - Tabela refletância de paredes e tetos – H001

Fonte: Autor

6.1.2.1.3 Fator de utilização

Encontrados o índice do local, igual a D, e os fatores de reflexão, sendo do teto 75% e da parede 30%, através da tabela dos coeficientes de utilização ilustrada a seguir, obtemos o fator de utilização $u = 0,47$.


Luminária		Teto	75%			50%			Descrição	
Fator de depreciação	Tipo	Paredes	50%	30%	10%	50%	30%	10%		
①		Índice do local	J	0,25	0,21	0,23	0,21	0,21	0,19	Luminária comercial para lâmpadas tipo output, providas de colmeia
			I	0,31	0,27	0,29	0,26	0,25	0,23	
			H	0,35	0,32	0,33	0,30	0,28	0,27	
			G	0,40	0,36	0,37	0,34	0,30	0,31	
			F	0,43	0,39	0,39	0,37	0,35	0,32	
			E	0,45	0,44	0,43	0,40	0,37	0,35	
			D	0,46	0,47	0,45	0,43	0,39	0,38	
			C	0,51	0,49	0,47	0,45	0,41	0,40	
			B	0,54	0,52	0,49	0,47	0,43	0,42	
			A	0,56	0,54	0,50	0,49	0,45	0,44	
②			J	0,29	0,24	0,28	0,24	0,23	0,20	Luminária

Figura 28 - Tabela coeficiente de utilização – H001

Fonte: Autor

6.1.2.1.4 Fator de depreciação

Utilizando a mesma tabela do t3pico anterior, apenas adequando o tipo da lumin3ria com o mais adequado da tabela, chega-se em um fato de deprecia33o $d = 0,7$.

6.1.2.1.5 C3lculo do fluxo luminoso total, Φ

J3 calculamos, ou obtivemos em tabelas, as seguintes grandezas:

S - 3rea do compartimento, em m².

E - iluminao desejado, em lux

u - fator de utiliza33o

d - fator de deprecia33o e reflet3ncias do teto e das paredes.

Podemos calcular o fluxo luminoso total necess3rio:

$$\Phi = \frac{E * S}{u * d}$$

$$\Phi = \frac{500 * 107,107}{0,47 * 0,7}$$

$$\Phi = 162776,5957 \text{ l3mens}$$

6.1.2.1.6 N3mero n de lumin3rias

Para obter o n3mero n de lumin3rias, basta dividir o fluxo total necess3rio, Φ , pelo fluxo de cada lumin3ria, φ , (igual ao produto do fluxo de uma l3mpada pelo n3mero de l3mpadas em cada lumin3ria ou aparelho). Ent3o:

$$n = \frac{\Phi}{\varphi}$$

$$n = \frac{162776,5957}{2600 * 2}$$

$$n = 31,303 \text{ lumin3rias}$$

Arredonda-se n para um n3mero inteiro que se processa a melhor distribui33o de aparelhos.

$n = 33$ luminárias

Essas luminárias serão distribuídas da seguinte forma:

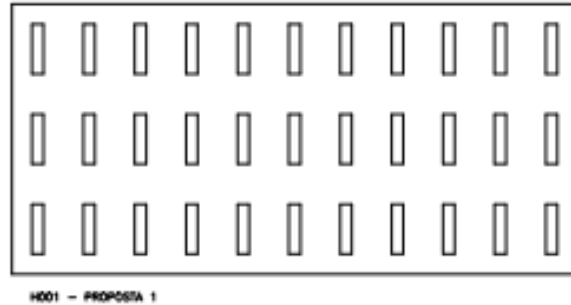


Figura 29 - Distribuição das luminárias – Proposta 1

Fonte: Autor

6.1.2.2 Proposta 2 – Substituição de todas as luminárias

Na proposta 2 será apresentado um projeto luminotécnico com um alto custo de investimento, alterando o modelo das lâmpadas e, em consequência, os modelos das luminárias e dos reatores já existentes no ambiente, almejando uma economia nos gastos com energia elétrica.

6.1.2.2.1 Alterações

Modelo da luminária: Luminária de sobrepor para 2 lâmpadas fluorescentes de 28 W – LUMICENTER.

FAA04-S

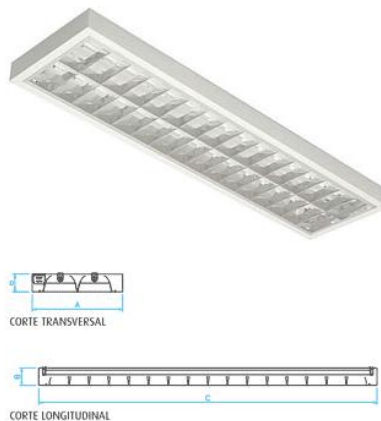


Figura 30 - Modelo de Luminária – Proposta 2

Fonte: Lumicenter (2016)

Informações da Luminária:

CÓDIGO	A (mm)	B (mm)	C (mm)	RENDIMENTO (%)
FAA04-S180	194	61	1495	76

Tabela 5 - Informações do modelo de luminária – Proposta 2

Fonte: Autor

- Modelo da lâmpada: Lâmpada Fluorescente Tubular Smartlux T5 28W – OSRAM.

Informações da lâmpada:

Código	Potência (W)	Fluxo Luminoso (lm)	Temperatura da cor (K)	Diâmetro (mm)	Comprimento (mm)	Vida útil (horas)
Smartlux HE28W/850	28	2750	5000	16	1149	16000

Tabela 6 - Informações do modelo de lâmpada – Proposta 2

Fonte: Autor

A escolha da nova lâmpada baseou-se numa procura por economia. Como a economia se dará na diminuição dos gastos com energia elétrica, escolher uma lâmpada com uma potência menor foi a solução. Pelo ponto de vista da qualidade de iluminação, não seria possível diminuir o valor do fluxo luminoso.

- Modelo do reator: Reator Eletrônico LEM.228CI 2x28W Bivolt – LUMICENTER.

LEM-CI



Figura 31 - Modelo de reator – Proposta 2

Fonte: Lumicenter (2016)

Informações do modelo de reator que possui uma vida útil média de 32000 horas:

Modelo	Lâmpadas (nº x W – Tipo)	Tensão (V)	Corrente (A)		Frequência (Hz)	Potência (W)		Fator de Potência		Fator de Fluxo		Fator de Eficácia		THD (%)		Frequência na Lâmpada (kHz)		Peso (g)	Dimensões (mm)	Esquema de Ligação
			127V	220V		127V	220V	127V	220V	127V	220V	127V	220V	127V	220V					
LEM.228CI	2 x 28/25 – T5	127/220	0,48	0,28	50 / 60	58	58	0,98	0,97	0,90	0,90	1,55	1,55	< 10	< 25	44	44	210	Fig. 1	Fig. 2
LEM.214CI	2 x 14/13 – T5	127/220	0,25	0,14	50 / 60	30	30	0,98	0,97	0,90	0,90	3,00	3,00	< 10	< 20	46	46	210	Fig. 1	Fig. 2
LEM.128CI	1 x 28/25 – T5	127/220	0,24	0,14	50 / 60	30	29	0,98	0,98	0,90	0,90	3,00	3,10	< 10	< 25	50	50	210	Fig. 1	Fig. 3
LEM.114CI	1 x 14/13 – T5	127/220	0,13	0,08	50 / 60	16	16	0,98	0,98	0,90	0,90	5,63	5,63	< 10	< 20	44	44	210	Fig. 1	Fig. 3

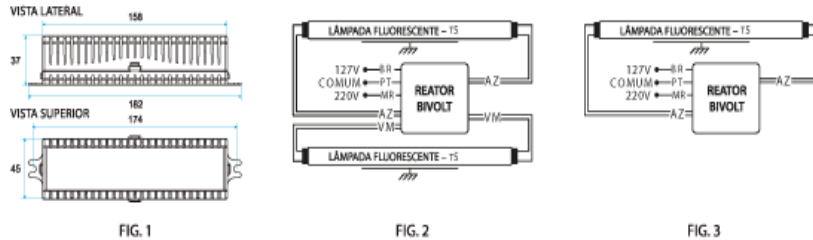


Figura 32 - Informações do modelo de Reator – Proposta 2
Fonte: Lumicenter (2016)

6.1.2.2.2 Projeto

Para a realização da proposta 2, também será utilizado o Método dos Lúmens. Como o ambiente é o mesmo, teremos a mesma área, o mesmo iluminamento desejado, o mesmo índice do local e o mesmo fator de reflexão. Como o tipo de luminária é o mesmo, o fator de utilização e o fator de depreciação também serão. Logo, o fluxo luminoso total será o mesmo.

$$\Phi = 162776,5957 \text{ lúmens}$$

O que irá mudar será o fluxo luminoso da lâmpada, que alterará o número de luminárias necessárias.

$$n = \frac{\Phi}{\phi}$$

$$n = \frac{162776,5957}{2750 \cdot 2}$$

$$n = 29,596 \text{ luminárias}$$

Arredondamento de n para um número inteiro que proporcione a melhor distribuição de aparelhos.

$$n = 30 \text{ luminárias}$$

Essas luminárias serão distribuídas da seguinte forma:

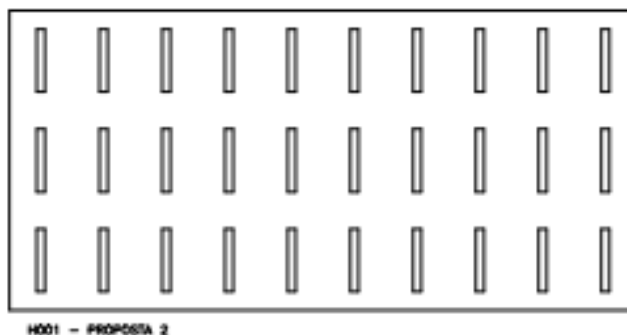


Figura 33 - Distribuição das luminárias – Proposta 2

Fonte: Autor

6.1.3 Valor do investimento

6.1.3.1 Proposta 1 – Complementação com luminárias existentes

	Quantidade Necessária	Quantidade Existente	Quantidade Necessária Adquirir	Valor Da Unidade	Valor Total
Luminária	33	21	12	R\$139,04	R\$1668,48
Lâmpada	66	42	24	R\$7,32	R\$175,68
Reator	33	21	12	R\$23,18	R\$278,16
Σ					R\$2122,32

Tabela 7 - Investimento inicial – Proposta 1

Fonte: Autor

Total do investimento: R\$ 2122,32.

6.1.3.2 Proposta 2 – Substituição de todas as luminárias

	Quantidade Necessária	Quantidade Existente	Quantidade Necessaria Adquirir	Valor Da Unidade	Valor Total
Luminária	30	0	30	R\$158,17	R\$4745,1
Lâmpada	60	0	60	R\$12,20	R\$732,00
Reator	30	0	30	R\$82,44	R\$2473,2
Σ					R\$7950,3

Tabela 8 - Investimento inicial – Proposta 2

Fonte: Autor

Total do investimento: R\$ 7950,3.

6.1.4 Tempo de retorno do investimento

6.1.4.1 Proposta 1 – Complementação das luminárias existentes

Nessa proposta, não haverá retorno do investimento, pois não ocorreu a mudanças do modelo das lâmpadas, logo não houve alterações na potência das mesmas, não gerando alterações no consumo do sistema.

Entretanto, o sistema de iluminação do ambiente estará de acordo com a norma brasileira de iluminação de ambiente de trabalho NBR ISO/CIE 8995-1/2013, que é o foco desse trabalho.

6.1.4.2 Proposta 2 – Substituição de todas as luminárias

Como o foco principal desse trabalho é enquadrar os ambientes dentro da norma de iluminação de ambientes de trabalho, o tempo de retorno do investimento será calculado pela comparação da proposta 2 com a proposta 1, já que as instalações atuais não atendem a NBR ISO/CIE 8995-1/2013.

Sempre a quantidade de lâmpadas da proposta 2 será menor ou igual a do proposta 1, já que a proposta 2 teve um modelo de lâmpada com um fluxo luminoso maior. Portanto, a quantidade de lâmpadas da proposta 2 será multiplicada por 4W, que é a diferença do valor de potência entre as 2 lâmpadas e a quantidade de lâmpadas restantes, ou seja, a quantidade de lâmpadas que foi possível remover do projeto será multiplicado por 32W, assim é possível encontrar a potência economizada por ambiente.

	Quantidade De Lâmpadas	Potência Individual Diminuída	Potência Total Diminuída
Lâmpadas Substituídas	60 lâmpadas	4W	240W
Lâmpadas Restantes	6 lâmpadas	32W	192W
Σ			432W

Tabela 9 - Potência total diminuída – H001

Fonte: Autor

Conforme anotado no inventário das instalações atuais, a estrutura tarifária da universidade é horossazonal verde, subgrupo A4. É possível, pelo site da Copel, identificar o preço do kWh dessa estrutura tarifária, conforme a imagem abaixo.

Tarifa Horária Verde - subgrupo A4

Tarifas vigentes para clientes do subgrupo A4 (2,3 a 25 kV) enquadrados na Modalidade Tarifária Verde.

Horossazonal VERDE A4 (2,3 a 25 kV)	Resolução ANEEL N° 1.897, de 16 de junho de 2015	
Tarifas	Resolução ANEEL	com Impostos: ICMS e PIS/COFINS
Demanda (R\$/kW)	6,90	10,74
Demanda Ultrapassagem (R\$/kW)	13,80	21,49
Consumo (R\$/kWh)		
Ponta	1,04627	1,62970
Fora de Ponta	0,34453	0,53665
Vigência em 24/06/2015		

Figura 34- Tarifas vigentes para clientes do subgrupo A4 enquadrado tarifário verde.

Fonte: Copel (2015)

O foco desse trabalho é o projeto de iluminação, portanto não será considerada a demanda de ultrapassagem, pois ela em nada contribui para o projeto. Utilizar-se-á o valor de consumo de ponta para horários de pico, que se encontram das 19h00min às 22h00min durante o horário de verão e das 18h00min às 21h00min durante o horário comum nos dias da semana e o valor fora de ponta para os demais horários.

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Campo Mourão funciona de Segunda à Sexta das 07h30min às 23 horas, e aos Sábados das 7h30min às 12h00min totalizando 60 horas de consumo de ponta e 268 horas de consumo fora de ponta no mês, admitindo seis dias por semana e quatro semanas no mês.

Como a energia elétrica é cobrada mensalmente em kWh, multiplica-se a potência total diminuída, em kW, pela quantidade de horas por mês que a universidade utiliza energia para iluminação, resultando numa diminuição do consumo de ponta de 25,92 kWh e fora de ponta de 115,78 kWh.

Utilizando os valores das tarifas da Copel, encontra-se o preço do consumo de ponta de R\$ 1,6297, que multiplicado pela diminuição do consumo de ponta de 25,92 kWh no mês representa uma economia de R\$ 42,24. Já o preço do consumo fora de ponta, de R\$ 0,53665, multiplicado pela diminuição do consumo fora de ponta de 115,776 kWh representa uma economia de R\$ 62,13. Os dois consumos resultam numa economia mensal total de R\$104,37.

A proposta 2 teria um investimento inicial de R\$ 7950,30 para a sala H001, como está sendo realizado um comparativo com a proposta 1, é necessário subtrair o investimento inicial da mesma, que equivale a R\$ 2122,32, gerando uma diferença de investimento inicial de R\$

5827,98. Com uma economia de R\$ 104,37 nas contas de energia elétrica por mês, obtém-se um tempo de retorno do investimento inicial de 55,84 meses, que equivale, aproximadamente, a 4 anos 7 meses e 25 dias.

Os reatores para as duas propostas possuem uma vida útil média de 32000 horas, este em função da utilização da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Campo Mourão, de 328 horas mensais, resulta em 97,6 meses de utilização, tempo superior ao tempo de retorno do investimento, representando que este seria um investimento atraente. Porém, as lâmpadas de ambas as propostas possuem uma vida útil média de 16000 horas, resultando em 48,8 meses de utilização, tempo inferior ao tempo de retorno do investimento, significando que esse valor de investimento não é mais verdadeiro, pois esse tempo ultrapassaria a vida útil das lâmpadas, precisando de mais investimentos futuros. Logo, investir em equipamentos mais eficientes para adequar a sala H001 não representa um investimento atraente.

6.2 AVALIAÇÃO DOS AMBIENTES EXISTENTES

6.2.1 Inventário das instalações

Todos os ambientes a seguir possuem características necessárias para o projeto em comum, como a distância do chão ao foco luminoso de 2,75m. As cores do ambiente também são padronizadas, sendo as paredes amarelas, os tetos brancos e os pisos cinza claro (granitina). As demais características serão apresentadas nas tabelas a seguir:

	H001	H002	H003	H004	Almoxarifado	H005
Dimensões	14,98m x 7,1m	14,8m x 7,15m	9,98m x 7,15m	12,3m x 7,27m	4,96m x 7,27m	12,53m x 7,23m
Tipo de ambiente segundo a norma	Laboratório	Laboratório	Laboratório	Laboratório	Estantes	Laboratório
Medição da iluminância	371lux	426,67lux	465lux	336,17 lux	183,75 lux	383,67 lux
Iluminância necessária segundo a norma	500 lux	500 lux	500 lux	500 lux	200 lux	500 lux
Quantidade de luminárias existentes	21 (7x3)	21 (7x3)	15 (5x3)	18 (6x3)	6 (2x3)	18 (6x3)

Tabela 10 - Inventário das instalações atuais – Pavimento térreo

Fonte: Auto

	H101	Almoxarifado	H102	H103	H104	H105
Dimensões	10,21m x 7,4m	2,28m x 7,4m	7,41m x 7,4m	4,85m x 7,4m	7,41m x 7,4m	7,53m x 7,4m
Tipo de ambiente segundo a norma	Laboratório	Estantes	Salas dos professores	Salas de reunião	Sala de aula noturna	Sala de aula noturna
Medição da iluminância	458lux	219lux	235lux	212,25 lux	253 lux	339 lux
Iluminância necessária segundo a norma	500 lux	200 lux	300 lux	200 lux	500 lux	500 lux
Quantidade de luminárias existentes	15 (5x3)	3 (1x3)	9 (3x3)	6 (2x3)	9 (3x3)	9 (3x3)

Tabela 11 - Inventário das instalações atuais – 1º pavimento (parte 1)

Fonte: Autor

	H106		H107		H108	
Dimensões	Coordenação 5,03m X 7,28m	Chefia 2,46m X 7,28m	7,4m X 7,28m	Coordenação 10,03m X 7,28m	Chefia 1 4,91m X 3,62m	Chefia 2 4,91m X 3,62m
Tipo de ambiente segundo a norma	Sala dos professores	Sala dos professores	Sala dos professores	Sala dos professores	Sala dos professores	Sala dos professores
Medição da iluminância	256lux	225lux	275lux	237 Lux	184 Lux	202 Lux
Iluminância necessária segundo a norma	300 Lux	300 Lux	300 Lux	300 Lux	300 Lux	300 Lux
Quantidade de luminárias existentes	6 (2x3)	3 (1x3)	9 (3x3)	12 (4x3)	2 (2x2)	2 (2x2)

Tabela 12 - Inventário das instalações atuais – 1º pavimento (parte 2)

Fonte: Autor

6.2.2 Projeto luminotécnico

Os ambientes do bloco H também possuem em comum a classificação da luminária, que é direta, e o fato de reflexão, já que as paredes e teto possuem o mesmo padrão, sendo o fator de reflexão da parede igual a 30% e do teto igual a 75%.

Em relação aos modelos de luminárias, lâmpadas e reatores, serão mantidos os descritos no projeto do ambiente H001, tanto para a proposta 1 quanto para a proposta 2, logo

o fluxo luminoso continuará 2600 lúmens na proposta 1 e 2750 lúmens na proposta 2, e ambas as luminárias se encaixarão no tipo 21 na tabela do coeficiente de utilização.

Segue os projetos luminotécnico:

	H001	H002	H003	H004	ALMOX.	H005
Índice do local	D	D	E	E	F	E
Fator de utilização	0,47	0,47	0,44	0,44	0,39	0,44
Fator de depreciação	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Proposta 1						
Fluxo luminoso total necessário	162777 lm	161364 lm	115839,3 lm	147878,4 lm	26417 Lm	147878,4 lm
Número necessário de luminárias	33 (11x3)	33 (11x3)	24 (8x3)	30 (10x3)	6 (2x3)	30 (10x3)
Proposta 2						
Número necessário de luminária	30 (10x3)	30 (10x3)	21 (7x3)	27 (8x3)	6 (2x3)	27 (8x3)

Tabela 13 - Projeto luminotécnico – Pavimento térreo
Fonte: Autor

	H101	H102	H103	H104	H105
Índice do local	LAB. E	ALMOX. H	E	F	E
Fator de utilização	0,44	0,32	0,44	0,39	0,44
Fator de depreciação	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Proposta 1					
Fluxo luminoso total necessário	122652,6 lm	15064,3 lm	53409,7 Lm	26293 Lm	89016,2 lm
Número necessário de luminárias	24 (8x3)	3 (1x3)	12 (4x3)	6 (2x3)	18 (6x3)
Proposta 2					
Número necessário de luminária	24 (6x3)	3 (1x3)	12 (4x3)	6 (2x3)	18 (6x3)

Tabela 14 - Projeto luminotécnico – 1º pavimento (parte 1)
Fonte: Autor

		H106		H107		H108	
		LAB.	ALMOX	E	COORD.	CHEFIA 1	CHEFIA 2
Proposta 1	Índice do local	F	H	E	E	H	H
	Fator de utilização	0,39	0,32	0,44	0,44	0,32	0,32
	Fator de depreciação	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
	Fluxo luminoso total necessário	40241,7 Lm	23973,2 Lm	52500 Lm	71103,9 Lm	23799 Lm	23799 Lm
	Número necessário de luminárias	9 (3x3)	6 (2x3)	12 (4x3)	15 (5x3)	4 (2x2)	4 (2x2)
Proposta 2	Número necessário de luminária	9 (3x3)	6 (2x3)	12 (6x3)	15 (5x3)	4 (2x2)	4 (2x2)

Tabela 15 - Projeto luminotécnico – 1º pavimento (parte 2)

Fonte: Autor

No resultado do projeto luminotécnico da proposta 1, é possível identificar 3 ambientes que mantiveram a mesma quantidade de luminárias: O almoxarifado que se localiza entre os laboratórios H004 e H005, a sala do PET H103 e o almoxarifado do laboratório H101.

Como na proposta 1 é mantido o modelo da lâmpada, esses ambientes deveriam estar de acordo com o exigido pela NBR ISO/CIE 8995-1/2013, como é o caso da sala do PET H103, que foi classificado no tipo de ambiente “sala de reunião” que exige uma iluminância de 200 lux e apresentou uma iluminância de 212,25 lux, e o almoxarifado do laboratório H101, que foi classificado no tipo de ambiente “estantes” que exige uma iluminância de 200 lux e apresentou uma iluminância de 219 lux.

Já o almoxarifado localizado entre os laboratórios H004 E H005 não esta de acordo com a NBR ISO/CIE 8995-1/2013, o ambiente foi classificado no tipo de ambiente “estantes” que exige uma iluminância de 200 lux e apresentou uma iluminância de 183,75 lux. Esse resultado pode ser explicado pela falta do fluxo luminoso de algumas lâmpadas que se encontravam queimadas, no caso duas das doze lâmpadas necessárias. Outra explicação para esse caso seria a ocorrência de erro humano na medição do ambiente.

O incidente das lâmpadas queimadas não foi exclusividade do almoxarifado localizado entre os laboratórios H004 e H005, vários ambientes continham lâmpadas queimadas ou desligadas.

6.2.3 Valor do investimento

6.2.3.1 Proposta 1 – Complementação com luminárias existentes

O cálculo manteve os custos dos equipamentos de iluminação obtidos através de uma pesquisa de mercado. Esses valores são:

- Luminária = R\$139,04
- Lâmpada = R\$7,32
- Reator = R\$ 23,18

	Luminárias		Lâmpadas		Reatores		Investimen to inicial (r\$)	
	Quant	Valor total (R\$)	Quant	Valor total (R\$)	Quant	Valor total (R\$)		
H001	12	1668,48	24	175,68	12	278,16	2122,32	
H002	12	1668,48	24	175,68	12	278,16	2122,32	
H003	5	695,2	10	73,20	5	115,9	884,30	
H004	12	1668,48	24	175,68	12	278,16	2122,32	
ALMOX.	0	0	0	0	0	0	0	
H005	12	1668,48	24	175,68	12	278,16	2122,32	
H101	LAB.	9	1251,36	18	131,76	9	208,62	1591,74
	ALX.	0	0	0	0	0	0	0
H102		3	417,12	6	43,92	3	69,54	530,58
H103		0	0	0	0	0	0	0
H104		9	1251,36	18	131,76	9	208,62	1591,74
H105		9	1251,36	18	131,76	9	208,62	1591,74
H106	COORD.	3	417,12	6	43,92	3	69,54	530,58
	CHEFIA	3	417,12	6	43,92	3	69,54	530,58
H107		3	417,12	6	43,92	3	69,54	530,58
H108	COORD.	3	417,12	6	43,92	3	69,54	530,58
	CHEFIA 1	2	278,08	4	14,64	2	46,36	339,08
	CHEFIA 2	2	278,08	4	14,64	2	46,36	339,08
	Σ	99	13764,96	198	1449,36	99	2294,82	17509,14

Tabela 16 - Investimento inicial total – Proposta 1

Fonte: Autor

Investimento inicial total: R\$ 17509,14.

6.2.3.2 Proposta 2 – Substituição de todas as luminárias

O cálculo manteve os custos dos equipamentos de iluminação obtidos através de uma pesquisa de mercado. Esses valores são:

- Luminária = R\$158,17
- Lâmpada = R\$12,20
- Reator = R\$ 82,44

		Luminárias		Lâmpadas		Reatores		Investimento inicial (r\$)
		Quant	Valor total (R\$)	Quant	Valor total (R\$)	Quant	Valor total (R\$)	
H001		30	4745,1	60	732	30	2473,2	7950,3
H002		30	4745,1	60	732	30	2473,2	7950,3
H003		21	3321,57	42	512,4	21	1731,24	5565,21
H004		27	4270,58	54	658,8	27	2225,88	7155,26
	ALMOX.	6	949,02	12	146,4	6	494,64	1590,06
H005		27	4270,58	54	658,8	27	2225,88	7155,26
H101	LAB.	24	3796,08	48	585,6	24	1978,56	6360,24
	ALX.	3	474,1	6	73,2	3	247,32	794,62
H102		12	2372,55	24	292,8	12	989,28	3654,63
H103		6	949,02	12	146,4	6	494,64	1590,06
H104		18	2847,06	36	439,2	18	1483,92	4770,18
H105		18	2847,06	36	439,2	18	1483,92	4770,18
H106	COORD.	9	1423,53	18	219,6	9	741,96	2345,09
	CHEFIA	6	949,02	12	146,4	6	494,64	1590,06
H107		12	1898,04	24	292,8	12	989,28	3654,63
	COORD.	15	2372,55	30	366	15	1236,6	3975,1
H108	CHEFIA 1	4	632,68	8	97,6	4	329,76	1060,04
	CHEFIA 2	4	632,68	8	97,6	4	329,76	1060,04
	Σ	272	43022,24	544	6636,8	272	22423,68	72082,72

Tabela 17 - Investimento inicial total – Proposta 2

Fonte: Autor

Investimento inicial total: R\$ 72082,72.

6.2.4 Tempo de retorno de investimento.

O tempo de retorno do investimento continuará sendo calculado pela comparação da proposta 2 com a proposta 1, já que as instalações atuais não atendem a NBR ISO/CIE 8995-1/2013.

Como o foco desse trabalho é o projeto de iluminação, não será considerada a demanda de ultrapassagem, pois ela em nada contribui para o projeto. Utilizar-se-á o valor de consumo de ponta para horários de pico, que se encontram das 19h00min às 22h00min durante o horário de verão e das 18h00min às 21h00min durante o horário comum nos dias da semana e o valor fora de ponta para os demais horários.

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Campo Mourão funciona de Segunda à Sexta das 07h30min às 23 horas, e aos Sábados das 7h30min às 12h00min totalizando 60 horas de consumo de ponta e 268 horas de consumo fora de ponta no mês, admitindo seis dias por semana e quatro semanas no mês.

Como a energia elétrica é cobrada mensalmente em kWh, multiplica-se a potência total diminuída, em kW, pela quantidade de horas por mês que a universidade utiliza energia para iluminação de cada consumo.

Utilizando os valores das tarifas da Copel, encontramos o preço do consumo de ponta de R\$ 1,6297, que multiplicado pela diminuição do consumo de ponta representará a economia do consumo de ponta. E o preço do consumo fora de ponta, de R\$ 0,53665, multiplicado pela diminuição do consumo fora de ponta, representará a economia do consumo fora de ponta. A soma dos dois consumos resultará na economia mensal.

Como está sendo realizado um comparativo entre a proposta 2 com a proposta 1, é necessário subtrair da proposta 2 o investimento inicial da proposta 1.

Dividindo o investimento inicial pela economia mensal encontramos o tempo de retorno em meses.

Segue os valores individuais de casa ambiente:

		Diminuição da potência (W)	Diminuição do consumo (kWh)		Ecônomia mensal (R\$)	Investimento Inicial (R\$)	Tempo de retorno (meses)
			Ponta	Fora de Ponta			
H001		432	25,92	115,78	104,37	5827,98	55,84
H002		432	2,92	115,78	104,37	5827,98	55,84
H003		360	21,60	96,48	87,14	4680,91	53,71
H004		408	24,48	109,34	98,57	5032,94	51,06
	ALMOX.	48	2,88	12,86	11,59	1590,06	137,19
H005		408	24,48	109,34	98,57	5032,94	51,06
H101	LAB.	192	11,52	51,46	46,39	4768,50	102,79
	ALX.	24	1,44	6,43	5,80	794,62	137
H102		96	5,76	25,73	23,20	3124,05	134,66
H103		48	2,88	12,86	11,59	1590,06	137,19
H104		144	8,64	38,60	34,79	3178,44	91,36
H105		144	8,64	38,60	34,79	3178,44	91,36
H106	COORD.	72	4,32	19,30	17,40	1814,51	104,28
	CHEFIA	48	2,88	18,86	11,59	1059,48	91,41
H107		96	5,76	25,73	23,20	3124,05	134,66
	COORD.	120	7,20	32,16	28,99	3444,52	118,82
	CHEFIA 1	32	1,92	8,58	7,73	720,96	93,27
H108	CHEFIA 2	32	1,92	8,58	7,73	720,96	93,27
	Σ	3136	188,16	840,45	757,67	54573,58	72

Tabela 18 - Tempo de retorno individual

Fonte: Autor

Tempo de retorno total do bloco H: 72 meses ou 6 anos.

Como calculado anteriormente, os reatores das duas propostas, que possuem uma vida útil média de 32000 horas, contém 97,6 meses de utilização na universidade, tempo superior ao tempo de retorno do investimento, representando que este seria um investimento atraente. Porém, as lâmpadas de ambas as propostas, que possuem uma vida útil média de 16000 horas, contém 48,8 meses de utilização, tempo inferior ao tempo de retorno do investimento, significando que esse valor de investimento não é mais verdadeiro, pois esse tempo ultrapassaria a vida útil das lâmpadas, precisando de mais investimentos futuros. Logo, investir em equipamentos mais eficientes em edificações já existentes não representa um investimento atraente.

6.3 AVALIAÇÃO PARA NOVAS EDIFICAÇÕES

Para avaliar qual das propostas seria mais adequada para novas edificações na realização de futuros projetos de iluminação tendo como modelo o bloco B, será mantido os projetos de ambas as propostas, sendo a proposta 1 com lâmpadas T8 de 32W com todos os equipamentos de iluminação que a acompanham, e a proposta 2 com lâmpada T5 de 28W também com todos os equipamentos de iluminação que a acompanham.

O que mudará é que não existirá nenhum equipamento previamente instalado, portanto o investimento inicial na proposta 1 irá conter o custo de todas as luminárias, lâmpadas e reatores necessárias para uma iluminação dentro dos padrões exigidos pela norma já calculado.

6.3.1 Valor do investimento

Para o cálculo do investimento inicial, será mantido os preços dos equipamentos de iluminação obtidos através de uma pesquisa de mercado para as duas propostas, sendo:

- Proposta 1:
 - Luminária = R\$139,04
 - Lâmpada = R\$7,32
 - Reator = R\$ 23,18

- Proposta 2:

- Luminária = R\$158,17
- Lâmpada = R\$12,20
- Reator = R\$ 82,44

	Luminárias		Lâmpadas		Reatores		Investimento inicial (R\$)
	Quant.	Valor total (R\$)	Quant.	Valor total (R\$)	Quant.	Valor total (R\$)	
Proposta 1	287	33904,48	574	4201,7	287	6652,66	44758,82
Proposta 2	272	43022,24	544	6636,8	272	22423,68	72082,72

Tabela 19 - Investimento inicial total para novas edificações
Fonte: Autor

6.3.2 Tempo de retorno do investimento

Buscando encontrar a melhor escolha de investimento, o tempo de retorno do investimento continuará sendo calculado pela comparação da proposta 2 com a proposta 1, pois assim será encontrado o tempo de retorno do valor que foi investido a mais na proposta 2 em comparação com a proposta 1.

Utilizar-se-á para o cálculo a mesma estrutura tarifária e os seus respectivos custos, sendo eles o preço do consumo de ponta de R\$ 1,6297 e o preço do consumo fora de ponta de R\$ 0,53665.

Também será mantido o tempo de utilização de energia luminosa da universidade, que totaliza 60 horas de consumo de ponta e 268 horas de consumo fora de ponta no mês.

Segue abaixo o tempo de retorno do valor que foi investido a mais na proposta 2 em comparação com a proposta 1:

	Diminuição da potência (W)	Diminuição do consumo (kWh)		Economia mensal (R\$)	Investimento Inicial (R\$)	Tempo de retorno (meses)
		Ponta	Fora de Ponta			
Proposta 2	3136	188,16	840,45	757,67	27323,9	36

Tabela 20 - Tempo de retorno da proposta 2 para novas edificações
Fonte: Autor

Tempo de retorno: 36 meses ou 3 anos.

Como calculado anteriormente, os reatores das duas propostas, que possuem uma vida útil média de 32000 horas, contém 97,6 meses de utilização na universidade, tempo superior ao tempo de retorno do investimento. E as lâmpadas de ambas as propostas, que possuem uma

vida útil média de 16000 horas, contém 48,8 meses de utilização, tempo também superior ao tempo de retorno do investimento, representando um investimento atraente, pois não haverá mais investimentos futuros, mostrando que o tempo de retorno do investimento realmente vai acontecer. Logo, investir em equipamentos mais eficientes em novas edificações seria a melhor escolha.

7 CONCLUSÕES

Para adequar os ambientes à norma, é necessário um investimento inicial. Esse pode ser de custo baixo, mantendo as instalações pré-existentes e, quando necessário, aumentando a sua quantidade para adequar-se a norma. Ou, o investimento inicial pode apresentar um custo alto, alterando o modelo das lâmpadas e, por consequência, das luminárias e reatores, almejando uma melhor eficiência energética.

Feitas estas considerações, conclui-se objetivamente que não é viável economicamente substituir os atuais aparelhos luminosos por outros mais eficientes, pois o investimento necessário não será resgatado ao longo da vida útil dos mesmos. Porém, para novas edificações, onde é possível comparar os custos de implantação dos dois sistemas completos, os equipamentos mais eficientes trarão resultados interessantes em 36 meses, tempo inferior à vida útil dos equipamentos, o que traz vantagens econômicas evidentes.

Considerando a menor necessidade de manutenção dos equipamentos mais eficientes, outros custos, não considerados neste trabalho, serão reduzidos, aumentando ainda mais a vantagem no uso de equipamentos mais eficientes.

Além das considerações econômicas, foi possível observar que os níveis de iluminação de alguns ambientes estão abaixo do que a norma brasileira indica, e desta forma, estes ambientes devem receber uma complementação em seus sistemas de iluminação, de forma a garantir o conforto, segurança e eficiência das atividades neles desenvolvidas.

REFERÊNCIAS

(ABNT) Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO/CIE 8995-1 – **Iluminação de ambientes de trabalho – Parte 1: interior**. Abril, 2013. Disponível em:

<http://edsonjosen.dominiotemporario.com/doc/NBR%20ISO_CIE%208995_1.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2015, 20:00

BARBOSA, Jaques da S. **Iluminação de interiores: análise e orientação para aplicações**. 2007. 131f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) – Departamento de Engenharia Elétrica da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007. Disponível em:

< <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10001376.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2015, 18:15.

CAYE, Alysson. **Eficientização de projetos luminotécnicos em ambientes de escola pública**. 2010. 118f. Projeto de Diplomação (Graduação em Engenharia Elétrica) – Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010. Disponível em:

<<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/33068/000788107.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 20 nov. 2015, 18:05.

CONFEA – CONSELHO FEDERAL DE ENGENHARIA, ARQUITETURA E AGRONOMIA. **Código de Ética Profissional da Engenharia, Arquitetura, da Agronomia, da Geologia, da Geografia e da Meteorologia**. Disponível em:

< http://www.confea.org.br/media/codigo_etica_sistemaconfea_8edicao_2015.pdf >. Acesso em: 31 maio 2015, 04:15.

COPEL. **Tarifa Horária Verde: subgrupo A4**. Disponível em

<<http://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Froot%2Fpagcopel2.nsf%2F5d546c6fdeabc9a1032571000064b22e%2F0a363cf546237cc203257488005939ce>>. Acesso em: 31 maio 2015, 04:15.

COSTA, Gilberto J. C. da. **Iluminação Econômica**. 4. ed. Porto Alegre: Edipucrs, 2006. Disponível em:

< http://www.fazerfacil.com.br/livros/iluminacao_economica.htm>. Acesso em: 20 nov. 2015, 19:00.

FIORINI, Thiago M. S. **Projeto de Iluminação de ambientes internos especiais**. 2006. 125f. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia Elétrica) – Departamento de Engenharia Elétrica do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo, 2006. Disponível em:

<http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Arquitetural/interiores/projeto_de_iluminacao_de_ambientes_internos_especiais.pdf>. Acesso em: 31 maio 2015, 04:15.

FERREIRA, Rodrigo A. F. **Manual de luminotécnica**. 2010. 28 p. Disponível em:

< <http://www.ufjf.br/ramoieeee/files/2010/08/Manual-Luminotecnica.pdf>> Acesso em: 25 nov. 2015, 22:57.

GIARETA, Vanessa R. **Avaliação do nível de iluminância em posto de trabalho estudo de caso indústria têxtil**. 2014. 47 f. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) – Departamento de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014. Disponível em:

<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/3544/1/CT_CEEEST_XXVIII_2014_32.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2015, 18:00.

LUMICENTER LIGHTING. **Luminárias Comerciais: Linha T5**. Disponível em <<http://www.lumicenteriluminacao.com.br/pt/catalogo/produto/141.html> >. Acesso em: 31 maio 2015, 04:15.

. **Luminárias Comerciais: Reatores e Drivers**. Disponível em <<http://www.lumicenteriluminacao.com.br/es/catalogo/produto/1035.html> >. Acesso em: 31 maio 2015, 04:15.

MARGIRIUS. **Reatores eletrônicos: Lâmpadas fluorescentes tubulares**. Disponível em <<http://www.margirius.com.br/reator-eletronico-t8-premium-para-2-lampadas-de-16-32w-com-cabo-tubulares-11772> >. Acesso em: 31 maio 2015, 04:15.

MOREIRA, Vinicius de A. **Iluminação elétrica**. São Paulo: Editora edgard blucher ltda. 1999.

NISKIER, Julio. **Instalações Elétricas**. 4. ed. Rio de janeiro: LTC, 2000.

OSRAM DO BRASIL LAMPADAS ELÉTRICAS LTDA. **Lâmpadas fluorescentes tubulares**. Disponível em <<http://www.osram.com.br/media/resource/HIRES/617127/catlogo-de-produtos-osram---fluorescentes-tubulares-pt.pdf> >. Acesso em: 31 maio 2015, 04:15.

PALUZZO, Genilson V. **Payback**. 2015. 21f. Notas de aula de Engenharia Econômica, Campo Mourão, 2015.

RE, Vittorio. **Iluminação externa: cálculo e realização**. São Paulo: Hemus, 1978.

RODRIGUES, Pierre. **Manual de iluminação eficiente**. Procel, 2002. 36 p. Disponível em: <<https://snt152.mail.live.com/mail/ViewOfficePreview.aspx?messageid=mgRtfif6JQ5RGUzQAhWtmfAA2&folderid=flinbox&attindex=0&cp=-1&attdepth=0&n=14563555>>. Acesso em: 20 nov. 2015, 19:20.

SILVA, Taisller G. **Eficiência energética em sistemas de iluminação de aviários de frango**. 2014. 35f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Paraná, 2014. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/2750/1/FB_COEAM_2013_2_16.pdf>. Acesso em: 31 maio 2015, 04:15.