

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS – CCT
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

LEANDRO AUGUSTO DO NASCIMENTO

**PROJETO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA COM
ÊNFASE EM LUMINOTÉCNICA, APLICADO NO CCT-
UDESC**

JOINVILLE, SANTA CATARINA

2015

LEANDRO AUGUSTO DO NASCIMENTO

**PROJETO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA COM ÊNFASE EM
LUMINOTÉCNICA NO DEE – UDESC**

Trabalho de conclusão apresentado ao curso de Engenharia Elétrica do Centro de Ciências Tecnológicas da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Dr. Sérgio Vidal Garcia Oliveira.

JOINVILLE/SC

2015

LEANDRO AUGUSTO DO NASCIMENTO

**PROJETO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA COM ÊNFASE EM
LUMINOTÉCNICA NO DEE – UDESC**

Trabalho de Conclusão apresentado ao Curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica do Centro de Ciências Tecnológicas da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Banca examinadora:

Orientador:

Prof. Dr. Sérgio Vidal Garcia Oliveira
Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC

Membros:

Prof. Dr. Fernando Buzzulini Prioste
Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC

Prof. Msc. Marcos Fergütz
Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente aos meus pais Hamilton e Rozani pelo amor, dedicação e ensinamentos durante toda a vida.

Ao professor Dr. Sérgio Vidal Garcia Oliveira pela ajuda, ensinamentos e suporte durante todo período de projeto.

A todos meus professores que ajudaram no meu desenvolvimento intelectual e pessoal.

A UDESC pelos conhecimentos e desenvolvimento pessoal.

Aos meus amigos que me acompanharam por toda graduação e me ajudaram nos momentos mais difíceis.

A minha família por ser um porto seguro e um exemplo de união e compaixão.

Por fim, a todos que de forma ou de outra auxiliaram e torceram para o sucesso desse trabalho de da jornada de graduação

“Suba o primeiro degrau com fé. Não é necessário que você veja toda a escada. Apenas dê o primeiro passo.”

Martin Luther King

RESUMO

A demanda energética no Brasil está em um constante crescimento, e a matriz energética não vem acompanhando esse ritmo, assim a melhoria dos sistemas instalados se tornou uma opção muito válida para economia de energia. A partir dessa necessidade a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) vem buscando melhorar a credibilidade dos Projetos de Eficiência Energética (ProEE) no âmbito do Programa de Eficiência Energética (PEE) e, em 02 de julho de 2013 aprovou a Resolução Normativa nº 556 que apresenta um módulo específico para Medição e Verificação (M&V). Sendo este, um guia de diretrizes e atividades a serem empregadas na parte de M&V para todos os projetos no âmbito de PEE. Neste TCC será realizado um ProEE com ênfase na melhoria do desempenho dos sistemas de iluminação (luminotécnica) no bloco do Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), e com técnicas de M&V será possível avaliar os resultados de economia de energia e redução de demanda na ponta.

Palavras-chave: Eficiência Energética, Medição e Verificação, Luminotécnica.

ABSTRACT

The Brazil's energetical demand it's in a continuous growth, and the energetical matrix doesn't follow in the same pace, the update of the installed equipments became a valueable option for energy savings. ANEEL is looking for ways to improve Energetical Efficiency Project's credibility, then, in july 2nd of 2013 a statutory number 556 was aproved, this statutory added a specific module about Measurement and Verification (M&V). This module is a guideline for task and activities that must be followed in all the new Energetical Efficiency Projects. In this document, an Energetical Efficiency Project with lighting technique emphasis will be performed at the Electrical Engineering Department in UDESC, the Measurement and Verification techniques will help to evaluate and calculate the energy savings.

Keywords: Energetic Efficiency , Measurement and Verification, Lighting Technique.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Estrutura organizacional do MME para energia elétrica	17
Figura 2 - Etapas PEE.....	18
Figura 3 - Atividades de M&V e fases do projeto	30
Figura 4 - Selo PROCEL.....	36
Figura 5 - Consumo de energia elétrica por setores	37
Figura 6 - Índice de Reprodução de Cor	38
Figura 7 - Exemplos da utilização de luz natural	41
Figura 8 - Lâmpada incandescente	42
Figura 9 - Lâmpada incandescente halógena.....	43
Figura 10 - Lâmpada a vapor de mercúrio de alta pressão.....	44
Figura 11 - Lâmpada vapor metálico: revestida com eletrodo auxiliar e com tubo de descarga cerâmico.....	45
Figura 12 - Lâmpada mista.....	46
Figura 13 - Lâmpada a vapor de sódio de baixa pressão.....	46
Figura 14 - Lâmpada a vapor de sódio de alta pressão.....	47
Figura 15 - Lâmpada fluorescente tubular.....	48
Figura 16 - Lâmpada fluorescente compacta.....	49
Figura 17 - Iluminação geral	53
Figura 18 - Iluminação localizada	53
Figura 19 - Iluminação local.....	54
Figura 20 - Classificação segundo fluxo luminoso	54
Figura 21 - Fator de manutenção.....	58
Figura 22 - Área da tarefa e entorno imediato.....	59
Figura 23 - Etapas dos projetos realizadas	61
Figura 24 - Luxímetro Politerm LD-150	72
Figura 25 - Luminária utilizada no projeto.....	74
Figura 26 - Fator de utilização.....	74
Figura 27 - Refletância de materiais e cores	75
Figura 28 - Simulação projeto luminotécnico sala E01.....	76
Figura 29 - Relatório da simulação	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados Sistema de Iluminação.....	21
Tabela 2 - Custo total de equipamentos.....	28
Tabela 3 - Serviços e demais custos indiretos	28
Tabela 4 - Benefícios	28
Tabela 5 - Temperatura de Cor	39
Tabela 6 - Equivalência em relação a incandescente tradicional.....	49
Tabela 7 - Comparativo lâmpadas bulbo de LED.....	50
Tabela 8 - Comparativo lâmpadas tubular de LED	50
Tabela 9 - Índice de reflexão	57
Tabela 10 - Troca direta de lâmpadas	62
Tabela 11 - Características das lâmpadas	62
Tabela 12 - Cálculos para amostragem de base AEE <i>Retrofit</i>	64
Tabela 13 - Dados analisador de energia	64
Tabela 14 - Análise dos resultados	64
Tabela 15 - Resultado esperado AEE <i>Retrofit</i>	66
Tabela 16 - Custo total de equipamentos AEE <i>Retrofit</i>	68
Tabela 17 - Serviços e demais custos indiretos AEE <i>Retrofit</i>	69
Tabela 18 - Apoio Custos de energia e demanda.....	70
Tabela 19 - Custos de energia e demanda.....	70
Tabela 20 - Benefícios e RCB <i>ex ant</i> AEE <i>Retrofit</i>	71
Tabela 21 - Dados ABNT 8995-1	73
Tabela 22 - Resultado esperado AEE luminotécnica.....	78
Tabela 23 - Custo total de equipamentos AEE luminotécnica	80
Tabela 24 - Custo de serviços AEE luminotécnica.....	81
Tabela 25 - RCB AEE luminotécnica.....	81

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AEE	Ação de Eficiência Energética
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BEN	Balanço Energético Nacional
CED	Custo Evitado de Demanda
CEE	Custo Evitado de Energia
CDL	Curva de Distribuição Luminosa
CELESC	Centrais Elétricas de Santa Catarina S.A
DDE	Departamento de Desenvolvimento Energético
DEE	Departamento Engenharia Elétrica
DGSE	Departamento de Gestão do Setor Elétrico
DMSE	Departamento de Monitoramento do Sistema Elétrico
DOC	Departamento de Outorgas de Concessões, Permissões e Autorizações
DPE	Departamento de Planejamento Energético
DPUE	Departamento de Políticas Sociais e Universalização do Acesso à Energia
EE	Energia Economizada
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
FCP	Fator de Coincidência na Ponta
FP	Fator de Potência
FRC _u	Fator de Recuperação de Capital
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
IPPUJ	Fundação Instituto de Pesquisa e Planejamento para o Desenvolvimento Sustentável de Joinville
IRC	Índice de Reprodução de Cores
LED	Diodo Emissor de Luz
MME	Ministério de Minas e Energia
M&V	Medição e Verificação
PBE	Programa Brasileiro de Etiquetagem
PDE	Plano Decenal de Energia
PEE	Programa de Eficiência Energética

PIMVP	Protocolo Internacional de Medição e Verificação de <i>Performance</i>
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia
ProEE	Projetos de Eficiência Energética
PNEF	Plano Nacional de Eficiência Energética
PROPEE	Procedimentos do Programa de Eficiência Energética
RCB	Relação Custo Benefício
RDP	Redução Demanda na Ponta
ROL	Receita Operacional Líquida
SEE	Secretaria de Energia Elétrica
SPE	Secretaria Planejamento e Desenvolvimento Energético
TDH	Distorção Harmônica Total
UDESC	Universidade do Estado de Santa Catarina
UGR	Índice de Ofuscamento Unificado

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	PROBLEMA DA PESQUISA	13
1.2	QUESTÃO DE PESQUISA.....	14
1.3	OBJETIVOS.....	14
1.3.1	Geral.....	14
1.3.2	Específicos.....	14
1.4	Pressupostos	14
1.5	JUSTIFICATIVA DO TEMA.....	15
1.6	ESTRUTURA DO TRABALHO	15
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
2.1	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.....	16
2.1.1	PROPEE	17
2.1.1.1	Módulo 4 - Tipologia dos Projetos.....	20
2.1.1.2	Módulo 7 - Cálculo de Viabilidade	23
2.1.1.3	Módulo 8 - Medição e Verificação dos Resultados	29
2.1.2	PROCEL.....	35
2.2	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM PROJETOS LUMINOTÉCNICOS.....	36
2.2.1	Conceitos de iluminação	37
2.2.1.1	Espectros visuais e eletromagnéticos	38
2.2.1.2	Índice de Reprodução de cores (IRC ou Ra)	38
2.2.1.3	Temperatura de cor.....	38
2.2.1.4	Intensidade Luminosa.....	39
2.2.1.5	Diagrama Intensidade Luminosa.....	39
2.2.1.6	Fluxo Luminoso	39

2.2.1.7	Iluminância.....	39
2.2.1.8	Eficiência Luminosa.....	40
2.2.1.9	Iluminação natural.....	40
2.2.1.10	Iluminação artificial	42
2.2.1.11	Equipamentos Auxiliares	50
2.2.1.12	Sistemas de iluminação	52
2.2.1.13	Fluxo luminoso.....	54
2.2.2	Projeto luminotécnico.....	55
3	PROJETO DE EFICIÊNCIA NO BLOCO DO DEE	60
3.1	PROJETO DE <i>RETROFIT</i>	61
3.2	PROJETO EFICIÊNCIA LUMINOTÉCNICA	71
4	CONCLUSÃO.....	82
4.1	TRABALHOS FUTUROS.....	82
5	REFERÊNCIAS.....	84
	APÊNDICE A – RESULTADOS ESPERADOS AEE RETOFIT	86
	APÊNDICE B – DADOS DE ILUMINAÇÃO COLETADOS DEE UDESC	106
	APÊNCIDE C - RESULTADOS SIMULAÇÃO DO PROJETO LUMINOTÉCNICO	108
	APÊNDICE D – RESULTADOS ESPERADOS AEE LUMINOTÉCNICA.....	110
	ANEXO A – TABELA CONSTANTES DE PERDAS.....	120

1 INTRODUÇÃO

A energia elétrica é a forma de energia mais consumida pela sociedade desde os setores industriais, comerciais até os residenciais, a sua disponibilidade é um tópico corriqueiro em discussões de planejamentos para o crescimento de qualquer economia. O crescimento sustentável visa aumentar a produção e reduzir ao máximo os desperdícios e perdas de energia, esse é um dos conceitos básicos de eficiência energética. É comum pensar que para aumentar a disponibilidade de energia é necessário construir mais usinas de geração e mais pontos de transmissão. Essa é uma linha de pensamento razoável, mas para esse tipo de projeto são necessários grandes investimentos e um longo tempo para conclusão.

Os governos dos países estão se preocupando cada vez mais com a utilização de energia. Por isso, a área de eficiência energética está ganhando muita atenção para investimentos. No caso do Brasil há um ministério e vários órgãos responsáveis pelo estudo da produção, planejamento e do gasto de energia. A ANEEL busca melhorar os projetos de eficiência energética pela padronização das formas de calcular a economia e da avaliação dos resultados, por esse objetivo foi desenvolvido o Procedimentos do Programa de Eficiência Energética (PROPEE).

O PROPEE foi feito para as concessionárias de energia como modelo para o desenvolvimento de projetos no âmbito de eficiência energética, ele prevê projetos nas tipologias dos equipamentos de maior consumo de energia no Brasil como: lâmpadas, motores, condicionadores de ar, sistemas de refrigeração entre outros. E para avaliação desses projetos o Protocolo de Medição e Verificação de *Performance* (PIMVP) foi utilizado como base, para garantir que as técnicas de M&V desde a etapa de diagnóstico energético até a avaliação da economia sejam aplicadas. Assim, até um módulo específico do PROPEE e um Guia de M&V são disponibilizados pela ANEEL.

Os principais equipamentos consumidores de energia em um campus de universidade são condicionadores de ar e os sistemas de iluminação, por esse motivo eles possuem os maiores potenciais de economia de energia.

1.1 PROBLEMA DA PESQUISA

Estudo de caso na área de eficiência energética com foco em luminotécnica no bloco de engenharia elétrica do campus da UDESC.

1.2 QUESTÃO DE PESQUISA

As questões de pesquisa que norteiam este estudo são as seguintes:

- a) Como fazer um projeto de eficiência energética nos moldes do PROPEE?
- b) Como aplicar as técnicas de M&V num projeto luminotécnico?
- c) A Relação Custo Benefício (RCB) do projeto é satisfatória?

1.3 OBJETIVOS

A seguir enunciam-se os objetivos geral e específico de pesquisa.

1.3.1 Geral

O presente trabalho tem como objetivo realizar o projeto de eficiência energética na área luminotécnica no bloco de engenharia elétrica campus da UDESC e analisar sua viabilidade através dos métodos de M&V da ANEEL. Será também aplicado a norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) 8995-1 de iluminação de ambientes para regularização dos níveis de iluminação.

1.3.2 Específicos

- a) Estudo PROPEE e seus módulos;
- b) Estudo de técnicas de M&V do guia da ANEEL;
- c) Estudo de eficiência em projetos luminotécnicos.
- d) Aplicar metodologias de M&V para o cálculo de economia.
- e) Analisar a viabilidade do projeto com base na Relação Custo Benefício (RCB);

1.4 PRESSUPOSTOS

Com base na revisão da literatura e resultados de pesquisa na área de eficiência energética, um dos pressupostos é que um projeto de eficiência energética com somente a tipologia de iluminação é viável para retorno de investimentos.

1.5 JUSTIFICATIVA DO TEMA

O aumento da tarifa de energia elétrica tem real contribuição no aumento do custo de vida e a produção do país, indústrias estão se esforçando para reduzir esses gastos para continuarem competitivas no mercado internacional, assim a redução do consumo de energia se tornou uma opção para investimentos. Projetos em eficiência energética estão ganhando bastante importância na política energética nacional e a ANEEL espera que as concessionárias invistam em projetos com melhor retorno para sociedade. A forma de garantir a confiabilidade dos projetos em eficiência é normalizar a forma como os projetos devem ser feitos e avaliados, assim a ANEEL passou a exigir que toda parte de M&V dos projetos deve seguir um guia com base no PIMVP.

O conceito de investimento para maioria dos brasileiros é que deve ser feito para aumentar a produção e resultar em lucro imediato, mas na área de eficiência, os ganhos são maiores e o tempo de retorno é maior, porque investir na eficiência de energia é manter a mesma produção e gastar menos, assim investimentos imediatos que deveriam ser feitos para suprir o aumento de carga serão feitos num tempo muito maior. Além disso o próprio sistema energético nacional é beneficiado com a efficientização das instalações, porque investimentos na ampliação do sistema são muito maiores que investimentos em eficiência.

Com isso, a importância da sobre a realização desse projeto em eficiência energética é fundamental para mostrar como investimentos nessa área são vantajosos, além de ajudar a universidade com a redução dos gastos em energia elétrica.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

A estrutura do texto é a seguinte:

No segundo capítulo é a revisão bibliográfica onde foram estudados os conceitos de eficiência energética, estudo do PROPEE e seus módulos, estudo de eficiência em projetos luminotécnicos e estudo de projetos luminotécnicos.

No terceiro capítulo são apresentados dois tipos de projetos que podem ser realizados sendo um pela troca direta por lâmpadas mais eficientes e o segundo projeto de troca de lâmpadas e adequação aos níveis de iluminação.

Por fim, são mostradas as conclusões e resultados dos projetos e sugestões para futuros projetos nessa área.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

É a parte do trabalho que contém toda pesquisa realizada para o desenvolvimento do PEE com foco em técnicas de M&V para sistemas de iluminação.

2.1 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

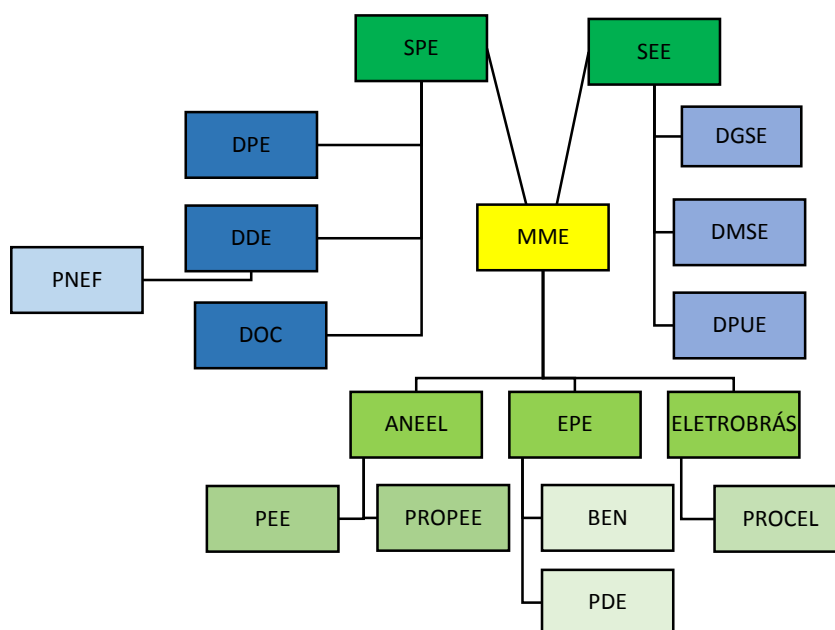
A evolução da tecnologia mostra como o ser humano se adapta aos constantes problemas que afetam seu bem estar. Desde o início dos tempos o ser busca formas de utilizar os diferentes tipos energia para seu conforto. Mas, agora, o conhecimento do meio ambiente mostra que os métodos para geração de energia mais usuais não são inesgotáveis e, ainda, prejudicam o meio ambiente. Assim, uma forma de diminuir o degrado do meio ambiente e manter as fontes energéticas por mais tempo é com o uso eficiente da energia.

A demanda energética nos países está em um constante crescimento, e a matriz energética não vem acompanhando esse ritmo, assim a melhoria dos sistemas instalados se tornou uma opção válida para economia de energia.

No âmbito nacional o país vem em um crescimento e evolução tecnológica, o governo busca formas de melhorar a matriz energética tanto no âmbito de geração e transmissão quanto no consumo de energia. Projetos para construção e implementação de novas plantas geradoras necessitam de muito tempo e investimento, por isso, atualmente, o Ministério de Minas e Energia (MME), por meio da ANEEL, vem focando seus estudos para reduzir as perdas de energia no atendimento da demanda dos consumidores. A Figura 1 mostra a estrutura do MME para planejamento e fiscalização do uso de energia elétrica.

A criação do Programa Nacional de Conservação de Energia (PROCEL) em 1985 foi uma iniciativa do MME para aumentar a eficiência energética dos consumidores e promover o desenvolvimento de hábitos e conhecimentos sobre o consumo eficiente da energia. Provou ser muito correta essa decisão, pois, hoje o PROCEL já proporcionou uma economia total de 70,1 bilhões kWh desde 1986 até 2013. [1]

Figura 1 - Estrutura organizacional do MME para energia elétrica



Fonte: Produção do próprio autor

Projetos de eficiência energética são cada vez mais necessários para uma evolução sustentável do país. Ao aumentar a eficiência de todas as unidades consumidoras as linhas de transmissão e distribuição, as perdas com movimentação de energia e a demanda necessária para geração serão reduzidas. Assim, ao invés de grandes obras com grande investimento e tempo para serem concluídas serão necessárias pequenas trocas ou alterações nas unidades consumidoras. A partir dessa necessidade a ANEEL vem buscando melhorar a credibilidade dos ProEes no âmbito do Programa de Eficiência Energética.

Porém, já foram muitos ProEes no Brasil, mas não havia credibilidade nos resultados obtidos, muito pela falta de padronização e norma reguladora. Assim, a ANEEL aprovou em julho de 2013 a Resolução Normativa nº 556 que define diretrizes para futuros projetos, chamado de procedimentos do programa de eficiência energética (PROPEE).

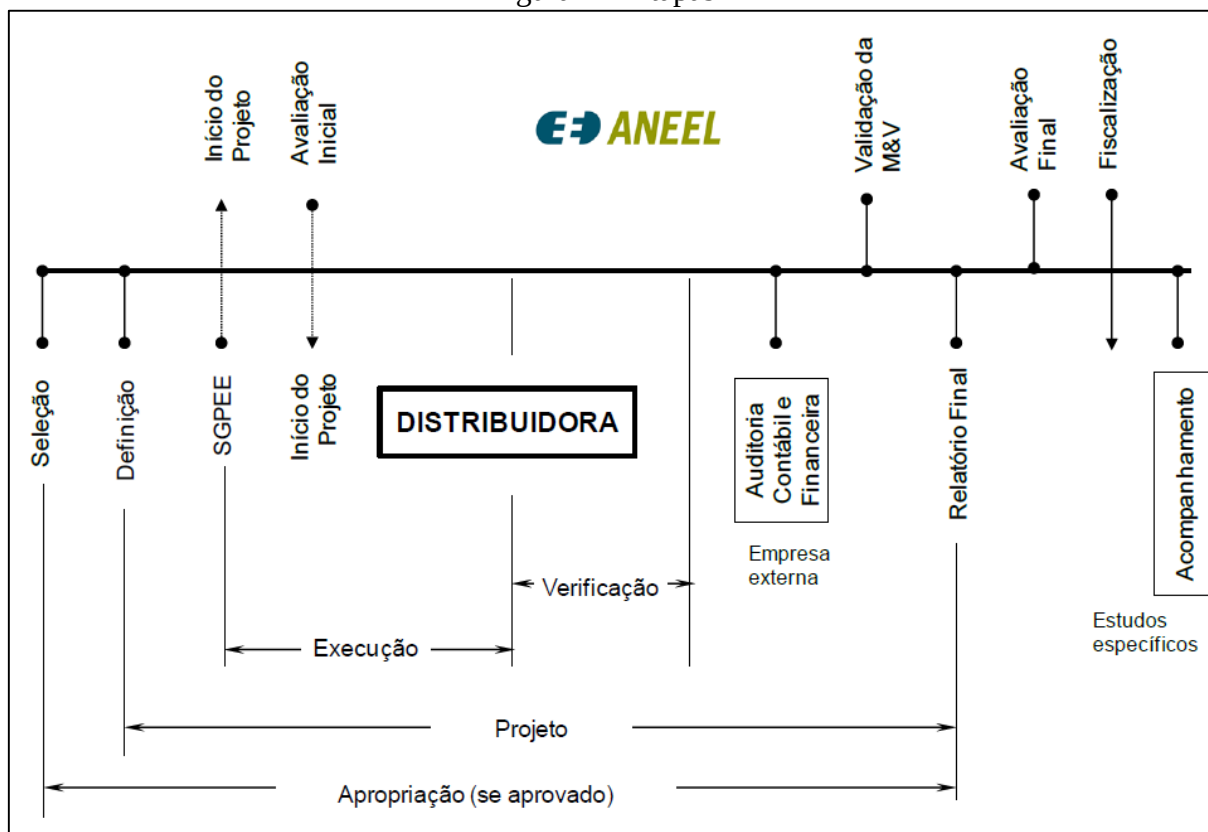
2.1.1 PROPEE

A ANEEL desenvolveu o PROPEE com visão de definir os critérios de fiscalização e avaliação e os tipos de projetos contemplados pelo PEE. Conforme determina a legislação específica, empresas concessionárias ou permissionárias de distribuição de energia elétrica, denominadas distribuidoras, devem aplicar um percentual mínimo da receita operacional

líquida (ROL). Essa legislação confirma o desejo dos gestores quanto a importância da eficiência energética para crescimento sustentável do país.

O PROPEE é um guia determinativo de procedimentos dirigido às distribuidoras, para elaboração e execução de projetos de eficiência energética regulados pela ANEEL. A Figura 2 mostra todas as etapas que compõem um PEE.

Figura 2 - Etapas PEE



Fonte: [2]

O objetivo do Programa de eficiência energética (PEE) é promover o uso eficiente e racional de energia elétrica em todos os setores da economia. Isso se dará por meio de projetos que demonstrem a importância e a viabilidade econômica de ações de combate ao desperdício e de melhoria da eficiência energética de equipamentos, processos e usos finais de energia.

Uma breve explicação das etapas do projeto será discutida a seguir:

- **Seleção:** consiste nas atividades de prospecção, pré-diagnóstico e seleção de projetos por meio de uma chamada pública.
- **Definição:** definição das ações de eficiência energética a implantar com respectiva análise técnico-econômica e bases para as atividades de M&V.

- **SGPEE:** Sistema de Gestão do PEE, sistema da ANEEL onde são cadastrados todos projetos do PEE.
- **Avaliação Inicial:** Aos projetos que necessitarem dessa avaliação, segundo módulo 9 do PROPEE, deverão ser submetidos a ANEEL.
- **Execução:** elaboração do plano de Medição e Verificação (M&V).
- **Verificação:** ações iniciais para desenvolvimento do relatório de M&V.
- **Validação M&V:** validação feita pela ANEEL.
- **Auditoria Contábil e Financeira:** elaboração do relatório de Auditoria
- **Relatório Final:** composto pelos relatórios de M&V e Auditoria e cadastro no SGPEE, com objetivo de apresentar resultados obtidos
- **Avaliação Final:** realizada segundo módulo 9 de avaliação de projetos e é obrigatória para todos projetos no âmbito de PEE
- **Fiscalização:** realizado pela ANEEL.
- **Acompanhamento:** avaliar a permanência das ações de eficiência realizadas.

O objetivo geral dos procedimentos é determinar regras e documentos para que os recursos do PEE possam ser aplicados. O PROPEE é dividido em 10 módulos sendo eles:

1. **Introdução:** Apresentar o PROPEE.
2. **Gestão do Programa:** Define aspectos gerais a distribuidora com relação a participação no PEE.
3. **Seleção e Implementação de Projetos:** Seleção dos projetos e como os implantá-los
4. **Tipologia dos Projetos:** Estabelece os tipos de projetos, suas diretrizes e suas características.
5. **Projetos Especiais:** Projetos com características atípicas, e define suas diretrizes e seus níveis de importância.
6. **Projetos com Fontes Incentivadas:** Projetos para microgeração de energia renovável, como análise na viabilidade e M&V dos resultados.
7. **Cálculo da Viabilidade:** Estabelece regras e formas de cálculo para verificar a viabilidade perante o PEE e ainda analisar outros fatores não mensuráveis de benefício com o projeto.
8. **Medição e Verificação dos Resultados:** Estabelece os procedimentos para uma avaliação confiável dos benefícios energéticos.

9. **Avaliação dos Projetos e Programa:** Define os critérios de avaliação tanto final quanto inicial dos projetos do PEE.

10. **Controle e Fiscalização:** Estabelece diretrizes para fiscalização dos projetos, que é feita pela ANEEL.

2.1.1.1 Módulo 4 - Tipologia dos Projetos

O módulo 4 de Tipologia de projetos tem como objetivo definir todos os documentos a serem entregues à ANEEL, para fase de definição de projetos ser concluída. Nesse módulo são previstas as tipologias mais usuais, abrangendo todos setores da economia, classes de consumo e usos finais.

As tipologias de projetos estimadas são: industrial, comércio e serviços, poder público, serviços públicos, rural, residencial, baixa renda, gestão energética municipal, educacional e iluminação pública.

Os equipamentos instalados adquiridos com recurso do PEE devem ser energeticamente eficientes. “Considera-se equipamento eficiente aquele detentor do Selo PROCEL de Economia de Energia, ou simplesmente Selo PROCEL (ELETROBRAS/PROCEL, em parceria com o INMETRO), dentro de cada categoria definida naquele programa. ” [2]

As Ações de Eficiência Energéticas (AEEs) desse módulo são de acordo com o tipo de projeto. Elas estabelecem diretrizes gerais a serem obedecidas em todas partes do projeto, sendo aplicadas em instalações de uso final da energia. São elas: Iluminação, Condicionamento Ambiental, Sistemas Motrizes, Sistemas de Refrigeração, Aquecimento Solar de Água, Gestão Energética, Gestão Energética Municipal, Bônus para eletrodomésticos eficientes.

Projetos na área de iluminação tem como objetivo a eficiência energética através de:

- Substituição de equipamentos: lâmpadas, reatores e luminárias.
- Instalação de dispositivos de controle: interruptores, sensores de presença, dimmers, etc.
- Maior aproveitamento da luz natural.

Os dados necessários para serem enviados a ANEEL, são de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1 - Dados Sistema de Iluminação

Sistema Atual		
	Sistema 1	Total
Tipo de lâmpada		
Potência (lâmpada + reator) (W)	pa1	
Quantidade	qai	
Potência Instalada (kW)	$Pa_1 = \frac{pa_1 \times qai}{1000}$	
Funcionamento (h/ano)	ha1	
FCP (fator de coincidência na ponta)	$FCPa_1 = \frac{Da_1}{Pa_1}$	
Energia Consumida (MWh/ano)	$Ea_1 = \frac{Pa_1 \times ha_1}{1000}$	$Ea = \sum_i Ea_i$
Demanda média na ponta (kW)	Da1	$Da = \sum_i Da_i$
Sistema Proposto		
	Sistema 1	Total
Tipo de lâmpada		
Potência (lâmpada + reator) (W)	pp1	
Quantidade	qp1	
Potência Instalada (kW)	$Pp_1 = \frac{pp_1 \times qp_1}{1000}$	
Funcionamento (h/ano)	hp1	
FCP (fator de coincidência na ponta)	$FCPp_1 = \frac{Dp_1}{Pp_1}$	
Energia Consumida (MWh/ano)	$Ep_1 = \frac{Pp_1 \times hp_1}{1000}$	$Ep = \sum_i Ep_i$
Demanda média na ponta (kW)	Dp1	$Dp = \sum_i Dp_i$
Resultados Esperados		
	Sistema 1	Total
Redução de Demanda na Ponta (kW)	$RDP_1 = Da_1 - Dp_1$	$RDP = \sum_i RDP_i$
Redução de Demanda na Ponta (%)	$RDP_1\% = \frac{RDP_1}{Da_1}$	$RDP\% = \frac{RDP}{Da}$
Energia Economizada (MWh/ano)	$EE_1 = Ea_1 - Ep_1$	$EE = \sum_i RDP_i$
Energia Economizada (%)	$EE_1\% = \frac{EE_1}{Ea_1}$	$EE\% = \frac{EE}{Ea}$

Fonte: [2]

Com algumas observações:

- Agrupar as lâmpadas em Sistemas que tenham o mesmo regime de funcionamento e sejam trocadas por um determinado tipo de lâmpada - usar sistemas diferentes para troca diferentes.
- Tipo de lâmpada (incandescente, fluorescente, etc.) e potência nominal
- Incluir a potência média consumida pelos reatores por cada lâmpada; especificar se são reatores eletromagnéticos ou eletrônicos
- Quantidade de lâmpadas em cada Sistema considerado
- Potência total instalada
- Funcionamento médio anual (h/ano)
- Fator de coincidência na ponta
- Energia Consumida (MWh/ano)
- Demanda média na ponta (kW)
- O funcionamento só será diferente se forem instalados dispositivos de controle adicionais. Troca-se o subscrito at (atual) por pr (proposto).
- Redução de demanda na ponta (RDP)
- RDP em termos percentuais
- Energia economizada (EE)
- EE em termos percentuais

Outra sessão desse Módulo 4 tem o título “Outras Ações Integrantes do Projeto”. Essa parte é sobre ações que devem integrar a todos projetos de PEE, são elas Treinamento e Capacitação e Descarte de Equipamentos. Ações essas que demonstram a preocupação que projetos no âmbito de eficiência energética devem ter com a sociedade e o meio ambiente. O objetivo da parte de capacitação é que os conceitos de eficiência energética se perpetuem na região onde forem implantados e promovam uma consciência na sociedade, em termos de eficiência energética. Já o objetivo da parte de descarte de equipamentos é com intuito de nortear ações que devem ser feitas com os equipamentos retirados, podendo ser com a reciclagem dos materiais ou, se estiverem em bom estado, reaproveitá-los em novos empreendimentos.

2.1.1.2 Módulo 7 - Cálculo de Viabilidade

O módulo 7 do Cálculo de Viabilidade tem o objetivo de estabelecer a regra que orienta o cálculo da viabilidade econômica dos projetos do PEE, e deve ser aplicado a todos os projetos.

A Relação custo benefício (RCB) é o principal critério para avaliação de um projeto, visando valorizar a energia economizada e a redução da energia de ponta. A energia economizada é medida em MWh e a redução da demanda em horário de ponta é medida em kW.

Dois tipos de avaliação devem ser feitos durante a realização do projeto:

Avaliação *ex ante*: de valores estimados na fase de definição do projeto, avaliação de custo e benefício.

Avaliação *ex post*: com valores mensurados, considerando economia de energia e redução de demanda na ponta.

O RCB pode ser calculado considerando o ponto de vista do sistema elétrico, valorizando a economia de energia e a redução da demanda pelo custo marginal de ampliação do sistema e, do ponto de vista do consumidor, valorizando as grandezas pelos preços pago pelo consumidor. A avaliação do projeto será com a ótica do sistema elétrico, assim, o RCB do projeto deve ser menor ou igual a 0,8. Esse índice considera que o investimento no projeto proposto é vantajoso se comparado com o mesmo investimento na expansão do sistema elétrico. Contudo muitos projetos apresentam outros benefícios mensuráveis, além da energia economizada e da demanda evitada, incluindo: economia de outros insumos, ganhos de produtividade, melhoria da qualidade do produto, impactos socioambientais positivos, dentre outros. Assim, existem projetos que não necessariamente precisam atender ao limite proposto, e os benefícios devem ser avaliados por técnicas semelhantes às empregadas para M&V. Para esses projetos o limite do RCB é 1,0.

Os métodos de cálculo de Custo Evitado de Demanda (CED) e Custo Evitado de Energia (CEE) são necessários para a compreensão do cálculo de RCB.

O cálculo se baseia no impacto para o sistema da carga evitada, supondo-se um perfil de carga típico e caracterizado pelo fator de carga (F_c). As perdas evitadas no sistema são calculadas a partir da redução de 1 kW na ponta, seu reflexo na demanda fora de ponta (LP) através do fator de carga, e pelos fatores de perda (F_p , que levam ao cálculo de LE1, LE2, LE3 e LE4, juntamente com a permanência de cada posto horário no ano – 450, 315, 4.686 e 3.309 h/ano respectivamente), que medem o reflexo desta redução no horário fora de ponta e na energia consumida nos 4 postos tarifários (seco e úmido, ponta e fora de ponta). [2]

O fator de perda pode ser calculado pela equação (1).

$$F_p = k * F_c + (1 - k) * F_c^2 \quad (1)$$

Onde:

- F_p -Fator de perda
- F_c -Fator de carga
- k -constante
- Obs: O valor de k varia de 0,15 a 0,30. Recomenda-se adotar $k=0,15$ ou justificar o valor adotado em projeto.

No anexo A são apresentados os coeficientes para $k=0,15$.

O Custo Unitário Evitado de Energia calculado pela equação (2), depende do cálculo de LE_p e LE_{fp} , dados pelas equações (3) e (4) respectivamente:

$$CEE = \frac{(C_p * LE_p) + (C_{fp} * LE_{fp})}{LE_p + LE_{fp}} \quad (2)$$

$$LE_p = \frac{(7 * LE_1) + (5 * LE_2)}{12} \quad (3)$$

$$LE_{fp} = \frac{(7 * LE_3) + (5 * LE_4)}{12} \quad (4)$$

Sendo:

- CEE- Custo Unitário Evitado de Energia (R\$/MWh)
- C_p - Custo unitário da energia no horário de ponta na bandeira verde (R\$/MWh)
- C_{fp} - Custo unitário da energia no horário fora de ponta na bandeira verde R\$/MWh
- LE_p - Constante de perda de energia no posto de ponta considerando 1 kWde perda de demanda no horário de ponta (und)
- LE_{fp} - Constante de perda de energia no posto de fora de ponta considerando 1 kW de perda de demanda no horário fora de ponta (und)
- LE_1 - Constante de perda de energia no posto de ponta de períodos secos considerando 1 kW de perda de demanda no horário de ponta (und)

- LE_2 - Constante de perda de energia no posto de ponta de períodos úmidos considerando 1 kW de perda de demanda no horário de ponta (und)
- LE_3 - Constante de perda de energia no posto fora de ponta de períodos secos considerando 1 kW de perda de demanda no horário fora de ponta (und)
- LE_4 - Constante de perda de energia no posto fora de ponta de períodos úmidos considerando 1 kW de perda de demanda no horário fora de ponta (und)

O Custo Unitário Evitado de Demanda é calculado pela equação (5):

$$CED = (12 * C_1) + (12 * C_2 * LP) \quad (5)$$

Sendo:

- CED- Custo Unitário Evitado de Demanda (R\$/kWano)
- C_1 - Custo unitário do uso do Sistema de Distribuição no horário de ponta R\$/MWh
- C_2 - Custo unitário do uso do Sistema de Distribuição no horário fora de ponta R\$/MWh
- L_p - Constante de perda de demanda no posto fora de ponta, considerando 1kW de perda de demanda no horário de ponta (und)

A energia e demanda evitadas correspondem a uma redução de perdas no sistema e o benefício “ao evitar uma unidade de perdas é numericamente igual ao custo de fornecer uma unidade adicional de carga”. [2]

À partir dos cálculos de CEE e CED será possível calcular o RCB do projeto. A equação (6) é chamada de equação básica para o RCB:

$$RCB = \frac{CA_T}{BA_T} \quad (6)$$

Sendo:

- RCB-Relação Custo Benefício (und)
- CA_T - Custo Anualizado Total
- BA_T - Benefício Anualizado Total

O CA_T pode ser calculado pela equação (7)

$$CA_T = \sum_n CA_n \quad (7)$$

Sendo:

- CA_T - Custo anualizado total (R\$/ano)
- CA_n - Custo anualizado de cada equipamento incluindo custos relacionados (mão de obra, etc.) (R\$/ano)

O Custo Total em Equipamentos (CE_T) pode ser calculado pela equação (8)

$$CE_T = \sum_n CE_n \quad (8)$$

Sendo:

- CE_T - Custo total em equipamentos (R\$)
- CE_n - Custo de cada equipamento (R\$)

Outro fator muito importante para a análise do RCB é o Fator de Recuperação de Capital (FRC_u). Porque, para maioria dos investidores o tempo de retorno é vital para o planejamento de expansão na produção e futuros investimentos.

$$FRC_u = \frac{i * (1 + i)^u}{(1 + i)^u - 1} \quad (9)$$

Sendo:

- FRC_u - Fator de recuperação do capital para u anos (1/ano)
- i - taxa de desconto considerada (1/ano)
- u - Vida útil do equipamento (ano)

O valor da taxa de desconto (i) é a mesma especificada no Plano Nacional de Energia (PNE), 8% para o ano de 2015, e a Vida útil (u) é a vida útil do equipamento dada em horas,

que deverá ser definida pelo fabricante, e dividida pelo número de horas que esse equipamento é utilizado durante o ano.

Com os valores de CA_T , CE_T e FRC_u é possível calcular o Custo anualizado dos equipamentos (CA_n), conforme a equação (10).

$$CA_n = CE_n * \frac{CT}{CE_T} * FRC_u \quad (10)$$

Sendo:

- CA_n - Custo anualizado de cada equipamento incluindo custos relacionados (mão de obra, etc.) (R\$/ano)
- CE_n - Custo de cada equipamento (R\$)
- CT - Custo total do projeto (R\$)
- CE_T - Custo total em equipamentos (R\$)
- FRC_u - Fator de recuperação do capital para u anos (1/ano)
- u - Vida útil do equipamento (ano)

Após cálculos de custos do projeto serem avaliados, serão avaliados os benefícios anualizados (BA_T), conforme a equação (11).

$$BA_T = (EE * CEE) + (RDP * CED) \quad (11)$$

Sendo:

- BA_T - Benefício anualizado (R\$/ano)
- EE - Energia anual economizada (MWh/ano)
- CEE - Custo unitário da energia (R\$/MWh)
- RDP - Demanda evitada na ponta (kW ano)
- CED - Custo unitário evitado da demanda (R\$/kW ano)

Os cálculos dos custos de equipamentos e totais deverão ser apresentados conforme as Tabelas 2 e 3.

Tabela 2 - Custo total de equipamentos

Item	Equip	Custo	Qtd	Custo Total	Vida útil	FRC _u	Custo anualizados
1				CE ₁	u ₁	FRC ₁	CA ₁
2				CE ₂	u ₂	FRC ₂	CA ₂
3				CE ₃	u ₃	FRC ₃	CA ₃
Total equipamentos				$CE_T = \sum CE_n$			$CA_T = \sum CA_n$

Fonte [2]

Tabela 3 - Serviços e demais custos indiretos

Item	Descrição	Custo	Qtd	Custo Total
1				CS ₁
2				CS ₂
3				CS ₃
Total serviços e demais indiretos				$CS = \sum CS_n$
Custo Total Projeto				$CT = CE_T + CS$

Fonte [2]

A Tabela 4 mostra de forma simplificada todos os valores relevantes para o cálculo final do RCB.

Tabela 4 - Benefícios

1	Energia economizada	EE	$\frac{MWh}{ano}$	Custo unitário energia	CEE	Benefício Energia	$BA_E = EE * CEE$
2	Demanda reduzida na ponta	RDP	kW.ano	Custo unitário demanda	CDE	Benefício Demanda	$BA_D = RDP * CDE$
Benefício Total							$BA_T = BA_E + BA_D$
RCB							$\frac{CA_T}{BA_T}$

Fonte [2]

2.1.1.3 Módulo 8 - Medição e Verificação dos Resultados

O oitavo módulo do PROPEE estabelece os procedimentos para avaliação dos resultados e benefícios energéticos proporcionados pelos projetos. Como citado nos módulos anteriores, a parte de M&V é de suma importância para um projeto no âmbito de PEE, porque a eficiência energética não pode ser mensurada diretamente e seus resultados possuem uma incerteza considerável. Assim, esse módulo visa estabelecer requisitos mínimos a serem observados e, também orientar as atividades de M&V nas avaliações dos projetos.

A ANEEL, com intuito de aprimorar os conceitos e padronizar as atividades para M&V, utilizou o Protocolo Internacional de Medição e Verificação de *Performance* (PIMVP) como base.

O PIMVP não determina que medições devem ser feitas, que variáveis considerar, que modelo determinar, dada a diversidade de situações que se apresentam na prática. Determina apenas alguns requisitos básicos a observar, os cuidados que se devem ter, critérios para selecionar as variáveis e opções disponíveis para avaliar a eficiência energética. [2]

O protocolo apresenta 4 opções para determinação da eficiência energética, todas podem ser utilizadas em projetos do PEE, mas com os devidos cuidados.

- **Opção A:** Onde os parâmetros chave são medidos, esses valores devem ter uma faixa de variação com devida justificção, e que impacto essa variação provoca no resultado de eficiência energética obtida.
- **Opção B:** Todos os parâmetros de energia e variáveis independentes devem ser obtidos, com propósito de eliminar estimativas.
- **Opção C:** Com intuito da determinação da economia inicial, a medição é geralmente feita diretamente pelo medidor da distribuidora, mas para eliminar fatores estáticos é necessário um grande período de medição ou medições parciais com equipamento de memória de massa no medidor.
- **Opção D:** deve ser usada para avaliar a implantação de ações de eficiência energética em novas instalações. Neste caso, um modelo do uso padrão de energia (que teria sido implantado na ausência da ação de eficiência) deve ser elaborado para avaliar a eficiência energética adicionada.

Para os projetos sugeridos foi utilizado a opção A, porque os parâmetros chave de consumo do sistema de iluminação são de fácil medição.

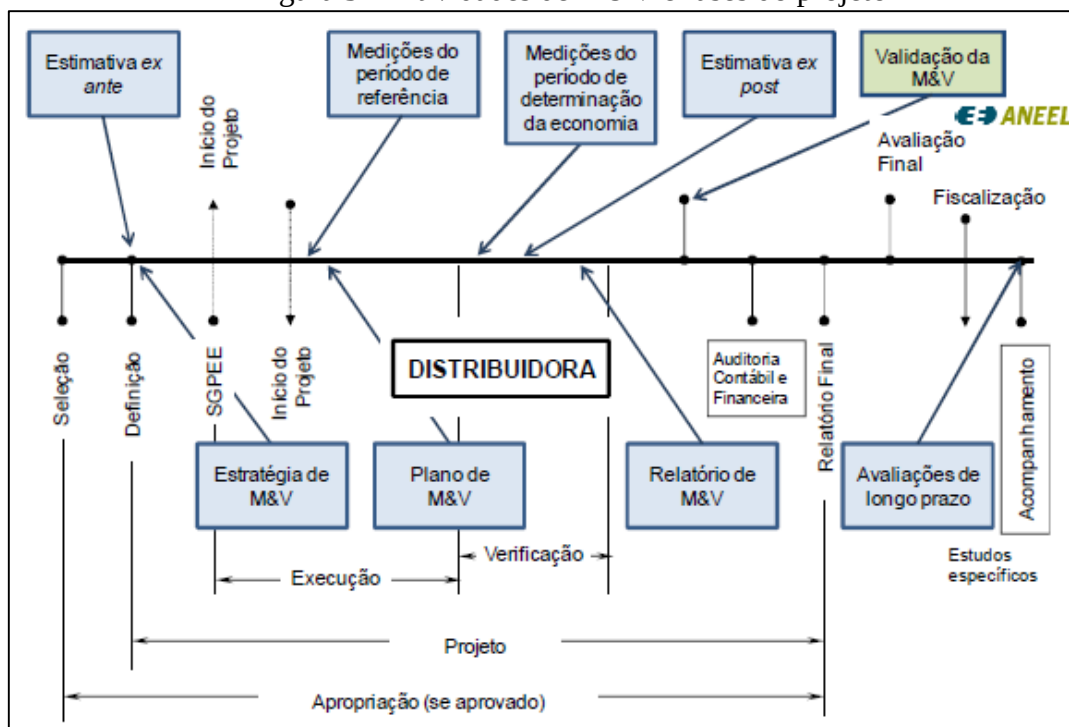
Outro grande cuidado que deve ser tomado na elaboração dos projetos e no cálculo da economia de energia é o ajuste da linha base durante as medições. O ajuste da linha de base deve ser feito por cálculos de engenharia e/ou medições para modificá-la de modo a incluir as novas condições da instalação ou de seu funcionamento (por exemplo, mais luminárias foram instaladas ou a carga térmica de um sistema de condicionamento ambiental aumentou).

O PIMVP admite duas formas para medição de economia de energia:

- Energia evitada: quando se consideram as condições do período de determinação da economia
- Energia normalizada: quando as condições são fixadas, recomendada pelo PEE.

As fases dos projetos do PEE foram descritas quando PROPEE foi apresentado, as atividades de M&V estão presentes desde a fase de definição do projeto como mostrado na Figura 3.

Figura 3 - Atividades de M&V e fases do projeto



Fonte [2]

As atividades de M&V são:

- **Avaliação ex ante:** Onde são feitas as estimativas de resultados com as ações de eficiência sugeridas por uso final, definidas pelo módulo 4 de tipologias de projeto e com cuidado com a situação da linha de base.

- **Estratégia de M&V:** Pode ser chamada de diagnóstico energético, nela são definidas as bases para as atividades de M&V como: variáveis independentes, fronteira de medição, a escolha da opção no PIMVP, modelo de consumo da linha de base e cálculo das economias.
- **Medições do período de linha de base:** As medições do período da linha de base englobam medições do consumo e demanda e das variáveis independentes relativas ao mesmo período. Técnicas de amostragem são muito utilizadas para simplificar a quantidade de medições que devem ser feitas.
- **Plano M&V:** Após as medições do período da linha de base e o estabelecimento completo do modelo do consumo (e demanda) da linha de base, deve-se elaborar o Plano de M&V, contendo todos os procedimentos e considerações para o cálculo das economias
- **Medições do período de determinação da economia:** Englobam, assim como no período da linha de base, medições do consumo e demanda e das variáveis independentes relativas ao mesmo período
- **Estimativa *ex post*:** As economias serão calculadas conforme o Plano de M&V e valoradas conforme definido e pode-se calcular a RCB do projeto.
- **Relatório de M&V:** Os itens que devem constar no relatório.
 1. Dados observados durante o período de determinação da economia
 2. Descrição e justificação de quaisquer correções feitas aos dados observados.
 3. Valores estimados acordados.
 4. Valores da energia e demanda utilizados (ponto de vista do sistema elétrico e do consumidor).
 5. Desvio eventual das condições apresentadas no Plano de M&V.
 6. Economia calculada em unidades de energia e monetárias (ponto de vista do sistema elétrico e do consumidor).
 7. Desvio observado em relação à avaliação *ex ante*.
- 8. **Validação da M&V:** A ANEEL deverá enviar um agente credenciado para fazer a validação conforme PIMVP.
- 9. **Avaliações ao longo prazo:** serão feitas a partir de estudos definidos pela ANEEL.

Algumas definições para as expressões utilizadas no Módulo 8 e no Guia de M&V.

- **Linha de base:** definida como o período em que são feitas medições na instalação para determinação do consumo.
- **Fronteira de Medição:** local onde serão instalados os analisadores de energia para medição da linha de base e do período de economia.

Incerteza

A maior preocupação da ANEEL, no tocante à elaboração de projetos no âmbito de eficiência energética, é que os resultados de economia de energia sejam confiáveis. Sendo assim, eles precisam apresentar um nível mínimo de incerteza.

“A incerteza de um relatório de economia pode ser gerida controlando erros aleatórios e o viés dos dados. Os erros aleatórios são afetados pela qualidade do equipamento de medição, das técnicas de medição e da concepção do procedimento de amostragem. O viés dos dados é afetado pela qualidade dos dados de medição, pelas suposições e pelas análises.” [3]

Os principais motivos de erros são na parte de amostragem, modelagem e medição.

“Para comunicar uma economia de forma estatisticamente válida, esta economia deve ser expressa juntamente com seus intervalos de confiança e precisão. A confiança refere-se à probabilidade de que a economia estimada faça parte da margem de precisão.” [3]

Algumas definições de termos estatísticos são importantes para melhor compreensão dos resultados encontrados.

Média Amostral ($\bar{Y}$): Segundo [3] “A medida mais frequentemente usada da tendência central de uma série de observações.” Dado pela equação (12).

$$\bar{Y} = \frac{\sum Y_i}{n} \quad (12)$$

Sendo:

- Y_i - Pontos de dados individuais (und)
- n - Tamanho da amostra (und)

Variância Amostral (S^2): Segundo [3] “variância amostral, medida de variabilidade mais importante, é encontrada pela média do quadrado dos desvios individuais em relação à média”. Dado pela equação (13).

$$S^2 = \frac{\sum(Y_i - \bar{Y})^2}{n - 1} \quad (13)$$

Desvio padrão amostral (s): Segundo [3] “Este valor traz de volta a medida de variabilidade à unidade dos dados (por exemplo, enquanto as unidades de variância estão em kWh², as unidades de desvio padrão estão em kWh).” Dado pela equação (14).

$$s = \sqrt{S^2} \quad (14)$$

Erro padrão amostral (EP): Medida utilizada para estimar precisão. Formula (15).

$$EP = \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (15)$$

Coefficiente de variação (cv): Segundo [3] “O coeficiente de variação é simplesmente o desvio padrão de uma distribuição expressa como uma percentagem”. Dado pela equação (16).

$$cv = \frac{s * \sqrt{n}}{\bar{Y}} \quad (16)$$

Técnicas de amostragem foram aplicadas na parte de M&V, mas é recomendado que elas sejam utilizadas em projetos que preveem uma grande quantidade de trocas de equipamentos. Porque utilizar amostragem para medições gera erros e incerteza nos resultados. A fase de projeto na qual serão utilizadas essas técnicas é a fase de medições do período de linha base “As medições do período da linha de base englobam medições do consumo e demanda e das variáveis independentes relativas ao mesmo período.” [3]

Alguns passos são recomendados pelo PIMVP para melhor redução da incerteza:

- Selecionar uma população homogênea, por exemplo agrupar, lâmpadas de mesma potência.
- Determinar os níveis desejados de precisão e confiança.
- Decidir o nível de desagregação, recomendado para projetos com muitos tipos de populações.

- Calcular o tamanho da amostra inicial, dado pela equação (17).

$$n_0 = \frac{z^2 * cv^2}{e^2} \quad (17)$$

Sendo:

- n_0 - tamanho inicial da amostra (und)
- z - valor padrão da distribuição normal (und)
- cv - coeficiente de variação das medidas (und)
- e - precisão desejada (%)

Ajustar a estimativa inicial do tamanho da amostra, ajuste feito pela equação (18).

$$n = \frac{n_0 * N}{n_0 + N} \quad (18)$$

Sendo:

- n - tamanho reduzido da amostra (und)
- n_0 - tamanho inicial da amostra (und)
- N - tamanho da população (und)

Para finalizar o tamanho da amostra, é feito um processo iterativo no qual as medições são realizadas até conseguir a precisão desejada. A cada dado coletado a precisão calculada pela equação (19).

$$e = \frac{z * cv}{\sqrt{n}} \quad (19)$$

Sendo:

- e - precisão obtida (%)
- z - valor padrão da distribuição normal (und)
- cv - coeficiente de variação das medidas (und)
- n_0 - tamanho da amostra (und)

2.1.2 PROCEL

O PROCEL é um programa coordenado pelo MME e a Eletrobrás, foi criado com propósito de promover o uso eficiente de energia elétrica e combater seu desperdício. Atualmente ele possui 6 áreas de atuação.

- **Equipamentos:** “identificação, por meio do Selo PROCEL, dos equipamentos e eletrodomésticos mais eficientes, o que induz o desenvolvimento e ao aprimoramento tecnológico dos produtos disponíveis no mercado brasileiro.” [4]
- **Edificações:** “promoção do uso eficiente de energia no setor de construção civil, em edificações residenciais, comerciais e públicas, por meio da disponibilização de recomendações especializadas e simuladores.” [4]
- **Iluminação pública (Reluz)** – “apoio a prefeituras no planejamento e implantação de projetos de substituição de equipamentos e melhorias na iluminação pública e sinalização semafórica.” [4]
- **Poder público** – “ferramentas, treinamento e auxílio no planejamento e implantação de projetos que visem ao menor consumo de energia em municípios e ao uso eficiente de eletricidade e água na área de saneamento.” [4]
- **Indústria e comércio** – “treinamentos, manuais e ferramentas computacionais voltados para a redução do desperdício de energia nos segmentos industrial e comercial, com a otimização dos sistemas produtivos.” [4]
- **Conhecimento:** “elaboração e disseminação de informação qualificada em eficiência energética, seja por meio de ações educacionais no ensino formal ou da divulgação de dicas, livros, softwares e manuais técnicos.” [4]

Outra grande iniciativa nacional para o incremento da eficiência energética do país foi a parceria entre o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) e o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), para o desenvolvimento do Selo PROCEL.

O Selo PROCEL foi instituído por decreto presidencial em 8 de dezembro de 1993. “A partir de sua criação várias parcerias foram firmadas com associações de fabricantes, pesquisadores de universidades e laboratórios, com objetivo de estimular e aumentar disponibilidade de equipamentos cada vez mais eficientes.” [4]

O Selo PROCEL tem por objetivo principal identificar os produtos que apresentem os melhores níveis de eficiência energética em uma dada categoria de equipamentos, motivando o mercado consumidor a adquirir e utilizar produtos mais eficientes.

PROCEL acaba de incorporar as lâmpadas LED ao portfólio do Selo PROCEL. Em relação às lâmpadas fluorescentes compactas, as lâmpadas LED com Selo PROCEL podem apresentar um consumo energético 35% menor. Se comparadas às lâmpadas incandescentes, a economia no consumo de energia pode superar os 80%, com durabilidade 25 vezes maior. [5]

Figura 4 - Selo PROCEL



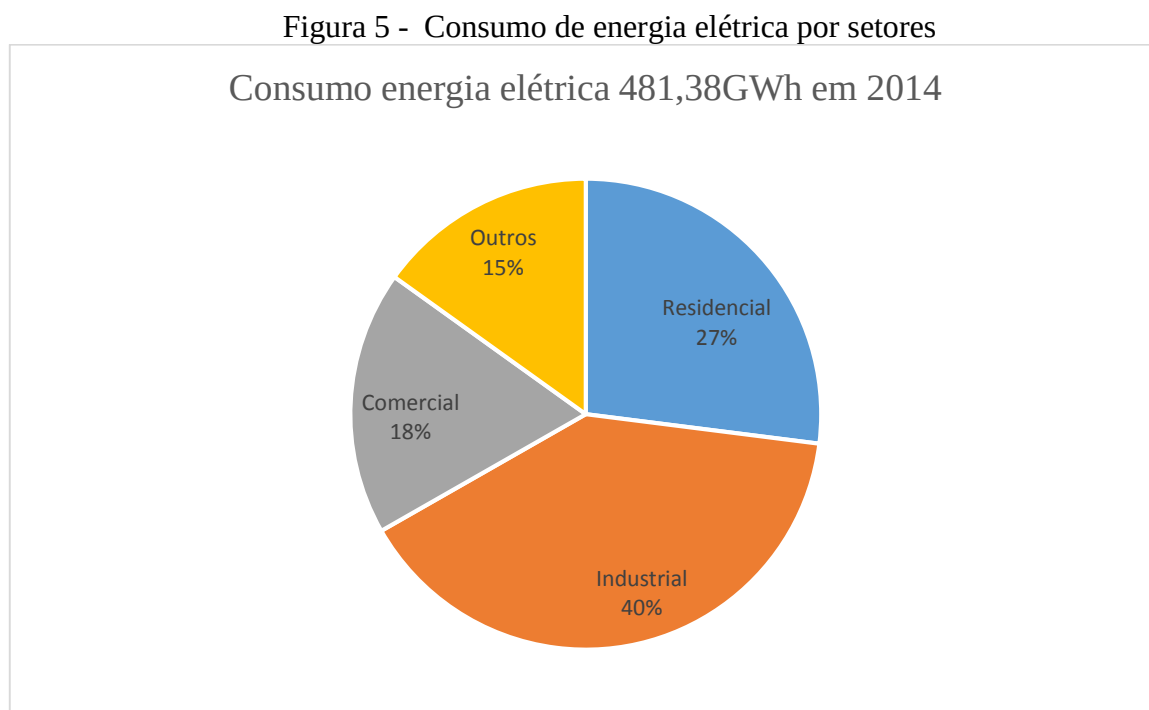
Fonte: [5]

2.2 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM PROJETOS LUMINOTÉCNICOS

A luz é um elemento fundamental e praticamente indispensável no cotidiano das pessoas. Especificações são ignorados por aspectos fisiológicos e ergonômicos para avaliação da qualidade de iluminação de um ambiente, por isso ela é tratada com tanta familiaridade e naturalidade, a tecnologia traz esse conforto e faz que com que a real necessidade e entendimento dela sejam ignorados. A partir do momento em que a taxa crescimento da demanda ficou muito maior do que a geração, os estudos nas formas de uso de energia começaram a ser feitos para o melhor entendimento de seus processos, visando torná-los mais eficientes, mas que continuem atendendo às necessidades das pessoas.

“A iluminação é responsável por, aproximadamente, 24% do consumo de energia elétrica no setor residencial, 44% no setor comercial e serviços públicos e 1% no setor industrial.”[6]. Dados do PDE 2023 são que o consumo de energia elétrica no ano de 2014 foi

de 481,38 GWh, e com previsão de crescimento anual de 4,2%, entre 2013 e 2018. A Figura 5 foi feita com base no PDE 2023 para mostrar o consumo de energia elétrica de cada setor da economia.



Fonte: Produção do autor com base PDE 2023.

Os problemas mais comuns com sistemas de iluminação de acordo com [7] são:

- Iluminação em excesso
- Falta de aproveitamento de luz artificial
- Uso de equipamentos com baixa eficiência luminosa
- Falta de comandos (interruptores)
- Ausência de Manutenção, depreciando o sistema
- Hábitos de uso inadequados

2.2.1 Conceitos de iluminação

Os conceitos de iluminação serão discutidos para o melhor entendimento das características e dos tipos de iluminação.

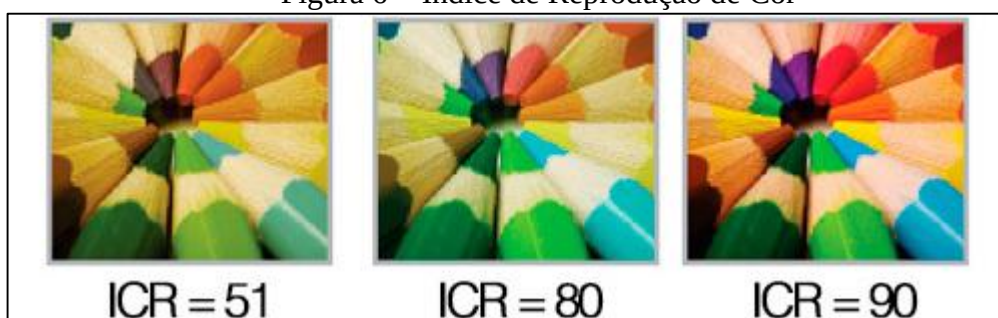
2.2.1.1 Espectros visuais e eletromagnéticos

O espectro eletromagnético é definido como sendo o intervalo que contém todas as radiações eletromagnéticas, sendo desde as ondas de rádio até os raios gama. Segundo [7] radiações com comprimento de onda entre 380 nm e 780 nm tem a capacidade de estimular a retina do olho humano, esse intervalo é chamado de Espectro Visível.

2.2.1.2 Índice de Reprodução de cores (IRC ou Ra)

Segundo [7], IRC “é a medida de correspondência entre 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 do sol.” O índice é medido em porcentagem (%), e varia de 0% a 100%, sendo 100% o índice máximo e equivalente a luz do sol. A Figura 6 mostra a diferença das aparências das cores de acordo com IRC.

Figura 6 - Índice de Reprodução de Cor



Fonte: [9]

2.2.1.3 Temperatura de cor

“Expressa a aparência de cor da luz emitida pela fonte de luz. A sua unidade de medida é o Kelvin (K). Quanto mais alta a temperatura de cor, mais clara é a tonalidade de cor da luz.” [7]. A Tabela 5 mostra as faixas de temperaturas de cor e suas respectivas nomenclaturas utilizadas pelo PROCEL.

Tabela 5 - Temperatura de Cor

Temperatura Cor (K)	Nome	Tonalidade Cor
$TC \geq 5000$	Branca Fria	Azul
$3300 < TC < 5000$	Branca Neutra	Branca
$TC < 3300$	Branca Morna	Amarela

Fonte: [5]

2.2.1.4 Intensidade Luminosa

“A intensidade luminosa é a parcela do fluxo luminoso de uma fonte luminosa, contida num ângulo sólido, numa dada direção. Sua unidade é a candela (cd)” [10].

2.2.1.5 Diagrama Intensidade Luminosa

“É a curva que representa, em coordenadas polares, as intensidades luminosas nos planos transversal e longitudinal.” [7]. Chamado também por Curva de Distribuição Luminosa (CDL), esse diagrama é disponibilizado pelas fabricantes de lâmpadas e refletores, para melhor visualização do comportamento da intensidade luminosa no plano.

2.2.1.6 Fluxo Luminoso

“Radiação total emitida por uma fonte luminosa, dentro dos limites que produzem estímulos visuais, é chamada de fluxo luminoso” [10]. A unidade do fluxo luminoso é o lúmen (lm). Segundo [10] “o fluxo luminoso representa uma potência luminosa emitida ou observada, ou ainda, representa a energia emitida ou refletida, por segundo, em todas as direções, sob a forma de luz.”

2.2.1.7 Iluminância

“É o fluxo luminoso (lúmen) incidente numa superfície por unidade de área (m^2). Sua unidade é o lux. Um lux corresponde à iluminância de uma superfície plana de um metro quadrado de área, sobre a qual incide perpendicularmente um fluxo luminoso de 1 lúmen.” [7]. No Brasil, a norma que define a quantidade de lux necessária para execução de uma determinada tarefa é a ABNT 8995-1 de iluminância de interiores.

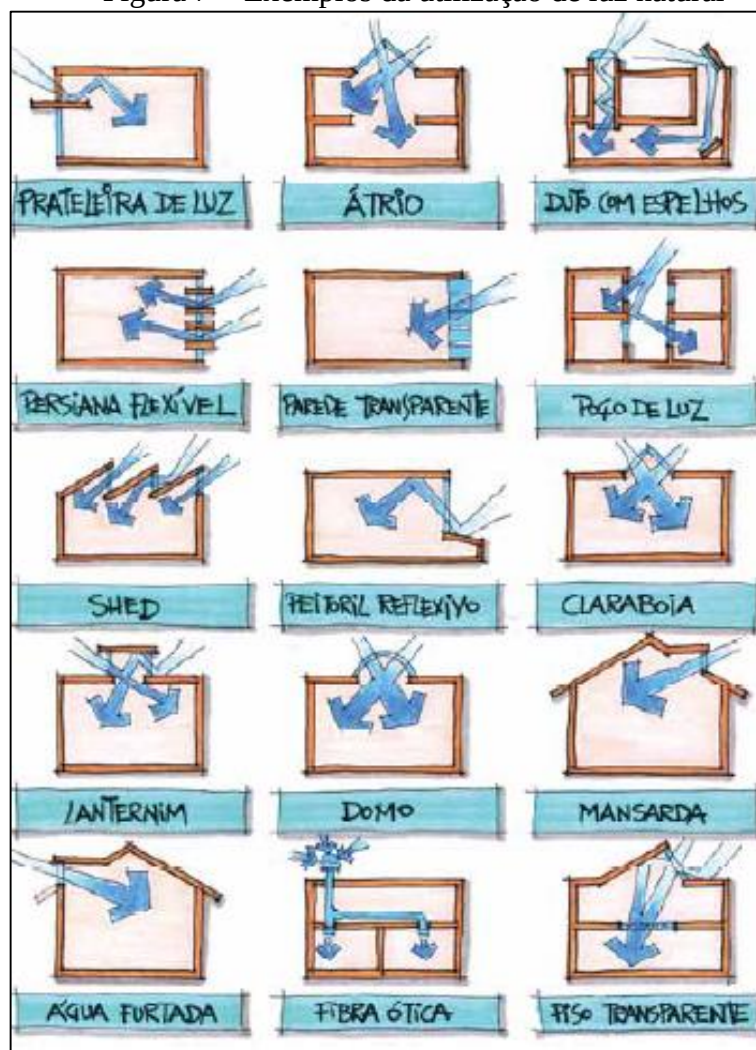
2.2.1.8 Eficiência Luminosa

“É o quociente entre o fluxo luminoso emitido em lúmens, pela potência consumida em Watts. Se uma luminária com mais de uma lâmpada for utilizada, a potência considerada deverá ser a soma das potências das lâmpadas. ” [7]

2.2.1.9 Iluminação natural

“A iluminação natural pode ser definida como componentes ou série de componentes agrupados numa edificação para admissão da luz natural.” [12]. “Os principais fatores de determinação da disponibilidade de luz natural são sazonalidade, que de acordo com o movimento do sol estabelece variações de luminosidade natural, variando com a época do ano e a hora do dia.” [10]. A Figura 7 mostra exemplos de utilização de luz natural em ambientes.

Figura 7 - Exemplos da utilização de luz natural



Fonte : [8]

“Iluminação natural é uma fonte de energia renovável que pode ser explorada para reduzir o consumo de energia elétrica do sistema de iluminação artificial de uma edificação, mas é preciso saber controlá-la devido aos ganhos térmicos provenientes da radiação solar.” [13]

“Um sistema de iluminação natural eficiente deve possuir uma proteção adequada contra incidência da radiação solar direta. Nessas condições, o uso da luz pode permitir uma redução de até 50% no consumo de energia elétrica com iluminação, com efeitos positivos sobre o consumo dos sistemas de ar condicionado. ” [7]

2.2.1.10 Iluminação artificial

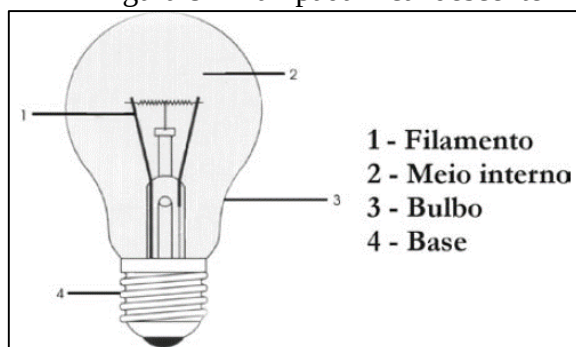
A luz natural foi durante muito tempo a principal fonte de iluminação da humanidade, e com a evolução da tecnologia, novas fontes de iluminação foram desenvolvidas e a lâmpada é a mais utilizada. Mas, como citado anteriormente, o consumo de energia elétrica está crescendo e ,assim, novos tipos de lâmpadas estão sendo desenvolvidos, com objetivo de eficiência luminosa muito maior que os modelos já utilizados.

De acordo com PROCEL, em um estudo desenvolvido pelo CGIEE, foram estimados para 2030 uma economia de energia de 11.864 TWh e capacidade evitada de 8.30TW, com lâmpadas eficientes, através de seus programas e projetos.

2.2.1.10.1 Lâmpadas incandescentes

“A lâmpada funciona através da passagem da corrente elétrica pelo filamento de tungstênio que, com o aquecimento, gera luz. Sua oxidação é evitada pela presença de gás inerte ou vácuo dentro do bulbo que contém o filamento. ”[7]. Segundo [10] “ com temperatura de cor quente, de aproximadamente 2000°K, a cor é amarelada. O índice de reprodução de cores chega bem próximo aos 100%. A eficiência energética é baixa, pois apenas 10% da energia consumida é transformada em luz, ” representando 10 lm/W. Elas possuem uma vida média de 750 a 1000 horas segundo a tabela do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) no INMETRO. A Figura 8 mostra a composição de uma lâmpada incandescente.

Figura 8 - Lâmpada incandescente



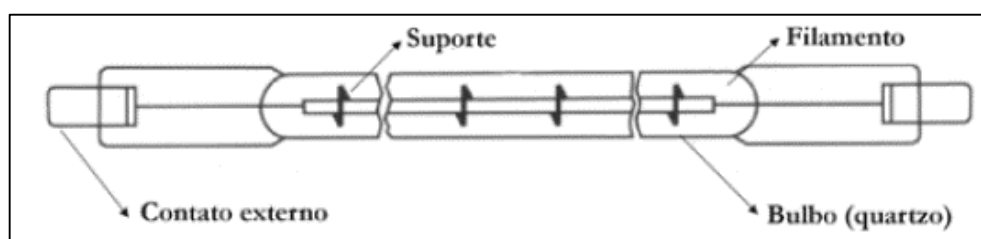
Fonte : [6]

2.2.1.10.2 Lâmpadas incandescentes halógenas

Tem o mesmo princípio de funcionamento da incandescente, mas incrementadas com a introdução de gases halógenos que, dentro do bulbo se combinam com as partículas de tungstênio desprendidas do filamento. Essa combinação somada à corrente térmica dentro da lâmpada, faz com que as partículas se depositem de volta no filamento, criando assim um ciclo regenerativo de halógeno. [7]

Segundo [10] “eficiência luminosa entre 15 lm/W e 25 lm/W e vida média de 2000 a 6000 horas.” A figura 9 mostra as partes que compõe uma lâmpada incandescente

Figura 9 - Lâmpada incandescente halógena



Fonte: [14]

2.2.1.10.3 Lâmpadas de descarga

Na lâmpada de descarga, “a luz é produzida por uma descarga elétrica contínua em um gás ou vapor ionizado, às vezes, combinado com fósforo depositado no bulbo que, excitado pela radiação de descarga, provocam uma luminescência.” [6]

“Uma lâmpada de descarga sempre funciona com um equipamento auxiliar (reator e em alguns casos um ignitor) ligado ao seu circuito elétrico. O reator tem como função limitar a corrente da lâmpada e o ignitor ajudar a produzir a tensão necessária para o início da descarga elétrica.” [6]

“As lâmpadas de descarga são divididas em lâmpadas de baixa e alta pressão: sendo alta pressão: Mercúrio, Sódio, Mista e Vapores Metálicos; de baixa pressão mercúrio (fluorescente) e Sódio baixa pressão.” [6]

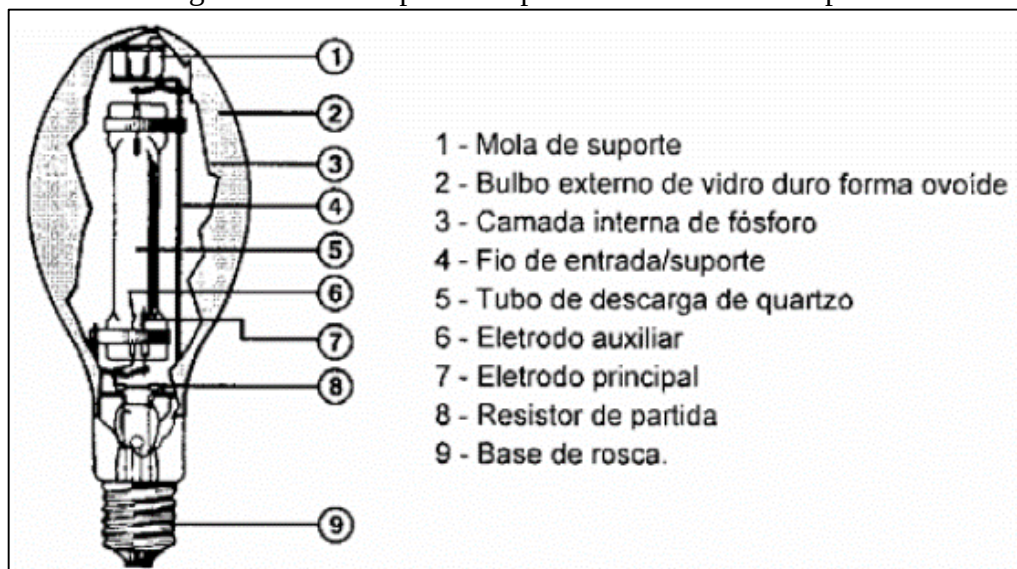
- Lâmpadas a vapor de mercúrio alta pressão

Consta basicamente de um bulbo de vidro duro, que contém em seu interior um tubo de descarga feito de quartzo para suportar altas temperaturas. Possui em seu interior argônio e mercúrio que, quando vaporizado, produzirá um efeito luminoso. Em cada

uma de suas extremidades possui um eletrodo principal de tungstênio. Junto a um resistor de partida que se localiza na parte externa do tubo de descarga. [6]

A Figura 10 mostra a partes de uma lâmpada a vapor de mercúrio.

Figura 10 - Lâmpada a vapor de mercúrio de alta pressão



Fonte: [6]

Tem uma aparência branca azulada: radiação de energia na região visível do espectro nos comprimentos de onda de amarelo, verde e azul. Quando se aplica fósforo na camada interna do bulbo consegue-se também o vermelho melhorando a reprodução de cores. [10]

Eficiência de 55 lm/W a 60 lm/W e vida mediana superior a 15000 horas [6]. Apresentadas em potências de 80 W a 1000 W são utilizadas em iluminação pública, industrial, iluminação de fachadas de prédios, monumentos e jardins.

- Lâmpadas a vapor metálicas

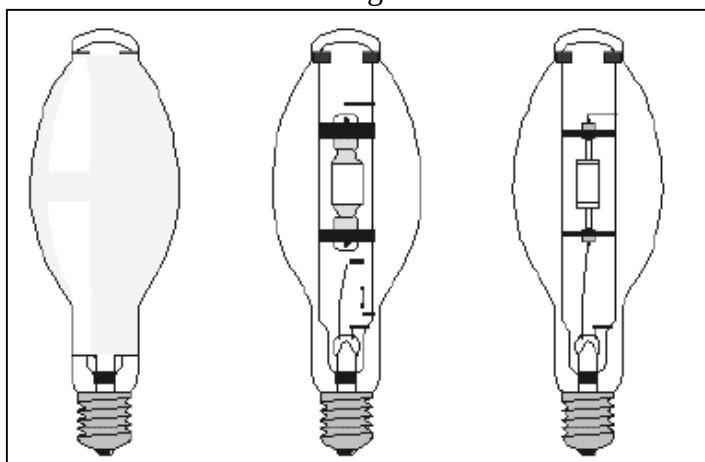
“As lâmpadas de vapor metálico são semelhantes com as lâmpadas de vapor de mercúrio, com exceção da presença de iodetos metálicos.” [6]

“Um melhoramento substancial na sua eficácia e reprodução de cor (acima de 90%). Eficiência de 70 lm/W a 90 lm/W. Necessita de uma tensão maior que a rede para iniciar a descarga, e, portanto, deverá ser assistida por um dispositivo auxiliar de partida. “[10]

“Vida mediana muito dependente do tipo e potência da lâmpada podendo variar de 3000 a 15000 horas. “[14]

A Figura 11 mostra dois tipos de lâmpadas de vapor metálico.

Figura 11 - Lâmpada vapor metálico: revestida com eletrodo auxiliar e com tubo de descarga cerâmico.



Fonte: [6]

“Alta potência: Vão de 250W a 3000W com eficiência luminosa de 100 lm/W, para iluminação de grandes áreas com níveis de iluminância elevados. ” [10]

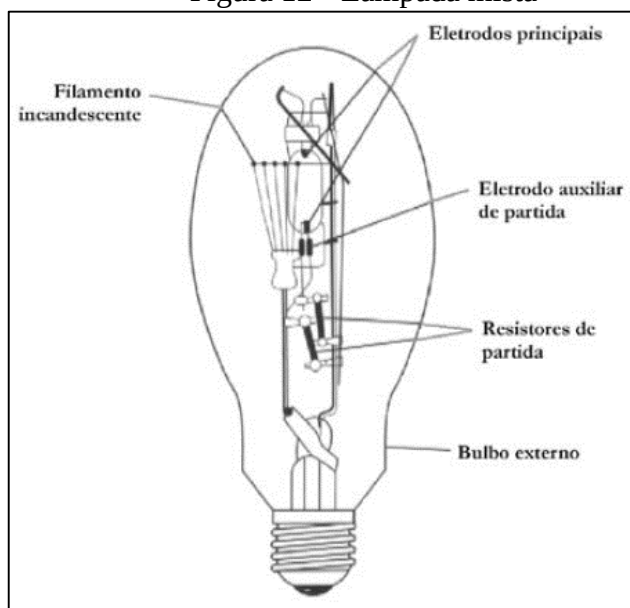
“Baixa potência: De 20 W a 70W em versões compactas com alta eficiência. Podem ser utilizadas em iluminação geral ou localizada. ” [10]

- Lâmpadas Mistas

“São idênticas às lâmpadas a vapor de mercúrio de alta pressão, diferenciando-se apenas por possuírem um filamento montado ao redor do tubo de descarga e ligado em série com este. ” [6]

A Figura 12 mostra a composição de uma lâmpada mista.

Figura 12 - Lâmpada mista



Fonte: [6]

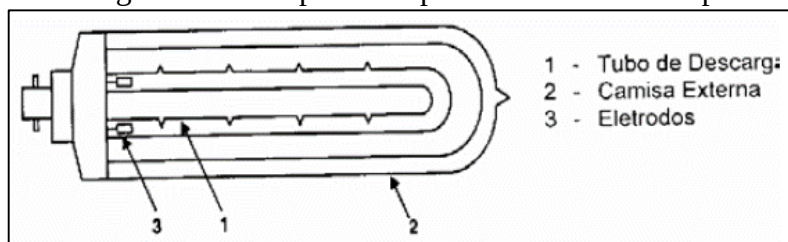
As vantagens da utilização desse tipo de lâmpada segundo [7] é a substituição direta pelas lâmpadas incandescentes de 220V sem nenhum tipo de auxílio para descarga e pela maior eficiência e vida mediana de 8 vezes maior que as incandescentes. “Não é uma lâmpada absolutamente econômica, mas intermediária 19 lm/W a 28 lm/W.” [10]

- Lâmpadas a vapor de sódio

São divididas em duas classes: alta pressão e baixa pressão. As lâmpadas a vapor de sódio de baixa pressão é formada por “um tubo em forma de U, com um eletrodo em cada extremidade, e cheios de gás argônio e neônio em baixa pressão para facilitar a partida, contendo também sódio metálico que irá se vaporizar durante o funcionamento.” [6]

A Figura 13 mostra uma lâmpada de vapor de sódio de baixa pressão.

Figura 13 - Lâmpada a vapor de sódio de baixa pressão



Fonte: [6]

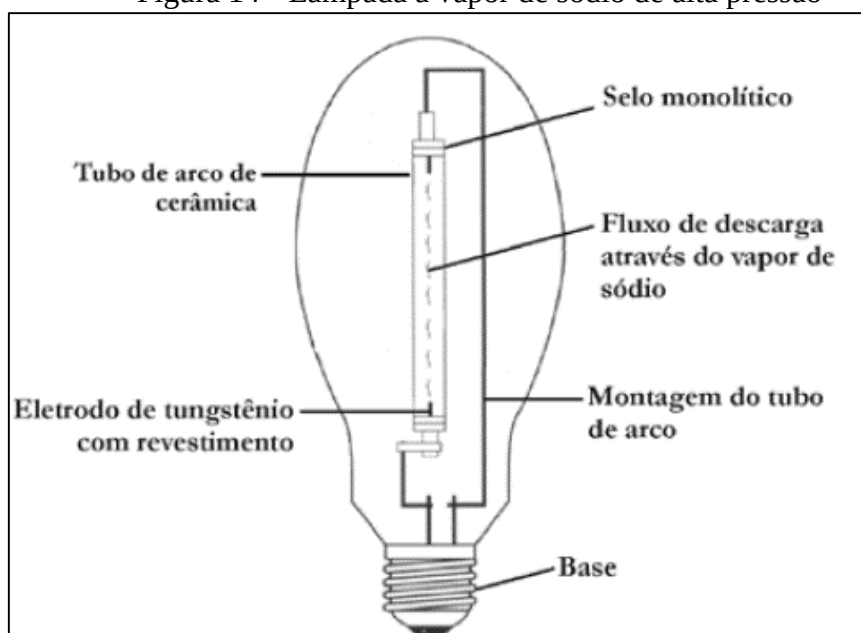
“Tem uma radiação quase monocromática, na faixa do amarelo (570 nm), alta eficiência luminosa (200 lm/W) e longa vida superior a 15000 horas. Uso público: auto estradas, portos pátios de manobra. “[10]

O tudo de descarga da lâmpada a vapor de sódio de alta pressão contém um excesso de sódio, para dar condições de saturação do vapor quando a lâmpada funciona.

Formato similar ao da lâmpada de vapor de mercúrio de alta pressão, diferenciando apenas pelo formato do tubo de descarga que é comprimido, estreito e feito de óxido de alumínio sinterizado translúcido onde é colocado o xenônio para iniciar a partida, mercúrio para corrigir a cor e sódio em alta pressão, além de possuir em cada uma de suas extremidades um eletrodo principal feito de nióbio. [6]

A Figura 14 mostra a composição de uma lâmpada a vapor de sódio de alta pressão.

Figura 14 - Lâmpada a vapor de sódio de alta pressão



Fonte: [6]

“Eficiência de até 130 lm/W (tipo de lâmpada de maior rendimento no mercado). Temperatura de cor em torno de 2100 °K. Necessita de uma tensão maior que a da rede para iniciar descarga e, portanto, deverá ser assistida por um dispositivo ignitor. “[10]

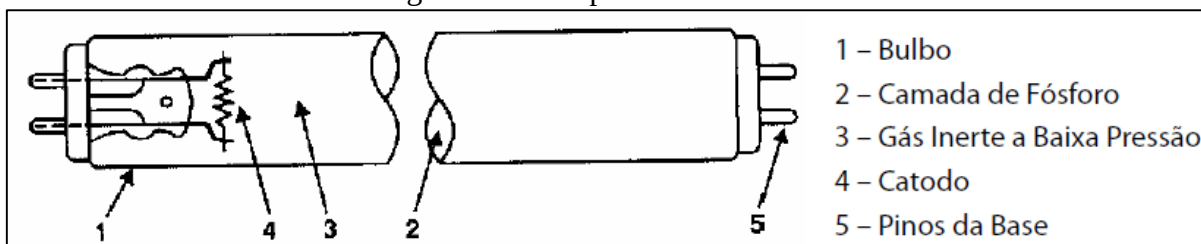
“Vida mediana de 24000 horas e possuírem uma propriedade de cor melhor que a de baixa pressão, tem maior aplicação como: vias públicas e todo tipo de iluminação externa. ” [6]

2.2.1.10.4 Lâmpadas fluorescentes

A lâmpada possui, normalmente, o formato de bulbo tubular longo com um filamento em cada extremidade, contendo vapor de mercúrio em baixa pressão com uma pequena quantidade de gás inerte para facilitar a partida. O bulbo é recoberto internamente com um pó fluorescente que, compostos, determinam a quantidade e a cor da luz emitida. [6]

A Figura 15 mostra uma lâmpada fluorescente tubular.

Figura 15 - Lâmpada fluorescente tubular



Fonte: [6]

De acordo com [10] ”são famílias de lâmpadas fluorescentes: T12, T10, T8, T5 e T2. (Diferenciadas pelo diâmetro do tubo). Possuem eficiência energética de 65 lm/W a 104 lm/W, com IRC de 85% e vida mediana de 7500 horas para T8 e 16000 para T5. ”

- Lâmpadas fluorescentes compactas

“São lâmpadas fluorescentes de tamanho reduzidas, criadas para substituir com vantagens as lâmpadas incandescentes em várias aplicações. Estão disponíveis em várias formas e tamanhos, podendo vir com conjunto de controle incorporado ou não. ” [6]. Segundo [10] podem reduzir até 80% do consumo de energia comparando-se à incandescente, mantendo o mesmo nível de iluminação, além de apresentar uma vida útil muito maior. A tabela 6 mostra a equivalência das lâmpadas fluorescentes em relação as incandescentes.

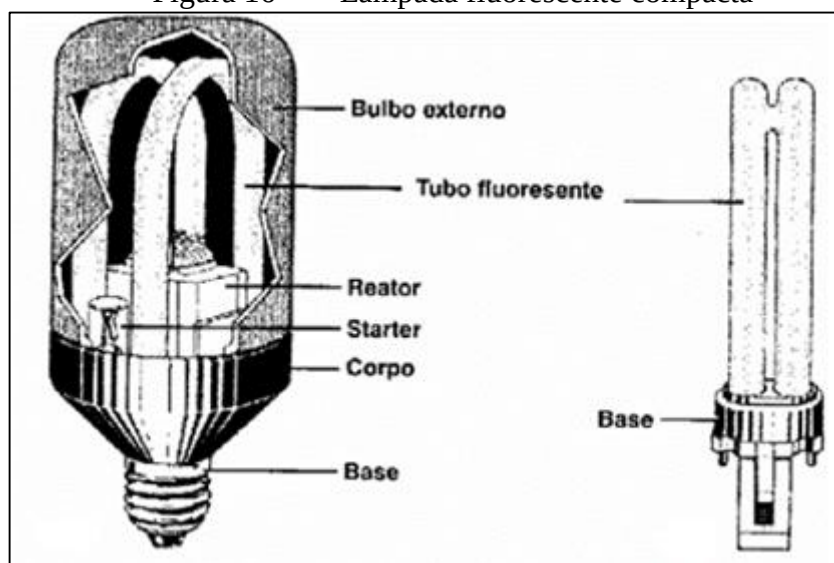
Tabela 6 - Equivalência em relação a incandescente tradicional

Incandescente	Compacta dupla
60W	9W
100W	18W
150W	26W
Incandescente	Compacta tripla
100W	18W
150W	26W
200W	32W
300W	42W

Fonte : Produção autor

A Figura 16 mostra a lâmpada fluorescente compacta.

Figura 16 - Lâmpada fluorescente compacta



Fonte: [6]

Com IRC de 85% e vida média de 3000 a 12000 horas segundo. [10]

2.2.1.10.5 Diodos emissores de luz (LED)

Os diodos emissores de luz (LEDs) são componentes semicondutores que convertem corrente elétrica em luz visível. Com tamanho bastante reduzido o LED oferece vantagens através de seu desenvolvimento tecnológico, tornando-o uma alternativa real na substituição das lâmpadas convencionais. [6]

Hoje já é possível utilizar LEDs para iluminação geral e decorativa de destaque. Para construção das tabelas 7 e 8 foram pesquisados três exemplos de lâmpadas de LED, que podem substituir uma lâmpada incandescente de 40W em 220V.

Tabela 7 - Comparativo lâmpadas bulbo de LED

Modelo	Fabricante	Potência	IRC	Vida Mediana	Temperatura de cor	Eficiência
S CLA40 8W	OSRAM	7 W	80%	15000h	6500k	97.1 lm/W
LEDBulb 7.5-40W E27 3000K	PHILIPS	6.5W	80%	15000h	3000K	92.1 lm/W
LED7/A60/865/100 -240V/E27	GE	7W	80%	25000h	6500K	71.4 lm/W

Fonte: autor com base nos catálogos das empresas

Tabela 8 - Comparativo lâmpadas tubular de LED

Modelo	Fabricante	Potência	IRC	Vida Mediana	Temperatura de cor	Eficiência
Tubular T8 UltraLed Pro 9W- 4000K Código 3800	GOLDEN	9 W	85%	36000h	4000k	100 lm/W
Master LEDtube 14,5W 4000K 100- 240V	PHILIPS	14.5W	80%	40000h	4000K	104 lm/W
LED Tube-18- 2000lm-MV- 4000K-2014	GE	18W	80%	40000h	4000K	111 lm/W

Fonte: Produção autor com base lâmpadas catálogo PROCEL

2.2.1.11 Equipamentos Auxiliares

Luminárias

Para [9], os requisitos básicos de uma luminária são:

- Proporcionar suporte e conexão elétrica à lâmpada ou às lâmpadas;
- Controlar e distribuir a luz da lâmpada;
- Ter um bom rendimento luminoso;
- Manter a temperatura de operação da lâmpada dentro dos limites estabelecidos;

- Facilitar a instalação e a conservação;
- Ter uma aparência agradável (dado essencialmente subjetivo);
- Ser economicamente viável;
- Proteger a lâmpada e o equipamento elétrico contra umidade e demais agentes atmosféricos.

Reator

“Equipamento que limita a corrente em lâmpadas de descarga e também fornece a tensão adequada para dar partida em uma lâmpada. Pode ser do tipo eletromagnético ou eletrônico, com partida rápida ou convencional, e com alto ou baixo fator de potência.” [6]. Segundo [13] “reatores eletromagnéticos geralmente compostos de núcleo de ferro, bobinas de cobre e capacitores para correção do fator de potência. Eles apresentam grande poder de isolamento e dissipação térmica, mas baixo fator de potência.”

Os reatores eletrônicos são constituídos por componentes eletrônicos, e operam a uma frequência entre 25 kHz e 40 kHz. São mais compactos, eficientes, mas com distorções harmônicas superiores a dos reatores eletromagnéticos.

“Os aspectos a serem considerados são o FP (fator de potência) e a distorção harmônica (THD), a partir desses aspectos reatores que atenderam aos parâmetros definidos pelo PROCEL recebem o selo de eficiência energética.” [7]

Starter

Elemento bimetálico cuja função é pré-aquecer os eletrodos das lâmpadas fluorescentes, bem como fornecer em conjunto com o reator eletromagnético convencional, um pulso de tensão necessário para o acendimento da mesma. Reatores eletrônicos de partida rápida não utilizam starter. [10]

Controle de luz

O avanço da tecnologia proporcionou a possibilidade, para fins de conforto e para eficiência energética.

- **Sensor Ocupação:** são dispositivos que captam a presença ou ausência de pessoas no seu campo de ação. O funcionamento é dado quando o detector capta um movimento e envia o sinal para a unidade de controle, que processa o sinal de entrada para abrir ou fechar o relé que controla a potência de luz. [15]

- **Controle fotoelétrico:** este sistema possui sensores que captam a presença de luz natural, fazendo com que a iluminação artificial seja totalmente bloqueada ou dimerizada automaticamente. [15]
- **Temporizador:** é um dispositivo normalmente utilizado em áreas de circulação, que quando ativado, acende lâmpadas por um período de tempo previamente estabelecido, suficiente para o usuário chegar ao local de destino. Após esse tempo, o temporizador desativa as lâmpadas. [15]
- **Dimmer:** controlam a potência fornecida a lâmpada, que varia entre zero e 100% do seu fluxo luminoso total, através de um circuito eletrônico. Hoje é possível utiliza-lo em lâmpadas incandescentes, halógenas, de descarga, com LEDs, para isto é importante utilizar transformadores ou reatores dimerizáveis. [15]

2.2.1.12 Sistemas de iluminação

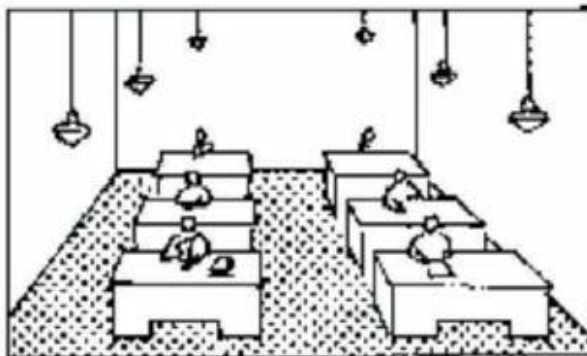
De acordo com [10], os sistemas de iluminação são classificados de duas maneiras: sistema principal e pelo fluxo luminoso.

Sistema Principal

“A primeira classificação dos sistemas se faz de acordo com a forma que as luminárias são distribuídas pelo ambiente e com os efeitos produzidos pelo plano de trabalho” [10]

- **Iluminação geral:** distribuição aproximadamente regular das luminárias pelo teto, não atende às necessidades específicas de locais que requerem níveis de iluminância mais elevados. Sua maior desvantagem é o grande consumo de energia, pois se tem a mesma iluminância em todos os pontos do espaço [10]. A Figura 17 mostra uma aplicação de iluminação geral.

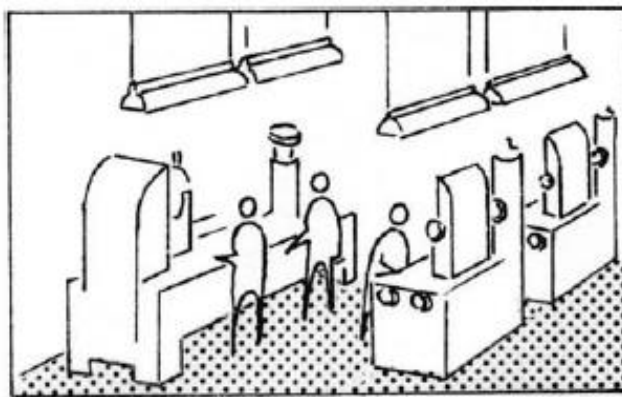
Figura 17 - Iluminação geral



Fonte: [9]

- **Iluminação localizada:** concentra-se as luminárias em locais de principal interesse. Devem ser instaladas suficientemente altas para cobrir as superfícies adjacentes, possibilitando altos níveis no plano de trabalho, ao mesmo tempo uma iluminação geral suficiente. [10]. Figura 18 mostra um exemplo de iluminação localizada.

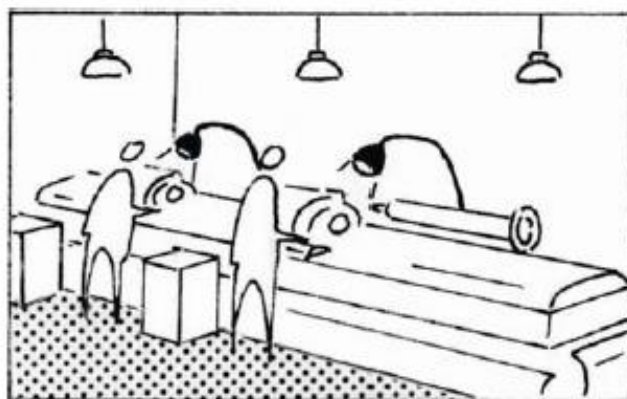
Figura 18 - Iluminação localizada



Fonte: [9]

- **Iluminação local:** iluminação perto da tarefa visual. Ilumina-se uma área muito pequena. Deve ser completada por outros tipos de iluminação. A Figura 19 exemplifica a iluminação local.

Figura 19 - Iluminação local

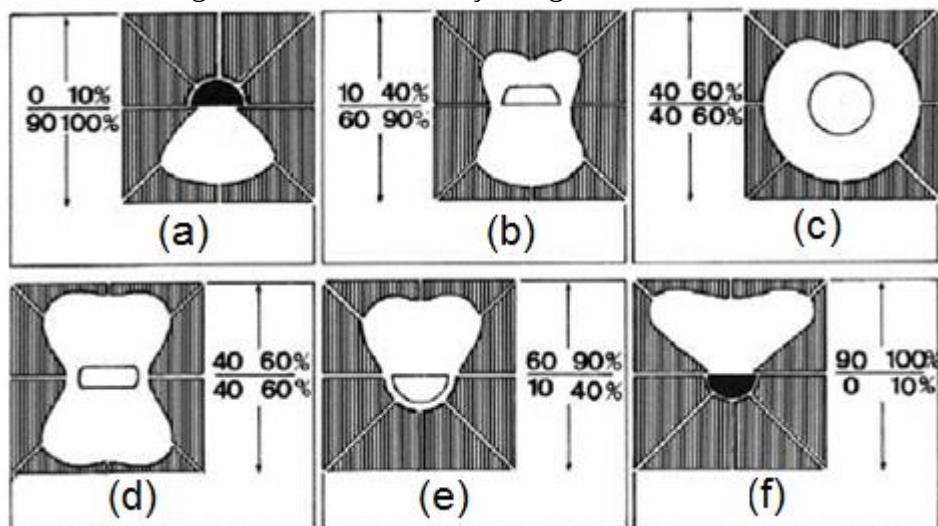


Fonte: [9]

2.2.1.13 Fluxo luminoso

A segunda classificação dos sistemas de iluminação se dá de acordo com a forma pela qual o fluxo luminoso é irradiado pela luminária, ou, mais precisamente, de acordo com a quantidade do fluxo luminoso irradiado para cima e para baixo do plano horizontal e da luminária. [10]. A Figura 20 mostra o fluxo luminoso para alguns tipos de luminárias.

Figura 20 - Classificação segundo fluxo luminoso



Fonte: [10]

- **Iluminação direta (a):** praticamente toda luz converge para o plano de trabalho. O teto e as paredes recebem quantidade reduzida de luz. Coeficiente de utilização 30% a 35%. [10]

- **Iluminação indireta (f):** toda luz é refletida antes de chegar ao plano de trabalho. O sistema na forma mais simples, usa o teto inteiro com superfície de reflexão. As paredes também recebem grande quantidade de luz. Coeficiente de utilização 20% a 25%. [10]
- **Iluminação semi-indireta (e):** parte da luz é dirigida pelo plano de utilização e parte é refletida contra o teto e as paredes. As lâmpadas são instaladas em aparelhos que permitem a emissão de luz para cima e para baixo. [10]
- **Iluminação semi-direta (b,c,d):** devido ao fato de que a maior parte da luz chega diretamente ao plano de trabalho, sombras são frequentes e torna-se mais fácil ocorrer reflexões indesejáveis. [10]

2.2.2 Projeto luminotécnico

A adequação dos níveis de iluminância é uma parte fundamental de um bom projeto luminotécnico, a norma da ABNT 8995-1, de 2013, sobre Iluminação de ambientes de trabalho será utilizada como guia de base para o cálculo. A norma também define conceitos e requisitos mínimos que, se seguidos, garantem um resultado satisfatório no projeto.

Para determinação dos números de lâmpadas e luminárias e como elas serão dispostas no ambiente será utilizado o Método de Lúmens. De acordo com [6], o Método dos Lúmens é utilizado para calcular o número de lâmpadas e luminárias, levando em conta as dimensões e o tipo de ambiente que será iluminado.

Com o objetivo de facilitar o projeto luminotécnico foi desenvolvido uma forma para utilizar o Método de Lúmens em 7 passos:

1. Verificação do Iluminamento de acordo com a norma ABNT 8995-1.
2. Escolha da lâmpada e luminária.
3. Cálculo do fator local.
4. Determinação do fator de utilização.
5. Cálculo do fluxo total.
6. Determinação do número de luminárias.
7. Distribuição das luminárias.

A norma ABNT 8995-1, de 2013, substitui a NBR 5413 de 1992 e, visando a melhoria dos projetos, a nova norma tem uma preocupação muito maior com o ofuscamento e com as

áreas onde serão realizadas as tarefas. A seguir, alguns conceitos serão definidos para melhor utilização da norma num projeto luminotécnico.

Para realização do primeiro passo, a norma define 3 parâmetros de iluminação de acordo com a tarefa que será realizada, a Iluminância (E), o Índice de ofuscamento unificado (UGR) e o Índice de Reprodução de Cor (Ra). Em alguns casos, a norma também sugere uma temperatura em Kelvin para a Aparência da cor (Tcp), mas como forma de observação.

" Ofuscamento é a sensação visual produzida por áreas brilhantes dentro do campo de visão, que pode ser experimentado tanto como um ofuscamento desconfortável quanto como um ofuscamento inabilitador. O ofuscamento pode também ser causado por reflexões especulares e é normalmente conhecido como reflexões veladoras ou ofuscamento refletido." [16]

Ofuscamento desconfortável é o tipo de ofuscamento causado por luminárias brilhantes ou janelas, vem do brilho excessivo entre superfícies adjacentes, perturbando a visão sem necessariamente prejudicar a distinção de objetos. Segundo [16] " o valor referente ao ofuscamento desconfortável de uma instalação de iluminação deve ser determinado pelo método tabular do índice de Ofuscamento Unificado da CIE (UGR)". O UGR é calculado pela equação (19).

$$UGR = 8 * \log \left(\frac{0,25}{L_b} * \sum \frac{L_l^2 * \omega}{p^2} \right) \quad (19)$$

Sendo

- L_b - iluminância do fundo (cd/m²)
- L_l – Iluminância da parte luminosa de cada luminária na direção do olho do observador (cd/m²)
- ω – ângulo sólido da parte luminosa de cada luminária junto ao olho do observador (esferorradiano)
- p – é o índice da posição de Guth de cada luminária, individualmente relacionado ao seu deslocamento a partir da linha de visão.

A utilização do método tabular para o índice de ofuscamento na maioria das aplicações depende da ajuda de *softwares* matemáticos, assim a norma fornece as escalas de valores possíveis da equação (19). São eles os valores de UGR: 13–16–19–22–25, sendo 13 o nível de ofuscamento desconfortável menos perceptível.

A partir dos parâmetros especificados na norma, Iluminamento, UGR e IRC, para a realização da tarefa, serão escolhidas a lâmpada e a luminária que serão utilizada. “As escolhas devem levar em conta fatores como adequação do plano de trabalho, custo, manutenção, estética, índice de reprodução de cor, aparência visual e funcionalidade.” [6]

O terceiro passo é o cálculo do Fator do Local (K), ele depende das dimensões do ambiente, é dado pela equação (20).

$$K = \frac{C * L}{(C + L) * A} \quad (20)$$

Sendo:

- C- Comprimento do local (m)
- L – Largura do local (m)
- A – Altura da luminária ao plano de trabalho (m)

O fator de utilização (Fu) é a razão do fluxo útil que incide efetivamente sobre um plano de trabalho e o fluxo total emitido. Depende da distribuição de luz e do rendimento da luminária, da reflexão do teto, paredes e plano de trabalho ou piso e do fator local.

Os índices de reflexões do teto, paredes e plano de trabalho:

Tabela 9 - Índice de reflexão

Algarismo	Tipo superfície	Reflexão
1	superfície escura	10%
3	superfície média	30%
5	superfície clara	50%
7	superfície branca	70%

Fonte: [6]

A norma também define faixas mínimas de reflexão: teto 0,6% a 0,9% paredes: 0,3% a 0,8%, planos de trabalho: 0,2% a 0,6% e piso: 0,1% a 0,5%.

Depois é formado um número três algarismos, onde o primeiro é o algarismo correspondente ao índice de reflexão do teto, o segundo é o da parede e o terceiro é o piso. O fabricante da luminária fornece a tabela do fator de utilização.

O fluxo total (ϕT) pode ser determinado pela equação (21)

$$\phi T = \frac{E * S}{Fu * Fm} \quad (21)$$

Sendo:

- E –Nível iluminamento (lux)
- S – Área do ambiente (m)
- Fu – Fator utilização
- Fm – Fator manutenção

O fator de manutenção é dado pela Figura 21:

Figura 21 - Fator de manutenção

Período de uso sem limpeza (meses)	Ambiente limpo	Ambiente médio	Ambiente sujo
0	1,00	1,00	1,00
2	0,97	0,92	0,85
4	0,95	0,87	0,76
6	0,93	0,85	0,70
8	0,92	0,82	0,66
10	0,91	0,80	0,63
12	0,90	0,78	0,61
14	0,89	0,77	0,59
16	0,88	0,76	0,57
18	0,87	0,75	0,56
20	0,86	0,74	0,54

Fonte: [6]

O número de luminárias é definido pela razão do fluxo luminoso total pelo total de lúmens emitido pelo conjunto de lâmpadas na luminária, mais as lâmpadas. Equação (22)

$$n^{\circ} \text{ de luminárias} = \frac{\phi T}{\phi l} \quad (22)$$

Sendo:

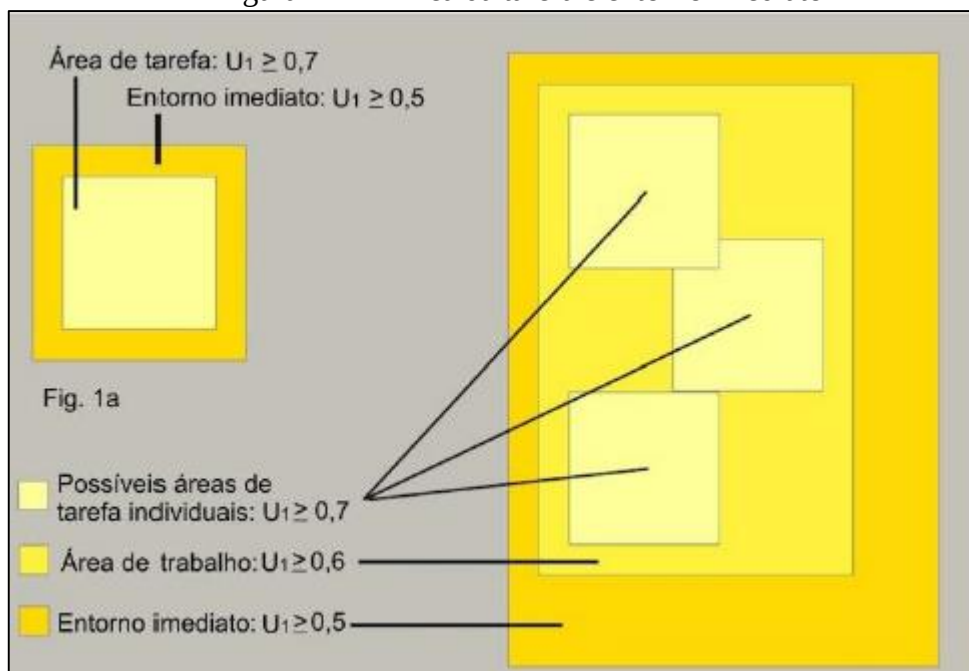
- ϕ_T – fluxo total (lm)
- ϕ_l – lúmens por luminárias (lm)

Para distribuição do número de luminárias calculado anteriormente, “O espaçamento entre as luminárias depende de sua altura ao plano de trabalho (altura útil) e da distribuição de luz. Esse valor situa-se geralmente, ente 1 a 1,5 vezes o valor da altura útil em ambas direções. O espaçamento até as paredes deverá ser a metade desse valor.” [6]. Devem ser também observadas as áreas onde serão realizadas as tarefas.

Área da tarefa e áreas de entorno, "A área da tarefa é definida como área parcial no local de trabalho em que a tarefa visual é realizada." [16]. "Entorno imediato é definido como a área ao redor da área da tarefa dentro do campo de visão." [16]

A recomendação da norma é que a uniformidade (U_1), razão entre o valor mínimo e médio da iluminância, na área da tarefa não pode ser menor que 0,7 e no entorno imediato 0,5. Mas, em áreas onde a área da tarefa não é definida, chamada de área de trabalho, pode ser assumido um valor de uniformidade de 0,6. Conforme mostrado na Figura 22 a baixo.

Figura 22 - Área da tarefa e entorno imediato



Fonte: [16]

3 PROJETO DE EFICIÊNCIA NO BLOCO DO DEE

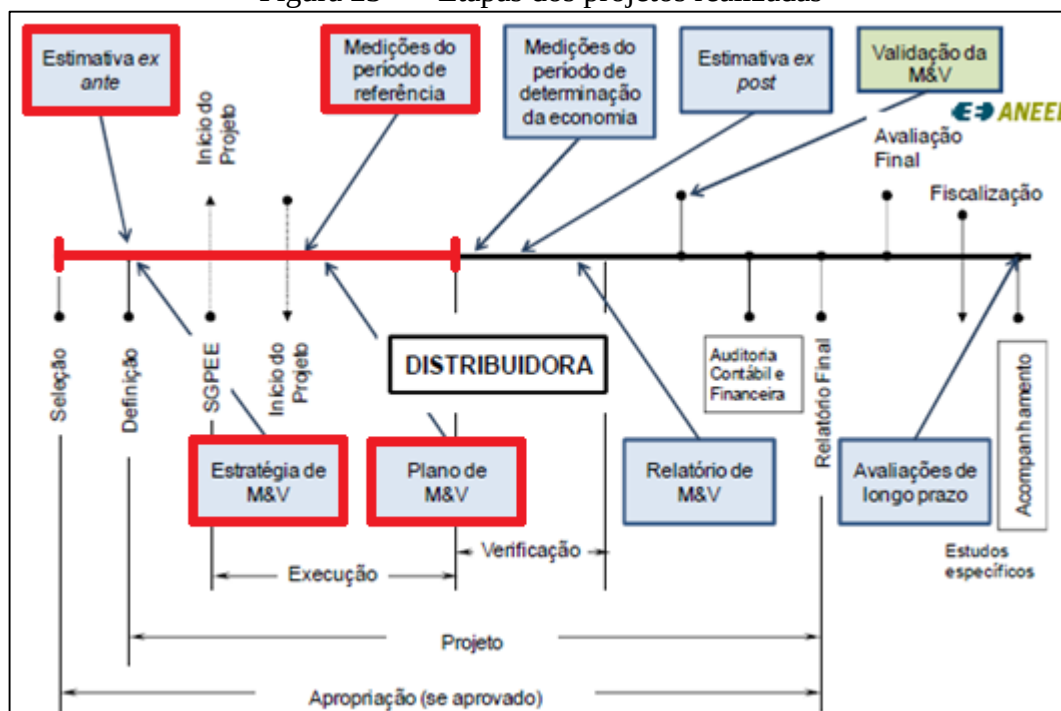
O projeto de eficiência energética no bloco do Departamento de Engenharia Elétrica (DEE) da UDESC será feito de duas formas, com objetivo de comparar duas abordagens de projetos de eficiência energética para área de iluminação, elas tiveram como base os modelos e os guias disponibilizados pela ANEEL.

O primeiro projeto mostrará os efeitos de um *Retrofit* num sistema de iluminação. O *Retrofit* é uma forma de troca dos equipamentos de uma tecnologia antiga por equipamentos mais eficientes, sem necessidade de mudanças estruturais ou no projeto elétrico. A ideia é avaliar o potencial de economia de energia pela simples troca de lâmpadas.

O segundo tem como objetivo de adequação dos níveis de iluminação em relação a ABNT 8995-1 de Iluminação de Ambientes de Trabalho e efficientizar o sistema de iluminação do bloco.

O PROPEE descreve todas as etapas de um projeto de eficiência energética, desde o seu planejamento até as avaliações periódicas de economia, como essas duas propostas de projetos não foram executadas, os projetos serão realizados até a etapa do Plano de Medição e Verificação que é a etapa antecedente a execução do projeto, como mostrado na Figura 23. Até essa etapa será possível realizar a Estimativa *ex ante*, Estratégia de M&V, Medições do Período de Referência até o Plano, essas etapas têm como objetivo definir o consumo de energia da instalação, propor as formas de cálculo de economia e RDP e quais resultados serão esperados com essas mudanças.

Figura 23 - Etapas dos projetos realizadas



Fonte: Produção autor

Os resultados serão comparados e os benefícios serão discutidos, para a melhor avaliação dos prós e contras de cada projeto.

3.1 PROJETO DE *RETROFIT*

O projeto de eficiência elétrica chamado *Retrofit* consiste na troca de lâmpadas, luminárias e reatores por equipamentos com melhor eficiência energética, mas sem redução dos níveis de iluminamentos dos ambientes. Essa proposta de projeto pode ser classificada como uma Ação de Eficiência Energética (AEE) na área de luminotécnica.

A ANEEL recomenda que as lâmpadas sejam agrupadas de forma homogênea para facilitar os cálculos de economia de energia, mas como não foi possível encontrar um padrão dos horários de funcionamento de cada ambiente as lâmpadas foram agrupadas por sala do DEE. A Tabela 10 mostra as quantidades e os tipos de lâmpadas que foram considerados no projeto.

Tabela 10 - Troca direta de lâmpadas

Quantidade	Lâmpada existente	Lâmpada proposta
665	FLUO T10 - 40W	LED TUBE - 18W
28	FLUO T8 – 32W	LED TUBE – 18W
3	INC – 100W	LED BB – 10W
3	FLC – 23W	LED BB – 10W
80	FLC – 11W	LED BB – 7W

Fonte: Produção Autor

Os modelos de lâmpadas presentes na Tabela 10 foram escolhidos para que uma troca direta possa ser feita. A ANEEL exige que os equipamentos que forem colocados possuam o selo PROCEL de eficiência energética. Foi realizada uma pesquisa, no próprio site do PROCEL, sobre as lâmpadas de LED e as suas características de temperatura de cor, base de fixação e fluxo luminoso, para que fossem o mais próximos possíveis dos que estão sendo usados no departamento. A Tabela 11 contém as características das lâmpadas escolhidas.

Tabela 11 - Características das lâmpadas

Lâmpada proposta	Fluxo Luminoso (lm)	Eficiência (lm/w)	Base	IRC	Temp de cor (K)	Vida útil (h)
LED TUBE - 18W	2000	111,0	G13	80	4000	40000
LED BB – 10W	850	85,0	E27	80	4000	25000
LED BB – 7W	650	92,0	E27	80	4000	35000

Fonte Autor com base no catálogo do PROCEL

Depois de determinados os modelos das lâmpadas que serão trocadas na AEE, é preciso fazer a escolha de uma das opções do PIMVP, definir a fronteira de medição, variáveis independentes e se existirão efeitos interativos entre AEEs.

Para essa AEE não foi considerado nenhuma variável independente já que a ação é uma troca direta de equipamentos e não afetará a distribuição elétrica.

Os efeitos interativos não serão estipulados pois há somente uma AEE, mas em caso de projetos com mais AEEs, como por exemplo, climatização, poderá ser considerado a redução de carga térmica dada pela troca das lâmpadas.

A fronteira de medição serão as próprias lâmpadas, onde os medidores de energia serão instalados nas próprias. Em casos de difícil acesso ou de conjunto homogêneo as fronteiras de medição poderão ser nos disjuntores dos circuitos das luminárias.

A opção A foi escolhida no PIMVP, conforme seção 2.1.1.3, para determinação da redução do consumo de energia e redução de demanda na ponta:

- Consumo de energia: Opção A: Medição isolada de parâmetros chave.
 - Redução demanda na ponta: Opção A: Análise horário de funcionamento das salas.
- Esse processo tem objetivo de definir os seguintes parâmetros chaves:
- Potência: que será medido por um analisador de energia.
 - Tempo: será estimado o tempo de uso das lâmpadas pelos horários de funcionamento das salas.
 - Energia: obtida pela multiplicação da potência pelo tempo.
 - Demanda da ponta: obtida pela potência multiplicada pela parcela de tempo de funcionamento na ponta.

Segundo [2], " Estas Opções se justificam porque a determinação das economias será feita a curto prazo, no âmbito de cada projeto, para ser viável economicamente. ”.

A determinação da quantidade de energia consumida e do consumo do horário de ponta seriam praticamente exatas se todas as lâmpadas fossem medidas por um longo período, somente os erros de medição e de calibragem dos equipamentos afetariam. Mas, como discutido no capítulo anterior, técnicas de amostragem serão utilizadas para redução dos gastos e a legitimidade dos dados serão garantidas pelos dos níveis de incerteza do processo de medição. Como indicados pela ANEEL os níveis são de 10% de precisão com 95% de confiabilidade.

O período de linha de base, onde foram feitas as medidas da potência e estimados o tempo de funcionamento dos ambientes foi de 02/11/2015 a 15/11/2015.

Para cada tipo de lâmpada foi definido uma amostra inicial, calculada conforme as equações (17) e (18) de amostragem. Mas, como esse é um processo iterativo, as medições foram feitas até os índices de precisão e confiabilidade serem atingidos. A Tabela 12 mostra os dados coletados no período de linha de base.

Tabela 12 - Cálculos para amostragem de base AEE *Retrofit*

CONSIDERAÇÕES PARA AMOSTRAGEM					
	FLUO T10 - 40W	FLUO T8 – 32W	INC – 100W	FLC – 23W	FLC – 11W
Quantidade	650	28	3	6	80
z	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96
Confiabilidade	95%	95%	95%	95%	95%
e (meta precisão)	10%	10%	10%	10%	10%
cv (estimado)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
n0	96,04	96,04	96,04	96,04	96,04
n	68,09	21,67	2,91	5,64	43,64

Fonte: Produção Autor

As características do medidor de energia utilizado para coleta das amostras são mostradas na Tabela 13.

Tabela 13 - Dados analisador de energia

Modelo	345
Marca	Fluke
Última Calibração	05/05/2012
Validade Calibração	05/05/2013
Precisão medidor	2,5%
Erro padrão	0,8W
Incerteza	2,5%

Fonte: Produção Autor

Dentro do período de linha de base as medições foram feitas para determinação do consumo de energia e, resumidamente, são mostradas na Tabela 14 para análise.

Tabela 14 - Análise dos resultados

	FLUO T10 - 40W	FLUO T8 – 32W	INC – 100W	FLC – 23W	FLC – 11W
Amostra Inicial	68,09	21,67	3	5,64	43,64
Amostra Realizada	25	15	3	6	20
Média	38,10W	26,56W	90W	19,88W	8,35
Desvio Padrão	0,93W	2,38W	-	1,66W	1,61W
cv calculado	0,024	0,089	-	0,0835	0,19
e (encontrada)	9,8%	3,78%	-	6,88%	5,75%

Fonte: Produção Autor

Os resultados estão dentro do limite determinado de 10% de precisão com 95% de confiabilidade.

O cálculo que será feito nessa fase de estimativa (*ex ante*) e, posteriormente, feitos para o cálculo de economia (*ex post*), é dado pela equação (22), mesma equação 1d) do PIMVP 2010 que é utilizada para projetos com escolha da opção A, medições de parâmetros chaves.

$$\begin{aligned} & \text{Economia Energia} \\ &= \text{Tempo estimado} * (\text{Potência da linha de base medida} \\ & - \text{Potência do período de determinação da economia medida}) \end{aligned} \quad (22)$$

A redução de demanda na ponta (RDP) será calculada pela equação (23).

$$\begin{aligned} & RDP \\ &= FCP_{\text{estimado}} * (\text{Potência da linha de base medida} \\ & - \text{Potência do período de determinação da economia medida}) \end{aligned} \quad (23)$$

A ANEEL sugere que o Fator de Coincidência na Ponta (FCP) seja calculado pela divisão da demanda média na ponta pela potência instalada. Mas, para um valor mais próximo da realidade será adotada a forma de cálculo do PEE da Centrais Elétricas de Santa Catarina (CELESC), via equação (24):

$$FCP = \frac{nup * nd * nm}{726} \quad (24)$$

Sendo:

- nup - Número de horas por dia de utilização do sistema a ser eficientizado no horário de ponta. Para a CELESC o horário de ponta compreende entre 18h30 a 21h30.
- nd: número de dias úteis ao longo do mês. Considerado 22 dias úteis no mês
- nm: número de meses de utilização. Serão considerados 11 meses como pelo calendário acadêmico da UDESC.
- 726 – número de horas equivalente às horas de ponta disponíveis ao longo de 1 ano.

De posse dos modelos de lâmpadas que serão trocadas e como serão calculadas as economias, já é possível preencher a tabela do PROPEE que dá uma estimativa de economia para projetos da tipologia de iluminação. A Tabela 15 é baseada na Tabela 1, mas com a

alteração da forma de cálculo do Fator de coincidência na ponta (FCP). Pelo grande número de ambientes no bloco do DEE, há vários sistemas calculados, portanto, na Tabela 15 serão mostrados alguns sistemas para demonstração da disposição dos dados na tabela, sendo que no Apêndice B estão todos os ambientes.

Tabela 15 - Resultado esperado AEE *Retrofit*

Sistema Atual				
	Sala E01	Sala E 29	Sala E47	Corredor Laman
Tipo de lâmpada	FLUO T10 - 40W	FLUO T10 - 40W	FLUO T8 - 32W	FLC - 23W
Potência lâmpada (W)	40	40	32	23
Quantidade	6	8	12	3
Potência reator (W)	3	3	3	0
Quantidade	3	4	6	0
Potência instalada (kW)	0,25	0,33	0,40	0,07
Tempo de utilização do sistema (h/dia)	12,00	12,00	12,00	14,00
Dias de utilização do sistema (dia/ano)	242,00	242,00	242,00	242,00
Funcionamento (h/ano)	2.904,00	2.904,00	2.904,00	3.388,00
nm (meses)	11	11	11	11
nd (dias)	22	22	22	22
nup (horas)	3,00	3,00	3,00	3,00
Potência média na ponta	0,23	0,30	0,37	0,06
FCP	0,92	0,92	0,92	0,92
Energia Consumida (MWh/ano)	0,72	0,96	1,17	0,23
Demanda média na ponta (kW)	0,23	0,30	0,37	0,06

Tabela 15 - Resultado esperado AEE *Retrofit* (continuação)

Sistema Proposto				
	Sala E01	Sala E29	Sala E47	Total
Tipo de lâmpada	LED TUBE - 18W	LED BB - 10W	LED BB - 10W	LED BB - 10W
Potência lâmpada (W)	18	18	18	18
Quantidade	6	3	3	3
Potência reator (W)	0	0	0	0
Quantidade	0	0	0	0
Potência instalada (kW)	0,11	0,05	0,05	0,05
Tempo de utilização do sistema (h/dia)	12,00	14,00	14,00	14,00
Dias de utilização do sistema (dia/ano)	242,00	242,00	242,00	242,00
Funcionamento (h/ano)	2.904,00	3.388,00	3.388,00	3.388,00
nm (meses)	11	11	11	11
nd (dias)	22	22	22	22
nup (horas)	3	3	3	3
Potência média na ponta	0,10	0,05	0,05	0,05
FCP	0,92	0,92	0,92	0,92
Energia Consumida (MWh/ano)	0,32	0,17	0,17	0,17
Demanda média na ponta (kW)	0,10	0,05	0,05	0,05
Resultados Esperados				
	Total			
Redução de Demanda na Ponta (kW)	12,51			
Redução de Demanda na Ponta (%)	56%			
Energia Economizada (MWh/ano)	44,86			
Energia Economizada (%)	56%			

Fonte: Produção Autor

O cálculo de RCB *ex ante* é feito para uma avaliação prévia da AEE. Como os gastos de levantamento de dados são muito menores que os gastos totais do projeto é possível fazer uma adequação de investimento ou de tecnologia dos equipamentos para melhores benefícios.

Para a construção das Tabelas 16, 17 e 18, foram utilizados os conceitos discutidos no capítulo de cálculo de viabilidade.

Algumas considerações foram feitas:

- Para o cálculo do FRC_u foi considerado uma taxa de 8% conforme PDE.
- Acessórios e equipamentos foi considerado uma vida útil de 20 anos conforme PEE CELESC de 2015.

- Os preços das lâmpadas foram definidos através de uma pesquisa em sites de 3 lojas do ramo e foi escolhido o preço médio encontrado.

Tabela 16 - Custo total de equipamentos AEE *Retrofit*

Item	Equip	Custo (R\$)	Qtd	Custo Total (R\$)	Vida útil (anos)	FRCu	Custo anualizados
1	LED TUBE - 18W	R\$ 56,00	524	R\$ 29.344,00	13,77	0,122425	R\$ 4.455,21
2	LED TUBE - 18W	R\$ 56,00	67	R\$ 3.752,00	11,81	0,133995	R\$ 623,49
3	LED TUBE - 18W	R\$ 56,00	34	R\$ 1.904,00	15,03	0,116705	R\$ 275,57
4	LED TUBE - 18W	R\$ 56,00	38	R\$ 2.128,00	27,55	0,090908	R\$ 239,91
5	LED TUBE - 18W	R\$ 56,00	6	R\$ 336,00	55,10	0,081168	R\$ 33,82
6	LED TUBE - 18W	R\$ 56,00	20	R\$ 1.120,00	18,37	0,105711	R\$ 146,83
7	LED TUBE - 18W	R\$ 56,00	4	R\$ 224,00	165,29	0,080000	R\$ 22,22
8	LED BB - 10W	R\$ 22,00	3	R\$ 66,00	8,85	0,161962	R\$ 13,26
9	LED BB - 10W	R\$ 22,00	3	R\$ 66,00	13,77	0,122425	R\$ 10,02
10	LED BB - 7W	R\$ 16,00	80	R\$ 1.280,00	72,31	0,080307	R\$ 127,48
11	Acessórios	R\$ 3,00	133	R\$ 399,00	20,00	0,101852	R\$ 50,40
Total equipamentos				CET= R\$40.0619,00		CAT= R\$ R\$ 5.998,23	

Fonte: Produção Autor

A Tabela 17 é referente aos custos dos serviços e gastos indiretos, como o projeto não foi executado serão considerados os gastos conforme os limites estipulados no PEE da CELESC de 2015. São eles:

- A soma dos custos com recursos próprios de “elaboração de projetos”, “mão de obra de terceiros”, “descarte de materiais” e “medição e verificação” não poderá ser maior que 35% (trinta e cinco por cento) do custo com recursos próprios do item “materiais e equipamentos”;
- Custo de medição e verificação não poderá ser maior que 5% do custo total;

- Custo de acessórios não discriminados não poderá ser maior que 1% do custo em materiais;
- A soma de custos com marketing e administração própria não poderá ser maior que 5% do custo do projeto;
- Custo com treinamento e capacitação não poderá ser maior que 5% do custo total do projeto;

Para mão de obra será utilizado os valores fornecidos pela unidade de orçamento da Fundação Instituto de Pesquisa e Planejamento para o Desenvolvimento Sustentável de Joinville (IPPUJ). São eles:

Tabela 17 - Serviços e demais custos indiretos AEE *Retrofit*

Item	Descrição	Custo	Qtd	Custo Total
1	Instalação lâmpada LED tubular	R\$2,92	693	R\$ 2.023,56
2	Instalação lâmpada LED compacta	R\$3,85	86	R\$ 331,48
4	Mão de obra	-	-	R\$1.600,00
5	Elaboração do projeto (diagnóstico)	-	-	R\$1.700,00
6	Administração própria	-	-	R\$1.000,00
7	Marketing (Divulgação)	-	-	R\$1.000,00
8	Treinamento e capacitação	-	-	R\$500,00
9	Medição e verificação	-	-	R\$2.000,00
Total serviços e demais indiretos				CS= R\$12.845,00
Custo Total Projeto				CT= R\$53.631,53

Fonte: Produção Autor

Após a contabilização dos custos, Tabela 16 e 17, e da economia esperada, Tabela 15 serão calculados os benefícios totais conforme mostrado no item de cálculo de viabilidade.

Os custos tarifários de energia foram obtidos pela consulta à concessionária. O campus da UDESC se enquadra na modalidade tarifária Verde e no subgrupo tarifário A4 com alimentação de 2,3kV a 25kV.

Na Tabela 18 estão os dados para o cálculo do CEE e CED, a consideração sugerida pela ANEEL é que seja utilizado um fator de carga de 0,7 e um valor de k de 0,15, assim utilizando a Tabela do Anexo A foram obtidos os valores de LP, LE₁, LE₂, LE₃ e LE₄, necessários para o cálculo de LE_p e LE_{fp} que são dados pelas equações (3) e (4), respectivamente.

Tabela 18 - Apoio Custos de energia e demanda

C1	Custo unitário da demanda no horário de ponta	R\$/kW.mês	25,31
C2	Custo unitário da demanda no horário fora de ponta	R\$/kW.mês	9,11
Cp	Custo unitário da energia no horário de ponta na bandeira verde	R\$/MWh	469,44
Cfp	Custo unitário da energia no horário de ponta na bandeira verde	R\$/MWh	321,93
FC	Fator de carga	1	0,7
LP	Constante de perda de demanda no posto fora de ponta,	1	0,5476
LE ₁	Constante de perda de energia no posto de ponta de períodos secos	1	0,38516
LE ₂	Constante de perda de energia no posto de ponta de períodos úmidos	1	0,26961
LE ₃	Constante de perda de energia no posto fora de ponta de períodos secos	1	2,29381
LE ₄	Constante de perda de energia no posto fora de ponta de períodos úmidos	1	1,61977
LEp	Constante de perda de energia no posto de ponta	1	0,33701
LEfp	Constante de perda de energia no posto de fora de ponta	1	2,01296

Fonte: Produção autor

De posse dos valores da Tabela 18 os valores do CEE e CED foram calculados pelas equações (2) e (5), respectivamente, e apresentados na Tabela 19.

Tabela 19 - Custos de energia e demanda

CEE	Custo Unitário Evitado de Energia	R\$/MWh	R\$343,08
CED	Custo Unitário Evitado de Demanda	R\$/kW-ano	R\$363,58

Fonte: Produção autor

Conhecendo os benefícios anualizados e os custos anuais foi possível calcular o RCB do projeto. Mostrado na Tabela 20.

Tabela 20 - Benefícios e RCB *ex ant* AEE *Retrofit*

1	Energia economizada	44,86 MWh/ano	Custo unitário energia	R\$ 343,08	Benefício Energia	R\$15.393,21
2	Demanda reduzida na ponta	12,51 kW	Custo unitário demanda	R\$363,58	Benefício Demanda	R\$4.548,57
Benefício Anualizado Total						R\$19.940,78
Custo Anualizado Total						R\$5.998,23
RCB <i>ex ant</i>						0,30

Fonte: Produção autor

O resultado de 0,30 é o muito satisfatório pois se encontra bem abaixo do limite estipulado pela ANEEL de 0,8, e indica que o projeto é muito viável para ser executado.

Após os cálculos para RCB é possível ter uma estimativa de quanto de economia que esse projeto poderá gerar e quanto de investimento deverá ser feito.

Essa etapa que foi realizada é chamada de Plano de Medição e Verificação, pois todas as considerações quanto à tipo da AEE que será realizado, equipamentos que serão trocados, formas de cálculo de economia e redução na ponta, dados que deverão ser coletados e resultados esperados estão discutidos. A principal diferença do Plano para o Relatório de Medição e Verificação, é que o Relatório é feito após a aplicação da AEE, nele contém o cálculo de Economia e Redução de Demanda na Ponta, além disso o RCB *ex post* é recalculado com benefícios medidos e gastos realizados.

3.2 PROJETO EFICIÊNCIA LUMINOTÉCNICA

O projeto de eficiência luminotécnica tem como objetivo atender a norma de iluminação de interiores ABNT 8995-1 e ainda realizar um projeto de eficiência energética na área de luminotécnica com um RCB aceitável para os parâmetros da ANEEL. Para a sua realização ele foi dividido em duas etapas, a primeira de medição dos níveis de iluminamento das salas e depois consulta na norma e, a segunda parte, é feita com a proposta de mudança do projeto luminotécnico e os cálculos para análise da viabilidade do projeto.

Para medição do nível de iluminamento das salas foi utilizado um Luxímetro da marca Politerm modelo LD-150, mostrado na figura F4.

Figura 24 - Luxímetro Politem LD-150



Fonte: [20]

Os valores medidos, as respectivas áreas e a altura das salas são mostradas no Apêndice C.

Para realização dos projetos luminotécnicos de todas as salas do bloco do DEE foi utilizado o *software* computacional DIALux evo da marca Dial. Esse *software* é uma poderosa ferramenta para projetos luminotécnicos, pois ele pode realizar todo projeto de uma edificação. Desde simular efeitos de iluminação natural até calcular o ofuscamento. Além disso, as principais fornecedoras de lâmpadas e luminárias disponibilizam seus catálogos para que seus produtos possam ser simulados.

A norma de iluminação de interiores limita valores de iluminamento, ofuscamento e reprodução de cor, como mostrado anteriormente. A Tabela 21 mostra em qual tipo de ambiente as salas do DEE se enquadram para que os parâmetros sejam respeitados.

Tabela 21 - Dados ABNT 8995-1

Ambiente	Tarefa	E (lux)	UGR_L	IRC	Observação
1. Áreas Gerais da edificação	Áreas de circulação e corredores	100	28	40	
1. Áreas Gerais da edificação	Vestiários, banheiros e toaletes	200	25	80	
1. Áreas Gerais da edificação	Depósito estoque	100	25	60	200 lux se for continuamente ocupado
22. Escritório	Escrever, teclar, ler, processar dados	500	19	80	
22. Escritório	Sala de reunião e conferência	500	19	80	Iluminação controlável recomendada
28. Construções Educacionais	Salas de aplicação e laboratórios	500	19	80	
28. Construções Educacionais	Salas de ensino de computador.	500	19	80	

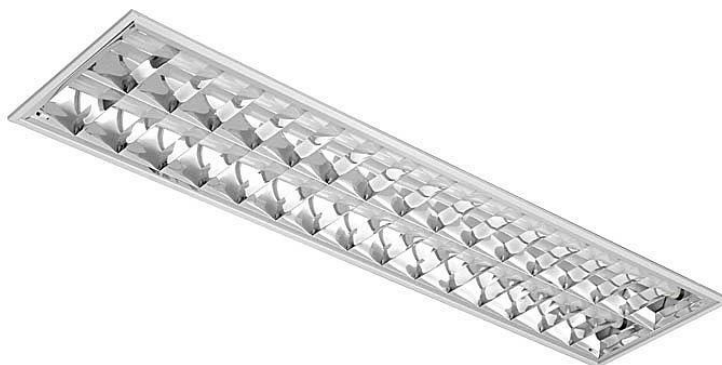
Fonte: Produção autor

Mesmo existindo na norma um item exclusivo para sala de professores, foi utilizado os parâmetros para sala de escritório pois os professores realizam todas as tarefas descritas na especificação do item.

Uma análise inicial que pode ser feita é que a maior parte dos ambientes estão de acordo com os limites dados pela norma e, nos poucos casos que estão fora, pode ser considerado um margem de erro de precisão do luxímetro e de medição. Mas, mesmo assim, foi feita uma simulação de todas os ambientes para que os índices de ofuscamento sejam respeitados.

Para simulação computacional foram utilizados os modelos das lâmpadas que serão propostas para substituição na etapa de eficiência, que são as mesmas da proposta de projeto anterior. Já a luminária escolhida para troca é da marca Lumicenter e modelo CAA01-E232, esse modelo foi escolhido pela luminária ter aletas que fazem o controle de ofuscamento e refletor de alumínio para melhorar a eficiência luminosa. As Figuras 25 e 26 mostram a luminária e a tabela para cálculo do fator de utilização.

Figura 25 - Luminária utilizada no projeto



Fonte: [21]

Figura 26 - Fator de utilização

Teto (%)	70			50			30			0
Parede (%)	50	30	10	50	30	10	50	30	10	0
Chão (%)	20			20			20			0
RCR	Fator de Utilização (%)									
0	84	84	84	81	81	81	77	77	77	73
1	77	75	73	74	73	71	72	70	69	66
2	70	67	64	68	65	63	65	63	61	59
3	64	59	56	62	58	55	60	57	54	52
4	58	53	49	56	52	49	55	51	48	46
5	53	48	44	51	47	44	50	46	43	41
6	48	43	39	47	43	39	46	42	39	37
7	44	39	36	43	39	35	42	38	35	34
8	41	36	32	40	35	32	39	35	32	31
9	38	33	29	37	32	29	36	32	29	28
10	35	30	27	35	30	27	34	30	27	26

Fonte: [21]

O fator de utilização da luminária dado pela figura 26 é limitado para alguns níveis de refletância de cor para fins de cálculo como por exemplo o teto só pode ter reflexão de 30%,50% ou 70%, mas na verdade cada cor ou material tem sua própria refletância. A ABNT 8995-1 permite algumas faixas de refletâncias para cada área do ambiente:

- Teto: 0,6 a 0,9
- Paredes: 0,3 a 0,8
- Planos de trabalho: 0,2 a 0,6
- Piso: 0,1 a 0,5

Para simulação feita no DIALux evo foram consideradas refletâncias diferentes do padrão para o cálculo do fator de utilização. A Figura 27 mostra as refletâncias de alguns materiais e cores que foram seguidas na simulação.

Figura 27 - Refletância de materiais e cores

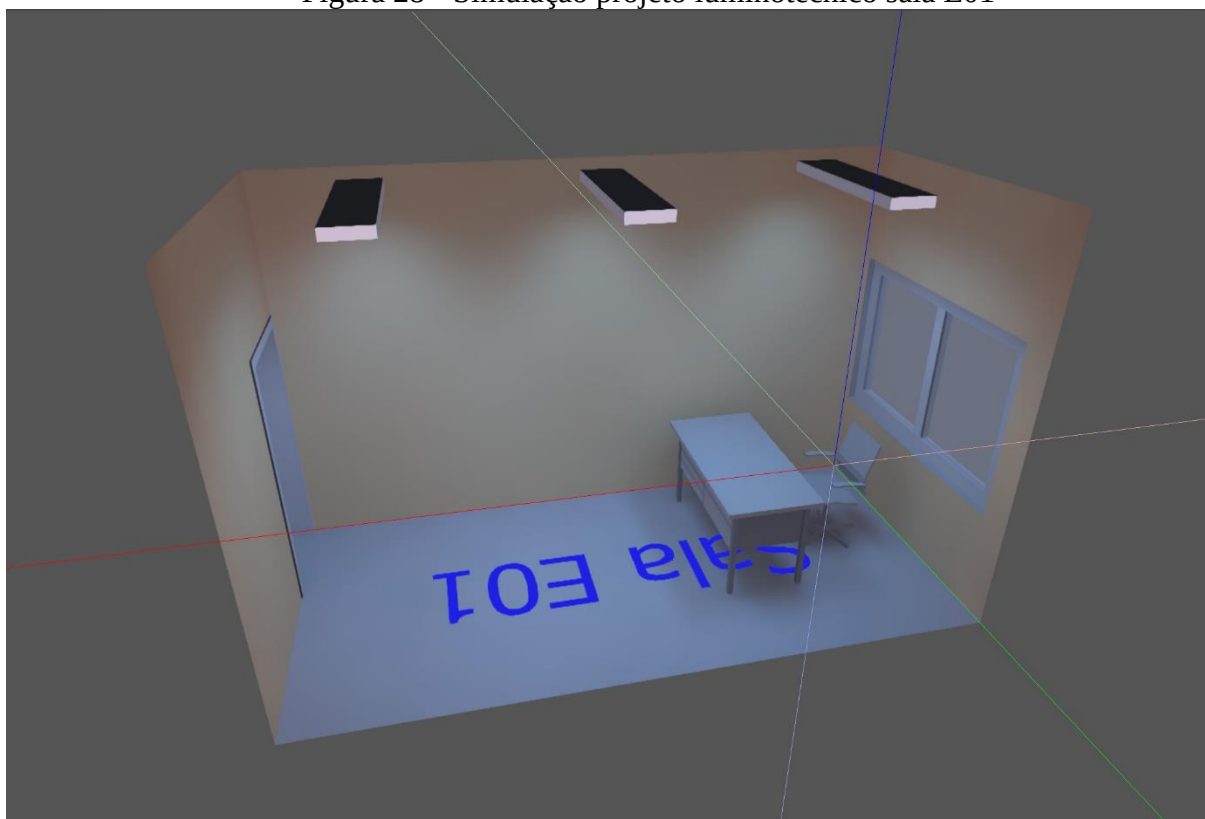
Materiais	%
Rocha	60
Tijolos	5..25
Cimento	15..40
Madeira clara	40
Esmalte branco	65..75
Vidro transparente	6..8
Madeira aglomerada	50..60
Azulejos brancos	60..75
Madeira escura	15..20
Gesso	80
Cores	%
Branco	70..80
Creme claro	70..80
Amarelo claro	55..65
Rosa	45..50
Verde claro	45..50
Azul celeste	40..45
Cinza claro	40..45
Bege	25..35
Amarelo escuro	25..35
Marrom claro	25..35
Verde oliva	25..35
Laranja	20..25
Vermelho	20..35
Cinza médio	20..35
Verde escuro	10..15
Azul escuro	10..15
Vermelho escuro	10..15
Cinza escuro	10..15
Azul marinho	5..10
Preto	5..10

Fonte: [22]

Para Sala E01 que é a secretaria do DEE foram consideradas refletâncias de 80% para o teto que é da cor branca, 70% para as paredes que são cor creme claro e 40% para o chão que é um azulejo da cor cinza clara. Essas refletâncias foram dadas pelo próprio *software* na escolha das cores. Atualmente, a iluminação da sala é feita por três luminárias com duas lâmpadas fluorescentes T10 de 40W, cada, totalizando 6 lâmpadas. Para o projeto luminotécnico e de eficiência energética foi sugerido a troca das luminárias e das lâmpadas por tubulares de LED de 18W de potência. A simulação dessa situação foi feita para o mesmo número de lâmpadas e

luminárias e os resultados encontrados foram 528lux de iluminamento, UGR de 16 e uniformidade de iluminamento de 0,78. Todos resultados satisfatórios aos padrões da ABNT 8995-1. A Figura 28 mostra o resultado da simulação.

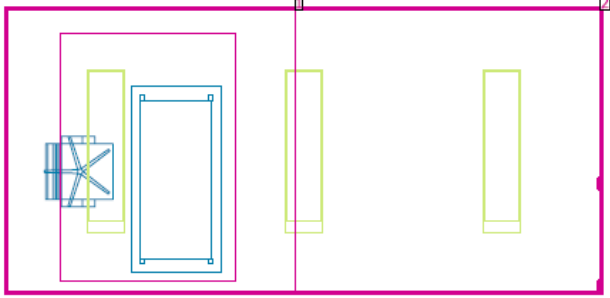
Figura 28 - Simulação projeto luminotécnico sala E01



Fonte: Produção Autor

Outra ferramenta muito interessante do *software* é que ele gera relatório técnicos (Figura 29) com os parâmetros utilizados para simulação e os resultados encontrados.

Figura 29 - Relatório da simulação



Height of room: 3.070 m, Height of working plane: 0.800 m, Wall zone: 0.000 m
Reflection factors: Ceiling 80.0%, Walls 69.8%, Floor 54.0%, Maintenance factor: 0.80

Workplane

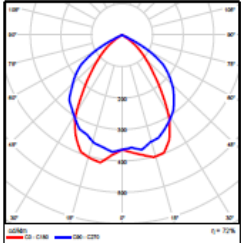
Surface	Result	Mean (target)	Min	Max	Min/average	Min/max
2 Workplane 1	Perpendicular illuminance [lx]	503 (500)	245	634	0.487	0.386

EN 12464-1

1 Visual task area 1	Perpendicular illuminance [lx]	519 (500)	383	629	0.738	0.609
Surrounding area 1	Perpendicular illuminance [lx]	463 (300)	270	625	0.583	0.432
Background area 1	Perpendicular illuminance [lx]	433 (100)	328	498	0.758	0.659

No.	Quantity
1	3

Lumicenter Lighting 25 CAA01-S232
Light output ratio: 72.43%
Lamp luminous flux: 4000 lm
Luminaire Luminous Flux: 2897 lm
Power: 39.0 W
Light yield: 74.3 lm/W



Total lamp luminous flux: 12000 lm, Total luminaire luminous flux: 8691 lm, Total Load: 117.0 W, Light yield: 74.3 lm/W

Lighting power density: 10.11 W/m² = 2.01 W/m²/100 lx (Ground area 11.58 m²)

Fonte: Produção do Autor

Uma tabela contendo os resultados do projeto luminotécnico de todas a salas se encontra no Apêndice D.

Os conceitos de iluminação natural não foram utilizados para esses projetos luminotécnicos pela dificuldade de quantização do iluminamento gerado pelo sol, ele varia com a hora do dia, estação climática e pela localização de cada sala e, portanto, admitir uma fonte de iluminação natural constante poderia levar a um baixo índice de iluminamento em alguns períodos do ano.

Os resultados das simulações foram muito satisfatórios pois todas as exigências da norma de iluminação foram atendidas. O único ponto a ser avaliado é que o número total de luminárias e lâmpadas aumentou, na etapa do projeto de eficiência energética esse aumento de custo e de consumo afetará diretamente no resultado do RCB.

Após a realização do projeto luminotécnico de todas as salas, as quantidades de lâmpadas, luminárias e das alterações que precisarão ser feitas no sistema de iluminação é possível iniciar o planejamento da AEE chamada de Luminotécnica.

Para esse projeto as mesmas considerações foram feitas para escolha da medição, cálculo de economia e amostragem, e serão resumidas na sequência:

- Opção A para consumo de energia e redução da demanda da ponta.
- Não há variável independente.
- Não foi estipulado efeito interativo.
- Fronteira de medição na própria lâmpada
- Mesmo período de linha de base 02/11/2015 a 15/11/2015.
- Mesma amostragem e medições de linha de base.
- Mesma forma de cálculo para economia e redução de demanda na ponta.
- Mesmo modelos de lâmpadas que serão trocados.

A Tabela 22 mostra o resultado esperado da troca de algumas salas, mas no Apêndice D estão todos os outros sistemas propostos.

Tabela 22 - Resultado esperado AEE luminotécnica

Sistema Atual				
	Sala E 03 Auditório	Sala E 05	Sala E 30	Sala E47
Tipo de lâmpada	FLC - 11W	FLUO T10 - 40W	FLUO T10 - 40W	FLUO T8 - 32W
Potência lâmpada (W)	11	40	40	32
Quantidade	80	14	10	12
Potência reator (W)	0	3	3	3
Quantidade	50	7	5	6
Potência instalada (kW)	0,88	0,58	0,42	0,40
Tempo de utilização do sistema (h/dia)	2,00	12,00	12,00	12,00
Dias de utilização do sistema (dia/ano)	242,00	242,00	242,00	242,00
Funcionamento (h/ano)	484,00	2.904,00	2.904,00	2.904,00
nm (meses)	11	11	11	11
nd (dias)	22	22	22	22
nup (horas)	-	3,00	3,00	3,00
Potência média na ponta	0,00	0,53	0,38	0,37
FCP	0,00	0,92	0,92	0,92
Energia Consumida (MWh/ano)	0,43	1,69	1,21	1,17
Demanda média na ponta (kW)	0,00	0,53	0,38	0,37

Tabela 22 - Resultado esperado AEE Luminotécnica (continuação)

Sistema Proposto				
	Sala E 03 Auditório	Sala E 05	Sala E30	Sala E47
Tipo de lâmpada	LED BB - 7W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W
Potência lâmpada (W)	7	18	18	18
Quantidade	80	18	16	18
Potência reator (W)	0	0	0	0
Quantidade	0	0	0	0
Potência instalada (kW)	0,56	0,32	0,29	0,32
Tempo de utilização do sistema (h/dia)	2,00	12,00	12,00	12,00
Dias de utilização do sistema (dia/ano)	242,00	242,00	242,00	242,00
Funcionamento (h/ano)	484,00	2.904,00	2.904,00	2.904,00
nm (meses)	11	11	11	11
nd (dias)	22	22	22	22
nup (horas)	0	3	3	3
Potência média na ponta	0,00	0,29	0,27	0,29
FCP	0,00	0,92	0,92	0,92
Energia Consumida (MWh/ano)	0,27	0,93	0,84	0,93
Demanda média na ponta (kW)	0,00	0,29	0,27	0,29
Resultados Esperados				
	Total			
Redução de Demanda na Ponta (kW)	11,29			
Redução de Demanda na Ponta (%)	50,4%			
Energia Economizada (MWh/ano)	41,12			
Energia Economizada (%)	51,4%			

Fonte: Produção Autor

A Tabela 23 mostra os custos da AEE luminotécnica.

Tabela 23 - Custo total de equipamentos AEE luminotécnica

Item	Equip	Custo (R\$)	Qtd	Custo Total (R\$)	Vida útil (anos)	FRCu	Custo anualizados
1	LED TUBE - 18W	R\$ 56,00	588	R\$ 32.928,00	13,77	0,1224255	R\$5.035,35
2	LED TUBE - 18W	R\$ 56,00	77	R\$ 4.312,00	11,81	0,1339951	R\$721,71
3	LED TUBE - 18W	R\$ 56,00	22	R\$ 1.232,00	15,03	0,1167056	R\$ 179,60
4	LED TUBE - 18W	R\$ 56,00	36	R\$ 2.016,00	27,55	0,0909089	R\$228,92
5	LED TUBE - 18W	R\$ 56,00	6	R\$ 336,00	55,10	0,0811688	R\$34,07
6	LED TUBE - 18W	R\$ 56,00	22	R\$ 1.232,00	18,37	0,1057115	R\$162,68
7	LED TUBE - 18W	R\$ 56,00	4	R\$ 224,00	165,29	0,0800002	R\$ 22,38
8	LED BB - 10W	R\$ 22,00	3	R\$ 66,00	8,85	0,1619621	R\$13,35
9	LED BB - 10W	R\$ 22,00	3	R\$ 66,00	13,77	0,1224255	R\$10,09
10	LED BB - 7W	R\$ 16,00	80	R\$ 1.280,00	72,31	0,0803075	R\$128,40
11	LUMINÁRIA COM REFLETOR E ALETAS - CAA01-E232	R\$ 104,00	100	R\$ 10.400,00	20,00	0,1018522	R\$1.323,11
12	Acessórios	R\$ 3,00	180	R\$ 540,00	20,00	0,1018522	R\$ 68,70
Total equipamentos				CET= R\$54.632,00		CAT= R\$7.928,36	

Fonte: Produção autor

A tabela 24 mostra os custos dos serviços e o custo total do projeto.

Tabela 24 - Custo de serviços AEE luminotécnica

Item	Descrição	Custo	Qtd	Custo Total
1	Instalação lâmpada LED tubular	R\$2,92	755	R\$ 2.204,60
2	Instalação lâmpada LED compacta	R\$3,85	86	R\$ 331,48
3	Instalação luminária para lâmpada tubular	R\$8,76	100	R\$ 876,00
4	Mão de obra			R\$1.600,00
5	Elaboração do projeto (diagnóstico)			R\$1.700,00
6	Administração própria			R\$1.500,00
7	Marketing (Divulgação)			R\$1.500,00
8	Treinamento e capacitação			R\$1.000,00
9	Medição e verificação			R\$3.000,00
Total serviços e demais indiretos				CS= R\$6.712,08
Custo Total Projeto				CT= R\$ 68.344,08

Fonte: Produção Autor

Os valores de CED e CEE são os mesmos da AEE *Retrofit*, mostrados nas tabelas 18 e 19. A tabela 25 apresenta o cálculo do RCB da AEE luminotécnica.

Tabela 25 - RCB AEE luminotécnica

1	Energia economizada	41,12 MWh/ano	Custo unitário energia	R\$ 343,08	Benefício Energia	R\$14106,77
2	Demanda reduzida na ponta	11,29 kW	Custo unitário demanda	R\$363,58	Benefício Demanda	R\$4103,18
Benefício Anualizado Total						R\$18.209,95
Custo Anualizado Total						R\$7.928,44
RCB <i>ex ant</i>						0,436

Fonte: Produção Autor

O RCB encontrado para AEE Luminotécnica é de 0,436 que é um valor dentro do limite de 0,8 estipulado pela ANEEL. Maior que o RCB do projeto *Retrofit* como esperado, pelo aumento do número de luminárias instaladas.

4 CONCLUSÃO

Ao realizar esse estudo de caso, na área de eficiência energética para projetos de iluminação no bloco do DEE da UDESC, pode aplicar os conceitos de M&V. Por meio do qual, buscou-se analisar os sistemas de iluminação a fim de garantir a confiabilidade do cálculo de redução do consumo de energia e de demanda na ponta.

Na realização do diagnóstico da instalação foram coletados os níveis de iluminamento dos ambientes, consumo de energia, quantidade e modelo das lâmpadas e o tempo de funcionamento dos ambientes. Como o foco dessa coleta foi aplicar M&V de resultados em projetos de iluminação, foram identificados quais modelos de lâmpadas seriam as mais adequadas para substituição em termos de consumo de energia e eficiência luminosa.

Ao se estudar as tipologias de lâmpada e conceitos de iluminação pode se concluir que a tecnologia LED é a mais indicada para o projeto, configurando-se como a mais eficiente em iluminação e em consumo de energia.

Nesse projeto foi considerado troca de lâmpadas fluorescentes compactas e tubulares por lâmpadas de LED, mas com dois focos diferentes, sendo um a troca direta de lâmpadas e o outro com realização de um projeto luminotécnico e a troca das lâmpadas. Ao se aplicar as técnicas de M&V para análise dos projetos verificou-se que a relação custo benefício da troca direta é 30% menor e o investimento necessário é R\$17.970,04 mais barato. Entretanto, o índice de RCB do projeto luminotécnico está dentro do intervalo permitido para que possa ser encaminhado à concessionária de energia e, se aprovado o investimento será totalmente bancado pela própria, além disso o ganho com conforto em uma instituição de ensino, não pode ser mensurado.

Com base nos objetivos relatados no início desse trabalho, e com a aplicação dos conceitos de M&V, concluiu-se que para os dois tipos de projetos são economicamente viáveis com RCBs de 0,3 e 0,436 e trazem grandes reduções no consumo de energia e redução de demanda na ponta, considerando somente o sistema de iluminação.

4.1 TRABALHOS FUTUROS

No bloco do DEE os condicionadores de ar são os maiores consumidores de energia, um PEE nesse tipo de equipamento junto com sistema de iluminação poderia gerar grandes

ganhos econômicos e energéticos, porque lâmpadas eficientes geram menos calor e assim a carga térmica que o condicionador de ar precisa suprir é bem reduzida.

Pensando num investimento e retorno muito maiores, um grande PEE pode ser feito no campus da UDESC em mais tipologias de projetos, reunindo todos os cursos e suas especialidades nos diagnósticos energéticos e nas proposições de soluções.

5 REFERÊNCIAS

- [1] PROGRAMA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA (Org). **Manual de iluminação**. Rio de Janeiro: PROCEL EPP, 2011. Disponível em: <
http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/MANUAL%20DE%20ILUMINACA O%20-%20PROCEL_EPP%20-AGOSTO%202011.pdf>. Acesso em 22 abril 2015.
- [2] AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Org). **Procedimentos do Programa de Eficiência Energética – PROPEE 2013**. Brasília : ANEEL, 2013.
- [3] EFFICIENCY VALUATION ORGANIZATION. **Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance** : Conceitos e Opções para a Determinação de Economias de Energia e de Água. 1.ed. Sofia: EVO, 2012.
- [4]PROGRAMA DE EFICIÊNCIA ENERGÉICA (Org.). **O programa**. Rio de Janeiro: PROCEL, 2006. Disponível em:
<<http://www.PROCELinfo.com.br/main.asp?TeamID={921E566A-536B-4582-AEAF-7D6CD1DF1AFD}>>. Acesso em 27 abril 2015.
- [5]ELETROBRAS (Org). **Selo PROCEL chega às lâmpadas LED**. Rio de Janeiro: 2014. Disponível em: <
<http://www.eletrobras.com/elb/data/Pages/LUMISEB7EA1A1ITEMID55050D804C27479986646483E736525CPTBRIE.htm> >. Acesso em 01 maio 2015.
- [6]SANTOS, A.H.M. et al. **Conservação de energia**: eficiência energética de equipamentos e instalações. 3. ed. Itajubá: FUPAI, 2006.
- [7]RODRIGUES, Pierre. **Manual de iluminação eficiente**. 1.ed. Rio de Janeiro: PROCEL, 2002. Disponível em:
<<http://www.PROCELinfo.com.br/main.asp?View=%7B5A08CAF0-06D1-4FFE-B335-95D83F8DFB98%7D&Team=¶ms=itemID=%7BB2BAF2D9-B05C-4080-BF1A-CD72478FE1B5%7D;&UIPartUID=%7B05734935-6950-4E3F-A182-629352E9EB18%7D>>. Acesso 20 abril 2015.
- [8]PROGRAMA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA (Org). **Manual de iluminação**. Rio de Janeiro: PROCEL EPP, 2011. Disponível em: <
http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/MANUAL%20DE%20ILUMINACA O%20-%20PROCEL_EPP%20-AGOSTO%202011.pdf>. Acesso em 22 abril 2015.
- [9] IRC/Representação de Cor. 2014. Disponível em: < Fonte:
https://huntertradeiluminacao.files.wordpress.com/2014/10/icr_2.jpg?w=584>. Acesso em 15 nov 2015.
- [10]GOLÇALVES, J.C.S.; VIANNA, N.S.; MOURA, N.C.S. **Iluminação natural e artificial**. Rio de Janeiro: PROCEL Edifica, 2011. Disponível em: <
<http://www.PROCELinfo.com.br/main.asp?View=%7B5A08CAF0-06D1-4FFE-B335->

95D83F8DFB98%7D&Team=¶ms=itemID=%7B2BBE8E16-41A6-4C8F-ABAC-949437DC9AE0%7D;&UIPartUID=%7B05734935-6950-4E3F-A182-629352E9EB18%7D>. Acesso em 20 abril 2015.

- [11] COSTA, G.J.C. **Iluminação econômica** : Cálculo e avaliação. 4.ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2006.
- [12] ASSOCIAÇÃO DE NORMAS TÉCNICAS (Org). **Projeto 02:135.02-002. Iluminação natural – Parte 2**: Conceitos básicos e definições. Rio de Janeiro: 2002.
- [13] FONTES, M.C. **A eficiência energética em projetos luminotécnicos em ambiente residencial**. Goiânia: IPOG, 2011. Disponível em: < <http://www.ipog.edu.br/revistaipog/admin/uploads/artigos/16.pdf>>. Acesso em 30 abril 2015.
- [14] SANTOS, A.H.M et al. **Eficiência energética** : teoria & prática. 1.ed. Itajubá : FUPAI, 2007.
- [15] LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 3.ed. São Paulo: PRO Livros, 2004.
- [16] ASSOCIAÇÃO DE NORMAS TÉCNICAS (Org). **Projeto 8995-1. Iluminação de ambientes de trabalho Parte 1**: Interior. Rio de Janeiro: 2013.
- [17] EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Org). **Plano Decenal de Expansão de Energia 2023**. Brasília: MME/EPE, 2014.
- [18] EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Org). **Plano Decenal de Expansão de Energia 2023**. Brasília: MME/EPE, 2014.
- [19] AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Org). **Resolução Nº 556, de 18 de junho de 2013**. Disponível em: < <http://www.ANEEL.gov.br/cedoc/ren2013556.pdf>>. Acesso em: 10 abril 2015.
- [20] Luxímetro Politerm LD-150. Disponível em: < <http://www.24demaio.com.br/catalogo/imagens/LUXIMETRO%20DIGITAL%20%20%20%20%20%20%20%20%20%20%20%20LD-510%20.jpg>>. Acesso em 15 nov 2015.
- [21] CAA01-E. São José dos Pinhais. Disponível em: < Fonte: <http://www.lumicenteriluminacao.com.br/es/catalogo/produto/1.html>>. Acesso em 15 nov 2015.
- [22] Iluminação: Conceitos e Projetos. Disponível em: <http://www.fau.usp.br/cursos/graduacao/arq_urbanismo/disciplinas/aut0262/Af_Apostila_Conceitos_e_Projetos.pdf>. Acesso em 15 nov 2015.

APÊNDICE A – RESULTADOS ESPERADOS AEE RETOFIT

Tabela 1 – AEE *Retrofit* (continua)

Sistema Atual							
	Sala E 01	Sala E 02	Sala E 03 Auditório	Sala E 04	Sala E 05	Sala E 06	Sala E 07
Tipo de lâmpada	FLUO T10 - 40W	FLUO T10 - 40W	FLC - 11W	FLUO T10 - 40W	FLUO T10 - 40W	FLUO T10 - 40W	FLUO T10 - 40W
Potência lâmpada (W)	40	40	11	40	40	40	40
Quantidade	6	6	80	12	14	18	6
Potência reator (W)	3	3	0	3	3	3	3
Quantidade	3	3	50	6	7	9	3
Potência instalada (kW)	0,25	0,25	0,88	0,50	0,58	0,75	0,25
(h/dia)	12,00	12,00	2,00	12,00	12,00	12,00	12,00
(dia/ano)	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00
(h/ano)	2.904,00	2.904,00	484,00	2.904,00	2.904,00	2.904,00	2.904,00
nm (meses)	11	11	11	11	11	11	11
nd (dias)	22	22	22	22	22	22	22
nup (horas)	3,00	3,00	-	3,00	3,00	3,00	3,00
Potência média na ponta	0,23	0,23	0,00	0,46	0,53	0,68	0,23
FCP	0,92	0,92	0,00	0,92	0,92	0,92	0,92
(MWh/ano)	0,72	0,72	0,43	1,45	1,69	2,17	0,72
Demanda média na ponta (kW)	0,23	0,23	0,00	0,46	0,53	0,68	0,23

Tabela 1 – AEE *Retrofit* (conclusão)

Sistema Proposto							
	Sala E 01	Sala E 02	Sala E 03 Auditório	Sala E 04	Sala E 05	Sala E 06	Sala E 07
Tipo de lâmpada	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED BB - 7W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W
Potência lâmpada (W)	18	18	7	18	18	18	18
Quantidade	6	6	80	12	14	18	6
Potência reator (W)	0	0	0	0	0	0	0
Quantidade	0	0	0	0	0	0	0
Potência instalada (kW)	0,11	0,11	0,56	0,22	0,25	0,32	0,11
(h/dia)	12,00	12,00	2,00	12,00	12,00	12,00	12,00
(dia/ano)	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00
(h/ano)	2.904,00	2.904,00	484,00	2.904,00	2.904,00	2.904,00	2.904,00
nm (meses)	11	11	11	11	11	11	11
nd (dias)	22	22	22	22	22	22	22
nup (horas)	3	3	0	3	3	3	3
Potência média na ponta	0,10	0,10	0,00	0,20	0,23	0,29	0,10
FCP	0,92	0,92	0,00	0,92	0,92	0,92	0,92
(MWh/ano)	0,32	0,32	0,27	0,64	0,73	0,93	0,32
Demanda média na ponta (kW)	0,10	0,10	0,00	0,20	0,23	0,29	0,10

Tabela 2 – AEE *Retrofit* (continua)

Sistema Atual							
	Sala E 08	Banheiro F	Banheiro M	Hall de entrada bloco E	Hall do auditório	Sala E 09	Sala E 10
Tipo de lâmpada	FLUO T10 - 40W	FLUO T10 - 40W	FLUO T10 - 40W	FLUO T10 - 40W	FLUO T10 - 40W	FLUO T10 - 40W	FLUO T10 - 40W
Potência lâmpada (W)	40	40	40	40	40	40	40
Quantidade	24	2	8	12	2	24	10
Potência reator (W)	3	3	3	3	3	3	3
Quantidade	12	1	4	6	1	12	5
Potência instalada (kW)	1,00	0,08	0,33	0,50	0,08	1,00	0,42
(h/dia)	12,00	6,00	6,00	11,00	3,00	12,00	12,00
(dia/ano)	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00
(h/ano)	2.904,00	1.452,00	1.452,00	2.662,00	726,00	2.904,00	2.904,00
nm (meses)	11	11	11	11	11	11	11
nd (dias)	22	22	22	22	22	22	22
nup (horas)	3,00	-	-	-	-	3,00	3,00
Potência média na ponta	0,91	0,00	0,00	0,00	0,00	0,91	0,38
FCP	0,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,92	0,92
(MWh/ano)	2,89	0,12	0,48	1,33	0,06	2,89	1,21
Demanda média na ponta (kW)	0,91	0,00	0,00	0,00	0,00	0,91	0,38

Tabela 2 – AEE *Retrofit* (conclusão)

Sistema Proposto							
	Sala E 08	Banheiro F	Banheiro M	Hall de entrada bloco E	Hall do auditório	Sala E 09	Sala E 10
Tipo de lâmpada	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W
Potência lâmpada (W)	18	18	18	18	18	18	18
Quantidade	24	2	8	12	2	24	10
Potência reator (W)	0	0	0	0	0	0	0
Quantidade	0	0	0	0	0	0	0
Potência instalada (kW)	0,43	0,04	0,14	0,22	0,04	0,43	0,18
(h/dia)	12,00	6,00	6,00	11,00	3,00	12,00	12,00
(dia/ano)	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00
(h/ano)	2.904,00	1.452,00	1.452,00	2.662,00	726,00	2.904,00	2.904,00
nm (meses)	11	11	11	11	11	11	11
nd (dias)	22	22	22	22	22	22	22
nup (horas)	3	0	0	0	0	3	3
Potência média na ponta	0,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,39	0,17
FCP	0,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,92	0,92
(MWh/ano)	1,25	0,06	0,20	0,59	0,03	1,25	0,52
Demanda média na ponta (kW)	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40	0,17

Tabela 3 – AEE *Retrofit* (continua)

Sistema Atual							
	Sala E 11	Sala E 12	Sala E 13	Sala E 14 Laper	Sala E 15	Sala E 16	Sala E 17
Tipo de lâmpada	FLUO T10 - 40W	FLUO T10 - 40W	FLUO T10 - 40W	FLUO T10 - 40W	FLUO T10 - 40W	FLUO T10 - 40W	FLUO T10 - 40W
Potência lâmpada (W)	40	40	40	40	40	40	40
Quantidade	10	18	4	12	12	6	6
Potência reator (W)	3	3	3	3	3	3	3
Quantidade	5	9	2	6	6	3	3
Potência instalada (kW)	0,42	0,75	0,17	0,50	0,50	0,25	0,25
(h/dia)	12,00	12,00	11,00	14,00	12,00	12,00	12,00
(dia/ano)	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00
(h/ano)	2.904,00	2.904,00	2.662,00	3.388,00	2.904,00	2.904,00	2.904,00
nm (meses)	11	11	11	11	11	11	11
nd (dias)	22	22	22	22	22	22	22
nup (horas)	3,00	3,00	-	3,00	3,00	3,00	3,00
Potência média na ponta	0,38	0,68	0,00	0,46	0,46	0,23	0,23
FCP	0,92	0,92	0,00	0,92	0,92	0,92	0,92
(MWh/ano)	1,21	2,17	0,44	1,69	1,45	0,72	0,72
Demanda média na ponta (kW)	0,38	0,68	0,00	0,46	0,46	0,23	0,23

Tabela 3 – AEE *Retrofit* (conclusão)

Sistema Proposto							
	Sala E 11	Sala E 12	Sala E 13	Sala E 14 Laper	Sala E 15	Sala E 16	Sala E 17
Tipo de lâmpada	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W
Potência lâmpada (W)	18	18	18	18	18	18	18
Quantidade	10	18	4	12	12	6	6
Potência reator (W)	0	0	0	0	0	0	0
Quantidade	0	0	0	0	0	0	0
Potência instalada (kW)	0,18	0,32	0,07	0,22	0,22	0,11	0,11
(h/dia)	12,00	12,00	11,00	14,00	12,00	12,00	12,00
(dia/ano)	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00
(h/ano)	2.904,00	2.904,00	2.662,00	3.388,00	2.904,00	2.904,00	2.904,00
nm (meses)	11	11	11	11	11	11	11
nd (dias)	22	22	22	22	22	22	22
nup (horas)	3	3	0	3	3	3	3
Potência média na ponta	0,17	0,29	0,00	0,20	0,20	0,10	0,10
FCP	0,92	0,92	0,00	0,92	0,92	0,92	0,92
(MWh/ano)	0,52	0,93	0,19	0,75	0,64	0,32	0,32
Demanda média na ponta (kW)	0,17	0,29	0,00	0,20	0,20	0,10	0,10

Tabela 4 – AEE *Retrofit* (continua)

Sistema Atual							
	Sala E 18	Sala E 19	Sala E 20	Sala E 21 Assistiva	Sala E 22	Sala E 23	Sala E24 Café Professores
Tipo de lâmpada	FLUO T10 - 40W	FLUO T10 - 40W	FLUO T10 - 40W	FLUO T10 - 40W	FLUO T10 - 40W	FLUO T10 - 40W	FLUO T10 - 40W
Potência lâmpada (W)	40	40	40	40	40	40	40
Quantidade	12	12	12	4	8	8	2
Potência reator (W)	3	3	3	3	3	3	3
Quantidade	6	6	6	2	4	4	1
Potência instalada (kW)	0,50	0,50	0,50	0,17	0,33	0,33	0,08
(h/dia)	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00
(dia/ano)	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00
(h/ano)	2.904,00	2.904,00	2.904,00	2.904,00	2.904,00	2.904,00	2.904,00
nm (meses)	11	11	11	11	11	11	11
nd (dias)	22	22	22	22	22	22	22
nup (horas)	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Potência média na ponta	0,46	0,46	0,46	0,15	0,30	0,30	0,08
FCP	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
(MWh/ano)	1,45	1,45	1,45	0,48	0,96	0,96	0,24
Demanda média na ponta (kW)	0,46	0,46	0,46	0,15	0,30	0,30	0,08

Tabela 4 – AEE *Retrofit* (conclusão)

Sistema Proposto							
	Sala E 18	Sala E 19	Sala E 20	Sala E 21 Assistiva	Sala E 22	Sala E 23	Sala E24 Café Professores
Tipo de lâmpada	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W
Potência lâmpada (W)	18	18	18	18	18	18	18
Quantidade	12	12	12	4	8	8	2
Potência reator (W)	0	0	0	0	0	0	0
Quantidade	0	0	0	0	0	0	0
Potência instalada (kW)	0,22	0,22	0,22	0,07	0,14	0,14	0,04
(h/dia)	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00
(dia/ano)	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00
(h/ano)	2.904,00	2.904,00	2.904,00	2.904,00	2.904,00	2.904,00	2.904,00
nm (meses)	11	11	11	11	11	11	11
nd (dias)	22	22	22	22	22	22	22
nup (horas)	3	3	3	3	3	3	3
Potência média na ponta	0,20	0,20	0,20	0,06	0,13	0,13	0,04
FCP	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
(MWh/ano)	0,64	0,64	0,64	0,20	0,41	0,41	0,12
Demanda média na ponta (kW)	0,20	0,20	0,20	0,06	0,13	0,13	0,04

Tabela 5 – AEE *Retrofit* (continua)

Sistema Atual							
	Sala E 25	Banheiro F (uso dos porf.)	Banheiro M (uso dos prof.)	Corredor	Hall em frente banheiros	Hall entrada segundo andar	Sala E26 DEPÓSITO
Tipo de lâmpada	FLUO T10 - 40W	FLUO T10 - 40W	FLUO T10 - 40W	FLUO T10 - 40W	FLUO T10 - 40W	FLUO T10 - 40W	FLUO T10 - 40W
Potência lâmpada (W)	40	40	40	40	40	40	40
Quantidade	6	2	2	12	2	6	4
Potência reator (W)	3	3	3	3	3	3	3
Quantidade	3	1	1	6	1	3	2
Potência instalada (kW)	0,25	0,08	0,08	0,50	0,08	0,25	0,17
(h/dia)	12,00	6,00	6,00	14,00	6,00	11,00	1,00
(dia/ano)	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00
(h/ano)	2.904,00	1.452,00	1.452,00	3.388,00	1.452,00	2.662,00	242,00
nm (meses)	11	11	11	11	11	11	11
nd (dias)	22	22	22	22	22	22	22
nup (horas)	3,00	-	-	3,00	-	-	-
Potência média na ponta	0,23	0,00	0,00	0,46	0,00	0,00	0,00
FCP	0,92	0,00	0,00	0,92	0,00	0,00	0,00
(MWh/ano)	0,72	0,12	0,12	1,69	0,12	0,66	0,04
Demanda média na ponta (kW)	0,23	0,00	0,00	0,46	0,00	0,00	0,00

Tabela 5 – AEE *Retrofit* (conclusão)

Sistema Proposto							
	Sala E 25	Banheiro F (uso dos porf.)	Banheiro M (uso dos prof.)	Corredor	Hall em frente banheiros	Hall entrada segundo andar	Sala E26 DEPÓSITO
Tipo de lâmpada	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W
Potência lâmpada (W)	18	18	18	18	10	18	18
Quantidade	6	2	2	12	2	6	4
Potência reator (W)	0	0	0	0	0	0	0
Quantidade	0	0	0	0	0	0	0
Potência instalada (kW)	0,11	0,04	0,04	0,22	0,02	0,11	0,07
(h/dia)	12,00	6,00	6,00	14,00	6,00	11,00	1,00
(dia/ano)	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00
(h/ano)	2.904,00	1.452,00	1.452,00	3.388,00	1.452,00	2.662,00	242,00
nm (meses)	11	11	11	11	11	11	11
nd (dias)	22	22	22	22	22	22	22
nup (horas)	3	0	0	3	0	0	0
Potência média na ponta	0,10	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00
FCP	0,92	0,00	0,00	0,92	0,00	0,00	0,00
(MWh/ano)	0,32	0,06	0,06	0,75	0,03	0,29	0,02
Demanda média na ponta (kW)	0,10	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00

Tabela 6 – AEE *Retrofit* (continua)

Sistema Atual							
	Sala E 27	Sala E 28	Sala E 29	Sala E 30	Sala E 31	Sala E 32	Sala E 33
Tipo de lâmpada	FLUO T10 - 40W	FLUO T10 - 40W	FLUO T10 - 40W	FLUO T10 - 40W	FLUO T10 - 40W	FLUO T10 - 40W	FLUO T10 - 40W
Potência lâmpada (W)	40	40	40	40	40	40	40
Quantidade	8	4	8	10	12	30	18
Potência reator (W)	3	3	3	3	3	3	3
Quantidade	4	2	4	5	6	15	9
Potência instalada (kW)	0,33	0,17	0,33	0,42	0,50	1,25	0,75
(h/dia)	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00
(dia/ano)	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00
(h/ano)	2.904,00	2.904,00	2.904,00	2.904,00	2.904,00	2.904,00	2.904,00
nm (meses)	11	11	11	11	11	11	11
nd (dias)	22	22	22	22	22	22	22
nup (horas)	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Potência média na ponta	0,30	0,15	0,30	0,38	0,46	1,14	0,68
FCP	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
(MWh/ano)	0,96	0,48	0,96	1,21	1,45	3,62	2,17
Demanda média na ponta (kW)	0,30	0,15	0,30	0,38	0,46	1,14	0,68

Tabela 6 – AEE *Retrofit* (conclusão)

Sistema Proposto							
	Sala E 27	Sala E 28	Sala E 29	Sala E 30	Sala E 31	Sala E 32	Sala E 33
Tipo de lâmpada	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W
Potência lâmpada (W)	18	18	18	18	18	18	18
Quantidade	8	4	8	10	12	30	18
Potência reator (W)	0	0	0	0	0	0	0
Quantidade	0	0	0	0	0	0	0
Potência instalada (kW)	0,14	0,07	0,14	0,18	0,22	0,54	0,32
(h/dia)	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00
(dia/ano)	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00
(h/ano)	2.904,00	2.904,00	2.904,00	2.904,00	2.904,00	2.904,00	2.904,00
nm (meses)	11	11	11	11	11	11	11
nd (dias)	22	22	22	22	22	22	22
nup (horas)	3	3	3	3	3	3	3
Potência média na ponta	0,13	0,06	0,13	0,17	0,20	0,50	0,29
FCP	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
(MWh/ano)	0,41	0,20	0,41	0,52	0,64	1,57	0,93
Demanda média na ponta (kW)	0,13	0,06	0,13	0,17	0,20	0,50	0,29

Tabela 7 – AEE *Retrofit* (continua)

Sistema Atual							
	Sala E 34A	Sala E 34B	Sala E 34C	E 35	Sala 36 A	Sala E 36b	Sala E 37 GERM
Tipo de lâmpada	FLUO T10 - 40W	FLUO T10 - 40W	FLUO T10 - 40W	FLUO T10 - 40W	FLUO T10 - 40W	FLUO T10 - 40W	FLUO T10 - 40W
Potência lâmpada (W)	40	40	40	40	40	40	40
Quantidade	50	10	4	22	6	8	10
Potência reator (W)	3	3	3	3	3	3	3
Quantidade	25	5	2	11	3	4	5
Potência instalada (kW)	2,08	0,42	0,17	0,91	0,25	0,33	0,42
(h/dia)	12,00	12,00	12,00	6,00	12,00	12,00	12,00
(dia/ano)	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00
(h/ano)	2.904,00	2.904,00	2.904,00	1.452,00	2.904,00	2.904,00	2.904,00
nm (meses)	11	11	11	11	11	11	11
nd (dias)	22	22	22	22	22	22	22
nup (horas)	3,00	3,00	3,00	-	3,00	3,00	3,00
Potência média na ponta	1,90	0,38	0,15	0,00	0,23	0,30	0,38
FCP	0,92	0,92	0,92	0,00	0,92	0,92	0,92
(MWh/ano)	6,03	1,21	0,48	1,33	0,72	0,96	1,21
Demanda média na ponta (kW)	1,90	0,38	0,15	0,00	0,23	0,30	0,38

Tabela 7 – AEE *Retrofit* (conclusão)

Sistema Proposto							
	Sala E 34A	Sala E 34B	Sala E 34C	E 35	Sala 36A	Sala E 36B	Sala E 37 GERM
Tipo de lâmpada	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W
Potência lâmpada (W)	18	18	18	18	18	18	18
Quantidade	50	10	4	22	6	8	10
Potência reator (W)	0	0	0	0	0	0	0
Quantidade	0	0	0	0	0	0	0
Potência instalada (kW)	0,90	0,18	0,07	0,40	0,11	0,14	0,18
(h/dia)	12,00	12,00	12,00	6,00	12,00	12,00	12,00
(dia/ano)	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00
(h/ano)	2.904,00	2.904,00	2.904,00	1.452,00	2.904,00	2.904,00	2.904,00
nm (meses)	11	11	11	11	11	11	11
nd (dias)	22	22	22	22	22	22	22
nup (horas)	3	3	3	0	3	3	3
Potência média na ponta	0,83	0,17	0,06	0,00	0,10	0,13	0,17
FCP	0,92	0,92	0,92	0,00	0,92	0,92	0,92
(MWh/ano)	2,61	0,52	0,20	0,58	0,32	0,41	0,52
Demanda média na ponta (kW)	0,83	0,17	0,06	0,00	0,10	0,13	0,17

Tabela 8 – AEE *Retrofit* (continua)

Sistema Atual							
	Sala E 38 PET	Sala E 39	Sala E 40	Sala E 41	Sala E 42	Sala E43 LEPO	Sala E 44a
Tipo de lâmpada	FLUO T10 - 40W	FLUO T10 - 40W	FLUO T10 - 40W	FLUO T10 - 40W	FLUO T10 - 40W	FLUO T10 - 40W	FLUO T10 - 40W
Potência lâmpada (W)	40	40	40	40	40	40	40
Quantidad e	22	8	16	14	12	18	4
Potência reator (W)	3	3	3	3	3	3	3
Quantidad e	11	4	8	7	6	9	2
Potência instalada (kW)	0,91	0,33	0,66	0,58	0,50	0,75	0,17
(h/dia)	14,00	12,00	12,00	12,00	12,00	9,00	12,00
(dia/ano)	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00
(h/ano)	3.388,00	2.904,00	2.904,00	2.904,00	2.904,00	2.178,00	2.904,00
nm (meses)	11	11	11	11	11	11	11
nd (dias)	22	22	22	22	22	22	22
nup (horas)	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	-	3,00
Potência média na ponta	0,84	0,30	0,61	0,53	0,46	0,00	0,15
FCP	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,00	0,92
(MWh/an o)	3,09	0,96	1,93	1,69	1,45	1,63	0,48
Demanda média na ponta (kW)	0,84	0,30	0,61	0,53	0,46	0,00	0,15

Tabela 8 – AEE *Retrofit* (conclusão)

Sistema Proposto							
	Sala E 38 PET	Sala E 39	Sala E 40	Sala E 41	Sala E 42	Sala E43 LEPO	Sala E 44a
Tipo de lâmpada	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W
Potência lâmpada (W)	18	18	18	18	18	18	18
Quantidade	22	8	16	14	12	18	4
Potência reator (W)	0	0	0	0	0	0	0
Quantidade	0	0	0	0	0	0	0
Potência instalada (kW)	0,40	0,14	0,29	0,25	0,22	0,32	0,07
(h/dia)	14,00	12,00	12,00	12,00	12,00	9,00	12,00
(dia/ano)	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00
(h/ano)	3.388,00	2.904,00	2.904,00	2.904,00	2.904,00	2.178,00	2.904,00
nm (meses)	11	11	11	11	11	11	11
nd (dias)	22	22	22	22	22	22	22
nup (horas)	3	3	3	3	3	0	3
Potência média na ponta	0,37	0,13	0,27	0,23	0,20	0,00	0,06
FCP	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,00	0,92
(MWh/ano)	1,36	0,41	0,84	0,73	0,64	0,70	0,20
Demanda média na ponta (kW)	0,37	0,13	0,27	0,23	0,20	0,00	0,06

Tabela 9 – AEE *Retrofit* (continua)

Sistema Atual							
	Sala E 44b	Sala E 44c	Sala de reuniões	Secretaria	Sala de estudos	Corredor	Copa
Tipo de lâmpada	FLUO T10 - 40W	FLUO T10 - 40W	FLUO T10 - 40W	FLUO T10 - 40W	FLUO T10 - 40W	FLUO T10 - 40W	FLUO T10 - 40W
Potência lâmpada (W)	40	40	40	40	40	40	40
Quantidade	4	4	2	2	16	6	4
Potência reator (W)	3	3	3	3	3	3	3
Quantidade	2	2	1	1	8	3	2
Potência instalada (kW)	0,17	0,17	0,08	0,08	0,66	0,25	0,17
(h/dia)	12,00	12,00	9,00	14,00	12,00	14,00	3,00
(dia/ano)	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00
(h/ano)	2.904,00	2.904,00	2.178,00	3.388,00	2.904,00	3.388,00	726,00
nm (meses)	11	11	11	11	11	11	11
nd (dias)	22	22	22	22	22	22	22
nup (horas)	3,00	3,00	2,00	3,00	3,00	3,00	-
Potência média na ponta	0,15	0,15	0,05	0,08	0,61	0,23	0,00
FCP	0,92	0,92	0,61	0,92	0,92	0,92	0,00
(MWh/ano)	0,48	0,48	0,18	0,28	1,93	0,84	0,12
Demanda média na ponta (kW)	0,15	0,15	0,05	0,08	0,61	0,23	0,00

Tabela 9 – AEE *Retrofit* (conclusão)

Sistema Proposto							
	Sala E 44b	Sala E 44c	Sala de reuniões	Secretaria	Sala de estudos	Corredor	Copa
Tipo de lâmpada	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W
Potência lâmpada (W)	18	18	18	18	18	18	18
Quantidade	4	4	2	2	16	6	4
Potência reator (W)	0	0	0	0	0	0	0
Quantidade	0	0	0	0	0	0	0
Potência instalada (kW)	0,07	0,07	0,04	0,04	0,29	0,11	0,07
(h/dia)	12,00	12,00	9,00	14,00	12,00	14,00	3,00
(dia/ano)	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00
(h/ano)	2.904,00	2.904,00	2.178,00	3.388,00	2.904,00	3.388,00	726,00
nm (meses)	11	11	11	11	11	11	11
nd (dias)	22	22	22	22	22	22	22
nup (horas)	3	3	2	3	3	3	0
Potência média na ponta	0,06	0,06	0,02	0,04	0,27	0,10	0,00
FCP	0,92	0,92	0,61	0,92	0,92	0,92	0,00
(MWh/ano)	0,20	0,20	0,09	0,14	0,84	0,37	0,05
Demanda média na ponta (kW)	0,06	0,06	0,02	0,04	0,27	0,10	0,00

Tabela 10 – AEE *Retrofit* (continua)

Sistema Atual								
	Sala de prototipagem	Corredor NPEE	Sala E 45	Sala E 46	Sala E47	E 40	Corredor Laman	Corredor (entre E31/E33)
Tipo de lâmpada	FLUO T10 - 40W	FLC - 23W	FLUO T8 - 32W	FLUO T10 - 40W	FLUO T8 - 32W	INC - 100W	FLC - 23W	FLUO T10 - 40W
Potência lâmpada (W)	40	23	32	40	32	100	23	40
Quantidade	6	3	16	4	12	3	3	4
Potência reator (W)	3	0	3	3	3	0	0	3
Quantidade	3	3	8	2	6	3	0	2
Potência instalada (kW)	0,25	0,07	0,54	0,17	0,40	0,30	0,07	0,17
(h/dia)	14,00	14,00	12,00	12,00	12,00	9,00	14,00	14,00
(dia/ano)	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00
(h/ano)	3.388,00	3.388,00	2.904,00	2.904,00	2.904,00	2.178,00	3.388,00	3.388,00
nm (meses)	11	11	11	11	11	11	11	11
nd (dias)	22	22	22	22	22	22	22	22
nup (horas)	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	-	3,00	3,00
Potência média na ponta	0,23	0,06	0,49	0,15	0,37	0,00	0,06	0,15
FCP	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,00	0,92	0,92
(MWh/ano)	0,84	0,23	1,56	0,48	1,17	0,65	0,23	0,56
Demanda média na ponta (kW)	0,23	0,06	0,49	0,15	0,37	0,00	0,06	0,15

Tabela 10 – AEE *Retrofit* (conclusão)

Sistema Proposto								
	Sala de prototipagem	Corredor NPEE	Sala E 45	Sala E 46	Sala E47	E 40 Externo	Corredor Laman	Corredor (entre E31/E33)
Tipo de lâmpada	LED TUBE - 18W	LED BB - 10W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED BB - 10W	LED BB - 10W	LED TUBE - 18W
Potência lâmpada (W)	18	10	18	18	18	10	18	18
Quantidade	6	3	16	4	12	3	3	4
Potência reator (W)	0	0	0	0	0	0	0	0
Quantidade	0	0	0	0	0	0	0	0
Potência instalada (kW)	0,11	0,03	0,29	0,07	0,22	0,03	0,05	0,07
(h/dia)	14,00	14,00	12,00	12,00	12,00	9,00	14,00	14,00
(dia/ano)	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00
(h/ano)	3.388,00	3.388,00	2.904,00	2.904,00	2.904,00	2.178,00	3.388,00	3.388,00
nm (meses)	11	11	11	11	11	11	11	11
nd (dias)	22	22	22	22	22	22	22	22
nup (horas)	3	3	3	3	3	0	3	3
Potência média na ponta	0,10	0,03	0,27	0,06	0,20	0,00	0,05	0,06
FCP	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,00	0,92	0,92
(MWh/ano)	0,37	0,10	0,84	0,20	0,64	0,07	0,17	0,24
Demanda média na ponta (kW)	0,10	0,03	0,27	0,06	0,20	0,00	0,05	0,06

APÊNDICE B – DADOS DE ILUMINAÇÃO COLETADOS DEE UDESC

Tabela 1 – Dados coletados (continua)

Sala	Área (m²)	Altura	Iluminamento (lux)
E01	11,44	3,07	512
E02	12,10	3,07	520
E03	130,06	3,07	629
E04	31,86	3,07	407
E05	48,74	3,07	395
E06	41,08	3,07	407
E07	10,50	3,07	437
E08	59,64	3,07	256
BF1	7,12	3,07	275
BM1	11,15	3,07	307
Hall Entrada Bloco E	32,52	3,07	275
Hall Auditório	4,15	3,07	230
E09	43,86	2,90	417
E10	25,13	2,90	478
E11	25,38	2,90	594
E12	38,21	2,90	330
E13	9,13	2,90	478
E14	39,47	2,90	370
E15	22,84	2,90	325
E16	17,31	2,90	401
E17	16,64	2,90	415
E18	22,79	2,90	503
E19	22,69	2,90	520
E20	22,63	2,90	531
E21	20,16	2,90	428
E22	23,64	2,90	365
E23	24,00	2,90	420
E24	9,55	2,90	223
E25	15,12	2,90	412
BF2	9,42	2,90	267
BM2	12,83	2,90	256
Corredor 2º andar	28,30	2,90	295
Hall banheiros 2º andar	6,89	2,90	400
Hall 2º andar	3,53	2,90	356
E26	18,08	2,80	277
E27	34,90	2,80	325

Tabela 2 – Dados coletados (conclusão)

Sala	Área (m²)	Altura	Iluminamento (lux)
E28	18,83	2,80	385
E29	34,90	2,80	398
E30	35,01	2,80	377
E31	20,99	2,80	473
E32	42,90	2,80	486
E33	34,87	2,80	465
E34 - A	109,65	3,40	578
E34 -B	19,76	3,40	412
E34- C	6,21	3,40	472
E35	38,18	3,40	511
E36 - A	10,79	3,40	438
E36 - B	11,78	3,40	502
E37	25,89	3,40	495
E38	52,81	3,40	468
E39	17,21	3,40	403
E40	26,88	3,40	514
E41	27,57	3,40	520
E42	21,17	3,40	535
E43	34,88	3,40	510
E44 - A	12,59	3,40	437
E44 - B	12,93	3,40	455
E44 - C	11,59	3,40	439
E44 - Sala de Reuniões	5,22	3,40	320
E44 - Secretaria	6,67	3,40	333
E44 - Sala de Estudos	59,22	3,40	235
Corredor NPEE	6,10	3,40	296
E44 - Copa	10,16	3,40	412
Sala Prototipagem	10,25	3,40	478
Corredor fora NPEE	7,39	3,40	225
E45	73,87	3,40	400
E46	17,76	3,40	250
E47	49,15	3,40	515
E40 - Externo	10,23	3,40	355
Corredor Laman	7,36	3,40	245
Corredor E31/E33	11,44	3,07	219

APÊNCIDE C - RESULTADOS SIMULAÇÃO DO PROJETO LUMINOTÉCNICO

Tabela 1 – Resultados simulação (continua)

Local	E _{simulado} (lux)	Quantidade de lâmpadas	Refletâncias (%) Teto/Paredes/Piso	UGR _{simulado}	Uniformidade
E01	528	6	80/70/40	16	0,78
E02	506	6	80/70/40	13,8	0,84
E03	587	80	80/60/40	18,9	0,95
E04	539	12	80/70/40	17,3	0,93
E05	503	18	80/70/40	15,9	0,87
E06	503	16	80/70/40	16,3	0,85
E07	548	6	80/70/40	16,2	0,81
E08	516	24	80/70/40	17,1	0,91
Banheiro Fem	304	2	80/60/40	12,5	0,93
Banheiro Masc	315	8	80/60/40	17,3	0,89
Corredor 1º Andar	303	12	80/60/40	15,1	0,92
Hall Auditório	270	2	80/70/40	16,2	0,82
E09	593	24	80/70/40	16,8	0,79
E10	557	10	80/70/40	17	0,88
E11	555	10	80/70/40	17,3	0,88
E12	517	16	80/70/40	18,5	0,88
E13	502	4	80/70/40	18	0,89
E14	516	16	80/70/40	17,8	0,91
E15	612	12	80/70/40	17	0,89
E16	514	6	80/70/40	18,7	0,79
E17	521	6	80/70/40	17,5	0,82
E18	609	12	80/70/40	15,6	0,95
E19	610	12	80/70/40	15,6	0,89
E20	613	12	80/70/40	15,8	0,88
E21	502	4	80/70/40	18,8	0,97
E22	519	8	80/70/40	18,5	0,81
E23	508	8	80/70/40	18	0,82
E24	302	2	80/70/40	21	0,83
E25	519	6	80/70/40	16	0,78
BF2	309	2	80/70/40	16,5	0,95
BM2	325	2	80/70/40	13,5	0,93
Corredor 2º andar	315	12	80/70/40	17,1	0,89
Hall banheiros 2º andar	320	2	80/70/40	15,3	0,89
Hall 2º andar	305	6	80/70/40	14,7	0,86
E26	302	4	80/60/30	21	0,76

Tabela 1 – Resultados simulação (conclusão)

Local	E _{simulado} (lux)	Quantidade de lâmpadas	Refletâncias (%) Teto/Paredes/Piso	UGR _{simulado}	Uniformidade
E27	505	16	80/60/30	18,7	0,92
E28	501	8	80/60/30	18,2	0,81
E29	504	16	80/60/30	18,7	0,91
E30	510	16	80/60/30	18,6	0,9
E31	597	12	80/60/30	17,1	0,86
E32	539	20	80/60/30	17,5	0,93
E33	527	16	80/60/30	18,1	0,86
E34 - A	550	50	80/60/30	15,6	0,91
E34 -B	522	12	80/60/30	16,3	0,87
E34- C	584	6	80/60/30	11,1	0,94
E35	551	20	80/60/30	13,7	0,97
E36 - A	553	8	80/60/30	12,6	0,93
E36 - B	526	8	80/60/30	15,6	0,96
E37	571	8	80/60/30	15,2	0,89
E38	503	24	80/60/30	16	0,9
E39	505	10	80/60/30	12,9	0,86
E40	530	12	80/60/30	16,4	0,92
E41	566	16	80/60/30	15,8	0,87
E42	512	12	80/60/30	15,9	0,95
E43	529	18	80/60/30	15,9	0,92
E44 - A	503	8	80/60/30	15,8	0,85
E44 - B	505	8	80/60/30	15,8	0,85
E44 - C	503	8	80/60/30	15,8	0,85
E44 - Sala de Reuniões	501	4	80/60/30	12,1	0,93
E44 - Secretaria	506	4	80/60/30	13,3	0,89
E44 - Sala de Estudos	515	24	80/60/30	16,5	0,86
Corredor NPÉE		6			
E44 - Copa	503	4	80/60/30	12,9	0,92
Sala Prototipagem	515	8	80/60/30	15,6	0,87
Corredor fora NPÉE	302	3	80/60/30	19,2	0,83
E45	501	32	80/60/30	15,8	0,93
E46	512	8	80/60/30	16,1	0,94
E47	520	18	80/60/30	15,6	0,93
E 40 - Externo	295	3	80/60/30	19,2	0,90
Corredor Laman	260	3	80/60/30	19,4	0,84
Corredor E31/E33	250	4	80/60/30	12,8	0,87

APÊNDICE D – RESULTADOS ESPERADOS AEE LUMINOTÉCNICA

Tabela 1 – AEE Luminotécnica

Sistema Proposto							
	Sala E 01	Sala E 02	Sala E 03 Auditório	Sala E 04	Sala E 05	Sala E 06	Sala E 07
Tipo de lâmpada	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED BB - 7W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W
Potência lâmpada (W)	18	18	7	18	18	18	18
Quantidade	6	6	80	12	18	16	6
Potência reator (W)	0	0	0	0	0	0	0
Quantidade	0	0	0	0	0	0	0
Potência instalada (kW)	0,11	0,11	0,56	0,22	0,32	0,29	0,11
(h/dia)	12,00	12,00	2,00	12,00	12,00	12,00	12,00
(dia/ano)	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00
(h/ano)	2.904,00	2.904,00	484,00	2.904,00	2.904,00	2.904,00	2.904,00
nm (meses)	11	11	11	11	11	11	11
nd (dias)	22	22	22	22	22	22	22
nup (horas)	3	3	0	3	3	3	3
Potência média na ponta	0,10	0,10	0,00	0,20	0,29	0,27	0,10
FCP	0,92	0,92	0,00	0,92	0,92	0,92	0,92
(MWh/ano)	0,32	0,32	0,27	0,64	0,93	0,84	0,32
Demanda média na ponta (kW)	0,10	0,10	0,00	0,20	0,29	0,27	0,10

Tabela 2 – AEE Luminotécnica

Sistema Proposto							
	Sala E 08	Banheiro F	Banheiro M	Hall de entrada bloco E	Hall do auditório	Sala E 09	Sala E 10
Tipo de lâmpada	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W
Potência lâmpada (W)	18	18	18	18	18	18	18
Quantidade	24	2	8	12	2	24	10
Potência reator (W)	0	0	0	0	0	0	0
Quantidade	0	0	0	0	0	0	0
Potência instalada (kW)	0,43	0,04	0,14	0,22	0,04	0,43	0,18
(h/dia)	12,00	6,00	6,00	11,00	3,00	12,00	12,00
(dia/ano)	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00
(h/ano)	2.904,00	1.452,00	1.452,00	2.662,00	726,00	2.904,00	2.904,00
nm (meses)	11	11	11	11	11	11	11
nd (dias)	22	22	22	22	22	22	22
nup (horas)	3	0	0	0	0	3	3
Potência média na ponta	0,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,39	0,17
FCP	0,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,92	0,92
(MWh/ano)	1,25	0,06	0,20	0,59	0,03	1,25	0,52
Demanda média na ponta (kW)	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40	0,17

Tabela 3 – AEE Luminotécnica

Sistema Proposto							
	Sala E 11	Sala E 12	Sala E 13	Sala E 14 Laper	Sala E 15	Sala E 16	Sala E 17
Tipo de lâmpada	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W
Potência lâmpada (W)	18	18	18	18	18	18	18
Quantidade	10	16	4	16	12	6	6
Potência reator (W)	0	0	0	0	0	0	0
Quantidade	0	0	0	0	0	0	0
Potência instalada (kW)	0,18	0,29	0,07	0,29	0,22	0,11	0,11
(h/dia)	12,00	12,00	11,00	14,00	12,00	12,00	12,00
(dia/ano)	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00
(h/ano)	2.904,00	2.904,00	2.662,00	3.388,00	2.904,00	2.904,00	2.904,00
nm (meses)	11	11	11	11	11	11	11
nd (dias)	22	22	22	22	22	22	22
nup (horas)	3	3	0	3	3	3	3
Potência média na ponta	0,17	0,27	0,00	0,27	0,20	0,10	0,10
FCP	0,92	0,92	0,00	0,92	0,92	0,92	0,92
(MWh/ano)	0,52	0,84	0,19	0,98	0,64	0,32	0,32
Demanda média na ponta (kW)	0,17	0,27	0,00	0,27	0,20	0,10	0,10

Tabela 4 – AEE Luminotécnica

Sistema Proposto							
	Sala E 18	Sala E 19	Sala E 20	Sala E 21 Assistiva	Sala E 22	Sala E 23	Sala E24 Café Professores
Tipo de lâmpada	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W
Potência lâmpada (W)	18	18	18	18	18	18	18
Quantidade	12	12	12	4	8	8	2
Potência reator (W)	0	0	0	0	0	0	0
Quantidade	0	0	0	0	0	0	0
Potência instalada (kW)	0,22	0,22	0,22	0,07	0,14	0,14	0,04
(h/dia)	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00
(dia/ano)	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00
(h/ano)	2.904,00	2.904,00	2.904,00	2.904,00	2.904,00	2.904,00	2.904,00
nm (meses)	11	11	11	11	11	11	11
nd (dias)	22	22	22	22	22	22	22
nup (horas)	3	3	3	3	3	3	3
Potência média na ponta	0,20	0,20	0,20	0,06	0,13	0,13	0,04
FCP	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
(MWh/ano)	0,64	0,64	0,64	0,20	0,41	0,41	0,12
Demanda média na ponta (kW)	0,20	0,20	0,20	0,06	0,13	0,13	0,04

Tabela 5 – AEE Luminotécnica

Sistema Proposto							
	Sala E 25	Banheiro F (uso dos porf.)	Banheiro M (uso dos prof.)	Corredor	Hall em frente banheiros	Hall entrada segundo andar	Sala E26 DEPÓSITO
Tipo de lâmpada	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W
Potência lâmpada (W)	18	18	18	18	10	18	18
Quantidade	6	2	2	12	2	6	4
Potência reator (W)	0	0	0	0	0	0	0
Quantidade	0	0	0	0	0	0	0
Potência instalada (kW)	0,11	0,04	0,04	0,22	0,02	0,11	0,07
(h/dia)	12,00	6,00	6,00	14,00	6,00	11,00	1,00
(dia/ano)	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00
(h/ano)	2.904,00	1.452,00	1.452,00	3.388,00	1.452,00	2.662,00	242,00
nm (meses)	11	11	11	11	11	11	11
nd (dias)	22	22	22	22	22	22	22
nup (horas)	3	0	0	3	0	0	0
Potência média na ponta	0,10	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00
FCP	0,92	0,00	0,00	0,92	0,00	0,00	0,00
(MWh/ano)	0,32	0,06	0,06	0,75	0,03	0,29	0,02
Demanda média na ponta (kW)	0,10	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00

Tabela 6 – AEE Luminotécnica

Sistema Proposto							
	Sala E 27	Sala E 28	Sala E 29	Sala E 30	Sala E 31	Sala E 32	Sala E 33
Tipo de lâmpada	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W
Potência lâmpada (W)	18	18	18	18	18	18	18
Quantidade	16	8	16	16	12	20	16
Potência reator (W)	0	0	0	0	0	0	0
Quantidade	0	0	0	0	0	0	0
Potência instalada (kW)	0,29	0,14	0,29	0,29	0,22	0,36	0,29
(h/dia)	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00
(dia/ano)	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00
(h/ano)	2.904,00	2.904,00	2.904,00	2.904,00	2.904,00	2.904,00	2.904,00
nm (meses)	11	11	11	11	11	11	11
nd (dias)	22	22	22	22	22	22	22
nup (horas)	3	3	3	3	3	3	3
Potência média na ponta	0,27	0,13	0,27	0,27	0,20	0,33	0,27
FCP	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
(MWh/ano)	0,84	0,41	0,84	0,84	0,64	1,05	0,84
Demanda média na ponta (kW)	0,27	0,13	0,27	0,27	0,20	0,33	0,27

Tabela 7 – AEE Luminotécnica

Sistema Proposto							
	Sala E 34A	Sala E 34B	Sala E 34C	E 35	Sala 36 A (ao lado LCI)	Sala E 36b	Sala E 37 GERM
Tipo de lâmpada	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W
Potência lâmpada (W)	18	18	18	18	18	18	18
Quantidade	50	12	6	20	8	8	8
Potência reator (W)	0	0	0	0	0	0	0
Quantidade	0	0	0	0	0	0	0
Potência instalada (kW)	0,90	0,22	0,11	0,36	0,14	0,14	0,14
(h/dia)	12,00	12,00	12,00	6,00	12,00	12,00	12,00
(dia/ano)	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00
(h/ano)	2.904,00	2.904,00	2.904,00	1.452,00	2.904,00	2.904,00	2.904,00
nm (meses)	11	11	11	11	11	11	11
nd (dias)	22	22	22	22	22	22	22
nup (horas)	3	3	3	0	3	3	3
Potência média na ponta	0,83	0,20	0,10	0,00	0,13	0,13	0,13
FCP	0,92	0,92	0,92	0,00	0,92	0,92	0,92
(MWh/ano)	2,61	0,64	0,32	0,52	0,41	0,41	0,41
Demanda média na ponta (kW)	0,83	0,20	0,10	0,00	0,13	0,13	0,13

Tabela 8 – AEE Luminotécnica

Sistema Proposto							
	Sala E 38 PET	Sala E 39	Sala E 40	Sala E 41	Sala E 42	Sala E43 LEPO	Sala E 44a
Tipo de lâmpada	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W
Potência lâmpada (W)	18	18	18	18	18	18	18
Quantidade	24	10	12	16	12	18	8
Potência reator (W)	0	0	0	0	0	0	0
Quantidade	0	0	0	0	0	0	0
Potência instalada (kW)	0,43	0,18	0,22	0,29	0,22	0,32	0,14
(h/dia)	14,00	12,00	12,00	12,00	12,00	9,00	12,00
(dia/ano)	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00
(h/ano)	3.388,00	2.904,00	2.904,00	2.904,00	2.904,00	2.178,00	2.904,00
nm (meses)	11	11	11	11	11	11	11
nd (dias)	22	22	22	22	22	22	22
nup (horas)	3	3	3	3	3	0	3
Potência média na ponta	0,39	0,17	0,20	0,27	0,20	0,00	0,13
FCP	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,00	0,92
(MWh/ano)	1,46	0,52	0,64	0,84	0,64	0,70	0,41
Demanda média na ponta (kW)	0,40	0,17	0,20	0,27	0,20	0,00	0,13

Tabela 9 – AEE Luminotécnica

Sistema Proposto							
	Sala E 44b	Sala E 44c	Sala de reuniões	Secretaria	Sala de estudos	Corredor	Copa
Tipo de lâmpada	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W
Potência lâmpada (W)	18	18	18	18	18	18	18
Quantidade	8	8	4	4	24	6	4
Potência reator (W)	0	0	0	0	0	0	0
Quantidade	0	0	0	0	0	0	0
Potência instalada (kW)	0,14	0,14	0,07	0,07	0,43	0,11	0,07
(h/dia)	12,00	12,00	9,00	14,00	12,00	14,00	3,00
(dia/ano)	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00
(h/ano)	2.904,00	2.904,00	2.178,00	3.388,00	2.904,00	3.388,00	726,00
nm (meses)	11	11	11	11	11	11	11
nd (dias)	22	22	22	22	22	22	22
nup (horas)	3	3	2	3	3	3	0
Potência média na ponta	0,13	0,13	0,04	0,06	0,39	0,10	0,00
FCP	0,92	0,92	0,61	0,92	0,92	0,92	0,00
(MWh/ano)	0,41	0,41	0,15	0,24	1,25	0,37	0,05
Demanda média na ponta (kW)	0,13	0,13	0,04	0,06	0,40	0,10	0,00

Tabela 10 – AEE Luminotécnica

Sistema Proposto								
	Sala de prototipagem	Corredor NPEE	Sala E 45	Sala E 46	Sala E47	E 40 (OUTROS DADOS)	Corredor Laman	Corredor (entre E31/E33)
Tipo de lâmpada	LED TUBE - 18W	LED BB - 10W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W	LED BB - 10W	LED TUBE - 18W	LED TUBE - 18W
Potência lâmpada (W)	18	10	18	18	18	10	18	18
Quantidade	8	3	32	8	18	3	3	4
Potência reator (W)	0	0	0	0	0	0	0	0
Quantidade	0	0	0	0	0	0	0	0
Potência instalada (kW)	0,14	0,03	0,58	0,14	0,32	0,03	0,05	0,07
(h/dia)	14,00	14,00	12,00	12,00	12,00	9,00	14,00	14,00
(dia/ano)	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00	242,00
(h/ano)	3.388,00	3.388,00	2.904,00	2.904,00	2.904,00	2.178,00	3.388,00	3.388,00
nm (meses)	11	11	11	11	11	11	11	11
nd (dias)	22	22	22	22	22	22	22	22
nup (horas)	3	3	3	3	3	0	3	3
Potência média na ponta	0,13	0,03	0,53	0,13	0,29	0,00	0,05	0,06
FCP	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,00	0,92	0,92
(MWh/ano)	0,47	0,10	1,68	0,41	0,93	0,07	0,17	0,24
Demanda média na ponta (kW)	0,13	0,03	0,53	0,13	0,29	0,00	0,05	0,06

ANEXO A – TABELA CONSTANTES DE PERDAS

Tabela 1 - Coeficientes para $k=0,15$

Fator de Carga	<i>LP</i>	<i>LE1</i>	<i>LE2</i>	<i>LE3</i>	<i>LE4</i>
0,30	0,2500	0,27315	0,19121	0,35166	0,24832
0,35	0,2809	0,28494	0,19946	0,52026	0,36738
0,40	0,3136	0,29727	0,20809	0,71014	0,50146
0,45	0,3481	0,31014	0,21710	0,92130	0,65057
0,50	0,3844	0,32355	0,22649	1,15375	0,81472
0,55	0,4225	0,33750	0,23625	1,40748	0,99389
0,60	0,4624	0,35199	0,24639	1,68249	1,18808
0,65	0,5041	0,36950	0,25865	1,97632	1,39557
0,70	0,5476	0,38516	0,26961	2,29381	1,61977