

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

ANÁLISE DA AÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA
ATRAVÉS DO GUIA DE M&V DA ANEEL E DO RETSCREEN
CONSIDERANDO A IMPLEMENTAÇÃO DE ILUMINAÇÃO A
LED NO COMPLEXO PREDIAL DA SUDAM

ANDRÉ MELO DE MORAIS

DM 23/2017

UFPA / ITEC / PPGEE
Campus Universitário do Guamá
Belém-Pará-Brasil
2017



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

ANDRÉ MELO DE MORAIS

ANÁLISE DA AÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA
ATRAVÉS DO GUIA DE M&V DA ANEEL E DO RETSCREEN
CONSIDERANDO A IMPLEMENTAÇÃO DE ILUMINAÇÃO A
LED NO COMPLEXO PREDIAL DA SUDAM

DM 23/2017

UFPA / ITEC / PPGEE
Campus Universitário do Guamá
Belém-Pará-Brasil
2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

ANDRÉ MELO DE MORAIS

ANÁLISE DA AÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA
ATRAVÉS DO GUIA DE M&V DA ANEEL E DO RETSCREEN
CONSIDERANDO A IMPLEMENTAÇÃO DE ILUMINAÇÃO A
LED NO COMPLEXO PREDIAL DA SUDAM.

Dissertação submetida à Banca
Examinadora do Programa de Pós-
Graduação em Engenharia Elétrica da
UFPA para a obtenção do Grau de
Mestre em Engenharia Elétrica na área
de Sistemas de Energia Elétrica

UFPA / ITEC / PPGEE
Campus Universitário do Guamá
Belém-Pará-Brasil
2017

Dados Internacionais de Catalogação - na – Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFPA

Morais, André Melo de, 1987-

Análise da ação de eficiência energética através do Guia de M&V da ANEEL e do RETScreen considerando a implementação de iluminação a LED no complexo predial da SUDAM.-2017

Orientador: Marcus Vinicius Alves Nunes

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Belém, 2017.

1. Energia elétrica – consumo. 2. Sistemas de energia elétrica – controle. RETScreen (programa de computador). 3. Iluminação.
I. Título.

CDD 23. ed. 621.31

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

ANÁLISE DA AÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA
ATRAVÉS DO GUIA DE M&V DA ANEEL E DO RETSCREEN
CONSIDERANDO A IMPLEMENTAÇÃO DE ILUMINAÇÃO A
LED NO COMPLEXO PREDIAL DA SUDAM

AUTOR: ANDRÉ MELO DE MORAIS

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA À BANCA EXAMINADORA
APROVADA PELO COLEGIADO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA ELÉTRICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ E JULGADA
ADEQUADA PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA
ELÉTRICA NA ÁREA DE SISTEMAS DE ENERGIA ELÉTRICA

APROVADA EM ____/____/____

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Marcus Vinícius Alves Nunes
(Orientador – PPGEE/UFPA)

Prof.^a Dr.^a Maria Emília de Lima Tostes
(Coorientadora – PPGEE/UFPA)

Prof. Dr. João Paulo Abreu Vieira
(Avaliador Interno – PPGEE/UFPA)

Prof. Dr. Edson Ortiz de Matos
(Avaliador Externo – ITEC/UFPA)

VISTO:

Prof. Dr. Evaldo Gonçalves Pelaes
(COORDENADOR DO PPGEE/ITEC/UFPA)

DEDICATÓRIA

A DEUS, que em todos os momentos se faz presente em minha vida, auxiliando-me, sendo minha fortaleza e fonte de sabedoria. Dedico também a minha mãe, meu pai (*in memoriam*), minha irmã e a minha noiva pelo crédito, apoio e fortaleza a mim dedicados ao longo desta jornada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus, por me oferecer o dom da vida. Em seguida devo demonstrar toda minha gratidão aos meus pais, Rose e Valdecy (*in memoriam*), que desde o princípio demonstraram apoio incondicional ao meu desenvolvimento moral e intelectual. Estendo meu agradecimento também a minha amada irmã, Ana Paula, por me motivar e por estar ao meu lado sempre.

A minha noiva, Thais Fernanda Silva, por estar ao meu lado nesta caminhada, contribuindo com muito pensamento positivo, motivação, apoio, compreensão e cuidados.

Ao meu orientador, Professor Marcus Vinícius, por ter aberto um horizonte de possibilidades quando me encorajou a seguir o caminho da academia. Também sou grato por toda a disponibilidade, paciência, apoio e atenção dispensadas a mim ao longo dos últimos anos.

A minha coorientadora, Professora Emília Tostes, que me propiciou conhecer, em maior profundidade, o tema da Eficiência Energética e, desde o primeiro momento do convite para me prestar grande auxílio na execução deste intento, mostrou-se disponível para ajudar.

Ao meu amigo Anderson Damasceno por todo apoio a mim dedicado.

Aos meus companheiros de profissão, Rafael Nino, Douglas Oliveira, Thiago Mota e Alan Manito que também me motivaram a construir este trabalho.

Aos professores que me auxiliaram a consolidar os conceitos teóricos em suas disciplinas durante minha jornada na pós-graduação em engenharia elétrica.

Encerro agradecendo imensamente o apoio de toda a minha família, avós, tios, tias e primos que foram sempre compreensivos com minha ausência em alguns encontros familiares e o apoio da SUDAM, em especial aos meus amigos e amigas da Engenharia da CGA, Felipe, Marcos, Dieri, Vilmara, Joesley, Getúlio, George Kley, Lusiane, Gabriele, Fahir, Eduarda, Julia, Everton, Ivan e Israel.

SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES	XI
LISTA DE TABELAS	XIII
LISTA DE SIGLAS	XIV
RESUMO	XVII
ABSTRACT	XVIII
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Motivação do Trabalho	1
1.2 Estado da Arte das Ações de Eficiência Energética e da Tecnologia dos LEDs	3
1.3 Objetivos	4
1.3.1 Objetivos Gerais	4
1.3.2 Objetivos Específicos	5
1.4 Contribuição e Relevância da Análise	6
1.5 Estrutura e Organização do Trabalho	6
2 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	8
2.1 Introdução	8
2.2 Conceitos e Definições de Eficiência Energética	8
2.3 Contextualização da Eficiência Energética no Mundo	10
2.4 Conjuntura da Eficiência Energética no Brasil	15
2.4.1 Programas, Planos e Normativos Vigentes do Governo no Âmbito da Eficiência Energética	15
2.4.2 Eficiência Energética nas Edificações da Administração Federal	23
2.5 Conclusões Parciais	28
3 A EVOLUÇÃO DA TECNOLOGIA DOS LEDS E SEU USO NA ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL	29
3.1 Introdução	29
3.2 Luz, Fontes de Iluminação Artificial e Conceitos de Luminotécnica	29

3.3	Evolução da Tecnologia dos LEDs	32
3.3.1	Tipos de <i>Solid-State Lighting</i>	34
3.3.2	Categorias de LEDs.....	40
3.4	Vantagens da Iluminação a LED Frente às Outras Tecnologias.....	42
3.4.1	Cuidados para o <i>Retrofit</i>	44
3.4.2	Aplicações	47
3.5	Conclusões Parciais.....	48
4	METODOLOGIA PROPOSTA	49
4.1	Introdução.....	49
4.2	Descrição da Metodologia.....	49
4.3	Descrição do RETScreen	52
4.3.1	Etapas de uma Análise Padrão de Projeto com o RETScreen®	53
4.4	PIMVP: Ferramenta para Avaliar as Ações de Eficiência Energética.....	54
4.4.1	Considerações sobre Medição e Verificação	56
4.4.2	Estrutura, Terminologias e Opções do PIMVP.....	58
4.5	O Guia de M&V da ANEEL.....	65
4.5.1	Estrutura Principal do Guia de M&V.....	65
4.5.2	Cronograma de Ações de M&V.....	68
4.6	Conclusões Parciais.....	71
5	ESTUDO DE CASO – SISTEMA DE ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL.....	72
5.1	Introdução.....	72
5.2	O Complexo Predial da SUDAM.....	72
5.3	O Pré-Diagnóstico Energético.....	75
5.3.1	O Diagnóstico do Sistema de Iluminação Artificial do Complexo.....	80
5.4	Aplicação do M&V na SUDAM.....	86
5.4.1	Estimativa <i>ex ante</i> com o uso do RETScreen	86
5.4.2	Estratégia de M&V, Medições do Período de Linha de Base e o Plano de M&V	95

5.4.3	Medições do Período de Determinação da Economia no gabinete da Superintendência, Estimativa <i>ex post</i> e o Relatório de M&V.....	96
5.4.4	Análise dos Dados Obtidos	98
5.5	Conclusões Parciais.....	100
6	CONCLUSÃO.....	102
6.1	Considerações Finais.....	102
6.2	Sugestões para Trabalhos Futuros.....	103
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	105
	ANEXO I	110
	ANEXO II.....	112
	APÊNDICE A. PLANILHA DE CUSTOS UNITÁRIOS.....	113
	APÊNDICE B. QUADRO DE ÁREAS DO COMPLEXO PREDIAL DA SUDAM.....	121
	APÊNDICE C. PLANO DE MEDIÇÃO E VERIFICAÇÃO (M&V)	124
	APÊNDICE D. RELATÓRIO DE M&V	148

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1.1 – Custos no ciclo de vida de um edifício.....	2
Figura 2.1 – Classificação Mundial no Tocante à Ações de Eficiência Energética.....	13
Figura 2.2 – Fluxo de Energia Elétrica – Boletim Energético Nacional 2016/Ano base 2015.....	24
Figura 3.1 - Classificação das diferentes tecnologias existentes na iluminação artificial.	31
Figura 3.2 - Bandas de energia e princípio da emissão de luz por um semicondutor.....	34
Figura 3.3 – Composição do DIP LED e as diferentes formas de encapsulamento.....	35
Figura 3.4 – Esquema construtivo de um LED de potência para iluminação	36
Figura 3.5 – Exemplo de SMD LED.....	36
Figura 3.6 – Exemplo de COB LED.	37
Figura 3.7 – Exemplo de Aplicação PHOLED.	38
Figura 3.8 – Exemplo de aplicação do OLED.	39
Figura 3.9 - (a) LED indicador, (b) LED de alto brilho e (c) LED de potência.....	40
Figura 3.10 – Esquema construtivo de uma pastilha de LED branco de alta potência.....	41
Figura 3.11 – Evolução da eficácia luminosa: LEDs vs. fontes de luz branca convencionais.....	43
Figura 3.12 – Tempo de vida médio das lâmpadas mais utilizadas.	43
Figura 3.13 – Supermercado com iluminação fluorescente (esquerda) e LED (direita).....	45
Figura 3.14 – Dados elétricos medidos em lâmpada tubular LED.	46
Figura 3.15 – Dois LEDs operando com diferentes níveis de temperatura na junção	47
Figura 3.16 – Diferentes ambientes com aplicação de lâmpadas LED: (a) fachada do Palácio de Schönbrunn, em Viena, Áustria; (b) ponte estaiada Octávio Frias, em São Paulo; (c) frontão do túnel Södrälanken, na Suécia; (d) Yas Hotel, em Abu Dhabi.....	48
Figura 4.1 – Metodologia proposta.	51
Figura 4.2 – Crescimento da Base de Usuários do RETScreen®	53
Figura 4.3 – Gráfico de um processo típico de determinação de economia.	59
Figura 4.4 – Diagrama lógico simplificado para auxiliar na escolha da opção do PIMVP ...	64
Figura 4.5 – Cronograma de Ações de M&V	69
Figura 5.1 – Planta Baixa do Complexo Predial da SUDAM.....	74
Figura 5.2 – Histórico do Consumo Faturado nos Últimos 24 Meses	75
Figura 5.3 – Histórico do Valor Faturado nos Últimos 24 Meses	76
Figura 5.4 – Demanda de energia elétrica de 08 à 11/09/2015	77

Figura 5.5 – Demanda de energia elétrica para um dia típico com uso do gerador no horário de ponta.....	78
Figura 5.6 – Carga de Iluminação por Tipo de Lâmpada nas Dependências da SUDAM. ...	82
Figura 5.7 – Luminárias Ineficientes	83
Figura 5.8 – Envoltória de Alguns Blocos da SUDAM.....	84
Figura 5.9 – Pavimentos com Divisórias e Forros com Baixa Refletância.....	84
Figura 5.10 – Pavimentos com Divisórias e Forros com Baixa Refletância.....	85
Figura 5.11 – Tela Inicial do <i>Software</i> RETScreen.	89
Figura 5.12 – Inserção dos dados técnicos no <i>Software</i> RETScreen.	91
Figura 5.13 – Fluxo de Caixa Cumulativo Exibido pelo <i>Software</i> RETScreen.....	94
Figura 5.14 – <i>Setup</i> típico para a aquisição dos dados.....	95
Figura 5.15 – Interface lógica do dispositivo de medição.	96
Figura 5.16 – Medição de lâmpadas de LED.....	97
Figura 5.17 – Medição de lâmpadas de LED.....	98

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Surgimento das diferentes fontes de luz e a necessidade do homem ao longo dos anos.....	30
Tabela 3.2 – Vantagens e desvantagens do OLED.	39
Tabela 4.1 – Resumo das opções de estratégias de M&V	62
Tabela 5.1 – Histórico de Consumo e Faturamento dos Últimos 4 Anos.....	75
Tabela 5.2 – Economia Financeira Estimada com o Uso do Gerador no Horário de Ponta. .77	
Tabela 5.3 – Tipos de Luminárias Encontradas nos Complexo Predial da SUDAM	80
Tabela 5.4 – Dados Obtidos com o Levantamento das Luminárias.....	81
Tabela 5.5 – Apresentação de Algumas Lâmpadas LED e Indicação de Substituição	86
Tabela 5.6 – Proposta de Substituição das Lâmpadas Instaladas por Lâmpadas LED	87
Tabela 5.7 – Estimativa de Custos Baseado na Composição Unitária de Cada Serviço.	88
Tabela 5.8 – Sistemas Inseridos no RETScreen e os Dados Atribuídos a Cada Sistema	90
Tabela 5.9 – Inserção dos dados financeiros no <i>Software</i> RETScreen.....	91
Tabela 5.10 – Inserção dos dados financeiros no <i>Software</i> RETScreen.....	92
Tabela 5.11 – Comparação Caso de Referência x Caso Proposto e Resultados Energéticos Obtidos.	93
Tabela 5.12 – Resultados Obtidos quanto a Viabilidade Financeira do AEE.....	93
Tabela 5.13 – Análise de Emissões de GEE	94
Tabela 5.14 – Custos evitados.....	99
Tabela 5.15 – Economias provenientes da AEE	100

LISTA DE SIGLAS

A3P	Agenda Ambiental na Administração Pública
ABESCO	Associação de Conservação de Energia
ABRADEE	Associação Brasileira das Distribuidoras de Energia Elétrica
ACEEE	<i>American Council for an Energy Efficient Economy</i>
ADA	Agência de Desenvolvimento da Amazônia
AEE	Ação de Eficiência Energética
AMOLED	Diodos Orgânicos Emissores de Luz de Matriz Ativa
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ASHARAE	<i>American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers</i>
BNDES	Banco Nacional do Desenvolvimento
CB3E	Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações
CCPE	Comitê Coordenador do Planejamento dos Sistemas Elétricos
CELPA	Centrais Elétricas do Pará
CELPE	Companhia Energética de Pernambuco
CEPEL	Centro de Pesquisas de Energia Elétrica
CICE	Comissão Interna de Conservação de Energia
COB	<i>Chip On Board</i>
CONDEL	Conselho Deliberativo da SUDAM
CONPET	Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural
COSERN	Companhia Energética do Rio Grande do Norte
CPFL	Companhia Paulista de Força e Luz
DEA	Departamento de Energia Americano
DENA	Agência Alemã de Energia
DGEG	Direção Geral de Energia e Geologia
DGEMP	Diretoria Geral de Energia e de Matérias Primas
DIP	<i>Dual in line Package</i>
EE	Eficiência Energética
EEAS	Certificação em Eficiência Energética
ELETROBRÁS	Centrais Elétricas Brasileiras S.A.
ENCE	Etiqueta Nacional de Conservação de Energia
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
EPP	Eficiência Energética nos Prédios Públicos
ESCO	Empresa de Serviços de Conservação de Energia
ESPC	<i>Energy Services Performance Contracts</i>

EU	União Europeia
EVO	Organização para a Avaliação de Eficiência
FEP	<i>Federal Energy Program</i>
FINEP	Financiadora de Estudos e Projetos
GEE	Gases do Efeito Estufa
GEF	<i>Global Environment Facility</i>
GEFAE	Grupo de Estudos sobre Fontes Alternativas de Energia
GEM	Gestão Energética Municipal
GIZ	<i>Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit</i>
IBAM	Instituto Brasileiro de Administração Municipal
IEA	Agência Internacional de Energia
IEEE	Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
IRC	Índice de Reprodução de Cores
LED	Diodo Emissor de Luz
M&V	Medição e Verificação
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MME	Ministério de Minas e Energia
OLED	<i>Organic LED</i>
P3E	Programa para a Eficiência Energética em Edifícios
PBE	Programa Brasileiro de Etiquetagem
PDE	Plano Decenal da Expansão da Energia Elétrica
PEE	Programa de Eficiência Energética
PEG	Programa de Eficiência do Gasto
PES	Projeto Esplanada Sustentável
PHOLED	<i>Phosphorescent Organic LED</i>
PIMVP	Protocolo Internacional de Medição e Verificação de <i>Performance</i>
PMOLED	Diodos Orgânicos Emissores de Luz de Matriz Passiva
PNEf	Plano Nacional de Eficiência Energética
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
PROPEE	Procedimentos do Programa de Eficiência Energética
PWM	Modulação por Largura de Pulso
RELUZ	Eficiência Energética na Iluminação Pública e Sinalização Semafórica
RTQ	Requisitos Técnicos de Qualidade
SEDOP/PA	Secretaria de Estado de Desenvolvimento Urbano e Obras Públicas do Pará

SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
SMD	<i>Surface-Mounted Device</i>
SPVEA	Superintendência do Plano de Valorização Econômica da Amazônia
SSL	<i>Solid-State Lighting</i>
SUDAM	Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia
THD	Taxa de Distorção Harmônica
TIR	Taxa Interna de Retorno
VPL	Valor Presente Líquido

RESUMO

A matriz energética mundial é bastante dependente das fontes não renováveis de energia, assim, a adoção de novas tecnologias e estratégias que visem à eficiência energética são ações fundamentais, face às mudanças climáticas, escassez dos recursos naturais e demanda crescente de energia. Nesse sentido, o progresso autônomo da tecnologia dos LEDs, do inglês "*Light-Emitting Diode*", e o progresso induzido, praticado pelo governo brasileiro, em eficiência energética são alavancas propulsoras para o crescimento das medidas de conservação de energia em todos os setores da economia. Nesse contexto, o presente trabalho vem propor uma metodologia que busca reduzir o consumo de energia elétrica na Administração Pública. O método proposto é aplicado em um estudo de caso na Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM), uma Autarquia Federal, utilizando-se, em um primeiro momento, de um pré-diagnóstico energético capaz de embasar a implementação de Ações de Eficiência Energética (AEE) por meio de medidas técnico-administrativas e, em um segundo momento, amparado por um diagnóstico energético aprofundado no sistema de iluminação artificial, sugere e emprega o LED na iluminação artificial de alguns ambientes da SUDAM. Para subsidiar a metodologia proposta é utilizado o software RETScreen[®] e a metodologia do Guia de M&V (Medição e Verificação) da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) tendo como premissas, respectivamente, analisar a oportunidade percebida no diagnóstico energético e quantificar os resultados obtidos admitindo a substituição de todas as lâmpadas antigas por lâmpadas LED. O trabalho apresenta os resultados, satisfatórios, provenientes das Ações de Eficiência Energética e conclui também que a utilização do LED na iluminação artificial da SUDAM possui viabilidade de aplicação com recursos próprios da Instituição, configura-se como uma proposta de projeto válida para Chamadas Públicas, que devem ser ofertadas pela concessionária de energia local, no âmbito do Programa de Eficiência Energética (PEE) regulado pela ANEEL, possibilidade de obter a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) parcial para o sistema de iluminação e ainda servir como parâmetro e motivação para os demais Órgãos do Setor Público.

Palavras-Chaves: Administração Pública Federal, Eficiência Energética, ENCE, LED, M&V, PEE e RETScreen[®]

ABSTRACT

The world energy matrix is a lot dependent of non-renewable energy source, thus, the adoption of new technologies and strategies that aim the Energy Efficiency are actions fundamental, against climate changes, scarcity of natural resources and increase energy demand. This form, an autonomous progress of Lights-Emitting Diodes (LED) technology and an induction progress, practiced for Brazilian Government, in Energy Efficiency are levers to growth action energy conservation in all sectors of the economy. With that intent, this work comes to propose an methodology that search reduce the energy consumption in Public Administration. The method proposed is applied in case study in Amazon Development Superintendence (SUDAM), an Autarchy the Federal, using, in a first moment, of a pre-diagnosis capable of to base the implementation of energy efficiency action by means of steps technical-administrative and, in a second moment, supported by an deep energy diagnosis in artificial lighting system, it suggests and employs the LED in lighting some SUDAM environments. To subsidize the proposed methodology is used the software RETScreen[®] and the methodology of Measure and Verification Guide of the National Electrical Energy Agency (ANEEL), by having like premise, respectively, an analyze of an opportunity perceived in energy diagnostic and results quantify obtained admitting the renewal of all old lamps for LED lamps. The work presents results, satisfactory, from of energy efficiency actions and it concludes also that use of LED in artificial lighting of SUDAM it has viability application with own resource Institution's, sets up like a propose valid of project to Calls Public, that must be offered by electrical utility, in ambit of the Efficient Energy Program regulated by the ANEEL, possibility of get National Energy Conservation Label, partial, to lighting system and still serve like parameter and motivation to the other Agencies of Public Sector.

Keywords: Efficient Energy Program, Energy Efficiency, Federal Public Administration, LED, Measure and Verification, National Energy Conservation Label and RETScreen[®].

1 INTRODUÇÃO

1.1 Motivação do Trabalho

A eficiência no uso da energia, em especial a elétrica, está na pauta no mundo desde os choques do petróleo na década de 70, quando ficou patente que as reservas fósseis não seriam baratas para sempre, nem o seu uso seria sem prejuízos para o meio ambiente. Logo se descobriu que o mesmo “serviço de energia” (iluminação, força motriz e os usos que proporcionam aquecimento, condicionamento ambiental, funcionamento de equipamentos eletroeletrônicos, etc.) poderia ser proporcionado com menos gasto de energia e, por conseguinte, com menores repercussões econômicas, ambientais, sociais e culturais. Equipamentos e hábitos de uso passaram a ser analisados também sob o ponto de vista de sua Eficiência Energética (EE), verificando-se que muitos deles eram “economicamente viáveis”, ou seja, o custo de sua implantação era menor que o custo da energia cujo uso evitava (EPE, 2007).

Utilizar de maneira correta a energia elétrica, tratando-a com responsabilidade e sem desperdícios, constitui um novo parâmetro a ser considerado no exercício da cidadania. As ferramentas a serem utilizadas devem estar alicerçadas basicamente em dois pontos: no uso de equipamentos mais eficientes e na mudança de hábitos (IBAM, ELETROBRÁS, 2002).

Três grandes tipos de energia disponíveis – fóssil, nuclear, renovável – nenhuma solução inquestionável. Fóssil e nuclear, ambas tecnologias ambientalmente sujas e de reservas limitadas, a última também perigosa. Renovável ainda cara e incapaz de atender diretamente a alguns tipos de solicitações (CARVALHO, 2013).

Ainda de acordo com Carvalho (2013):

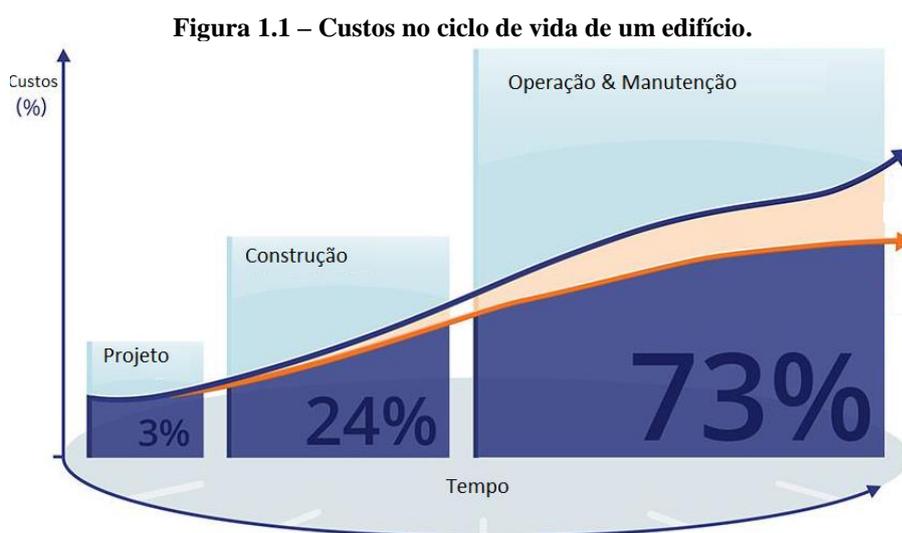
Que alternativa então? Só uma, para já, se afirma como podendo ser realmente eficaz, contudo transitória (mas urge ganhar tempo...), concretamente, fazer melhor uso dos recursos energéticos mundiais, reduzindo o consumo de energia por unidade de produção, ou seja, mais prosaicamente falando, reduzir o desperdício e poupar energia, contudo mantendo ou melhorando os processos produtivos ou os consumos domésticos e industriais. Tão só se trata de promover a *Eficiência Energética, a verdadeira 4ª energia*, seja a fonte de energia de origem fóssil ou renovável.

No que se refere a construção de novas usinas hidrelétricas para ampliar a oferta de energia, observa-se atualmente no Brasil que inúmeras são as questões relacionadas com a aprovação de empreendimentos desse porte, dada a complexidade de viabilizar um projeto

que consiga mitigar todas as questões socioambientais. Dessa forma, ao economizar energia elétrica, estamos adiando a necessidade de construção de novas usinas geradoras e sistemas elétricos associados, disponibilizando recursos para outras áreas e contribuindo para a preservação da natureza (ELETROBRÁS, 2006).

As mudanças climáticas que implicam na escassez das chuvas em diversas regiões do Brasil, também são relevantes no contexto da oferta de energia elétrica. O volume pluviométrico que abastece os reservatórios das principais hidrelétricas do país em janeiro de 2015 foi o mais baixo para o mês nos últimos 85 anos e, em razão disso, o país usou com mais intensidade as termoeletricas, que geram energia elétrica por meio da queima de combustíveis como óleo e gás, entretanto, as termoeletricas, além de emitirem grandes quantidades de Gases do Efeito Estufa (GEE), ainda produzem energia mais cara, o que tem provocado aumento no custo da energia elétrica para os tipos de consumidores (G1 NOTÍCIAS, 2015).

Pode-se dizer que a energia elétrica representa não somente um insumo essencial, mas, também, constitui-se como um dos elementos de maior peso na estrutura dos custos (IBAM, ELETROBRÁS, 2002). A figura 1.1, apresentada a seguir, contribui para o entendimento do exposto, pois estabelece a estimativa dos custos nas três etapas de qualquer construção, onde a curva laranja representa uma instalação pensada, na etapa de projeto, para reduzir os custos com as etapas de construção e operação de uma edificação, nota-se, por meio da curva azul, que a obra e a operação são mais onerosas quando a concepção de um projeto não está pautada na adoção de estratégias para minimizar os custos futuros da edificação.



Fonte: MMA, 2017.

O Governo Federal Brasileiro alinha-se com o contexto global, por meio de normativos, programas e ações que se integram e complementam-se a fim de alavancar a Eficiência Energética no âmbito da Sustentabilidade em Edificações Públicas (CEPEL, 2014). Nesse contexto, vale destacar duas ações primordiais: a necessidade de reduzir o consumo de energia elétrica pelo Setor Público e de promover a etiquetagem, no âmbito das ações e métodos praticados que propiciam o uso eficiente da energia nas edificações públicas.

1.2 Estado da Arte das Ações de Eficiência Energética e da Tecnologia dos LEDs

Considerando que o presente trabalho trata da Eficiência Energética nas edificações públicas, com foco nas cargas de iluminação a LED destaca-se a seguir alguns importantes trabalhos nesta linha de pesquisa.

Para a Agência Internacional de Energia (IEA), citada por Carvalho (2013), promover a Eficiência Energética corresponde a contribuir para a mitigação do impacto de problemas como: a) as alterações climáticas (reduzindo as emissões de Gases do Efeito Estufa – GEE), b) a crescente escassez de combustíveis fósseis e, c) as dificuldades econômicas que o Mundo vive na atualidade, diminuindo a despesa e dependência energética dos países. Carvalho (2013), por meio da metodologia de estudo de caso comparado, analisou os Planos de Ação para a EE do Porto (Portugal) e de Estocolmo (Suécia) e percebeu, entre outros aspectos, que: (i) as condições socioculturais e econômico-financeiras são determinantes para a formatação e a implementação de medidas de EE; (ii) as medidas de EE devem ser adaptadas à realidade de cada cidade; (iii) a EE deve ser pensada em consonância com os planos de ordenamento do território a nível nacional, regional e local já que as cidades vivem de interações com a sua envolvente; (iv) as cidades devem pensar a Gestão da EE atribuindo-lhe recursos e mecanismos de financiamento, definindo responsabilidades, objetivos e cronogramas e monitorizando os planos com regularidade, utilizando métricas concretas.

Filadelfo (2010) trabalhou no desenvolvimento de um circuito conversor estático chaveado, constituído de um retificador com conversor *Boost* com controle para correção do fator de potência associado a um conversor *Buck* para controle da corrente fornecida a um arranjo de LEDs controlado por PWM (Modulação por largura de pulso, do inglês *Pulse Width Modulation*) para fornecer corrente contínua a LEDs de potência para uma luminária de Iluminação Pública. Ainda no campo do desenvolvimento de tecnologias da iluminação à LED, Dias (2012) por meio de um protótipo experimental com de potência de saída de 11

Watts, avaliou o emprego de um conversor de baixo custo, operando em baixa frequência, para o acionamento de LEDs usados em luminárias de baixa potência.

Leite (2010) em seu trabalho analisou, por meio de estudo de caso nos segmentos comercial e industrial, os protocolos mais conhecidos de Medição & Verificação (M&V) de programas de Eficiência Energética, sob a ótica da aplicação do recurso privado em projetos de EE, pois a simples comparação de faturas de energia elétrica e a utilização não rigorosa de indicadores para determinação da energia economizada deixam de ser uma opção com a disponibilização de padrões compreensivos de M&V.

Por meio de uma avaliação econômica e ambiental, Silva (2013) fez a contabilização dos consumos de eletricidade e emissões de CO₂ provenientes da utilização de equipamentos de iluminação LED e iluminação Tradicional (lâmpadas de incandescência e de descarga) em dois cenários distintos – Escritório e Indústria, onde foi possível comprovar que o LED atinge reduções de consumo até 80% para Escritório e 60% para Indústria, com um investimento inicial elevado nos dois cenários, mas como o seu consumo é reduzido alcança-se um retorno de investimento em aproximadamente 4 anos no cenário Escritório e 1 ano para Indústria. Silva (2012) ainda verificou que houve uma redução significativa nos valores de fatores de emissão ao longo dos anos com a implementação de planos de redução de GEE.

Soares (2015) propôs uma metodologia para o gerenciamento de energia como uma ferramenta de Gestão de Eficiência Energética na Indústria pelo lado do consumo de energia no processo produtivo de uma indústria, com base na criação da interatividade entre os usuários e a energia elétrica e na adoção de dispositivos de medição, controle e diagnóstico, a fim de obter um melhor aproveitamento do uso da energia elétrica. O caso analisado por Soares (2015) foi pautado pela aplicação do M&V para avaliar o percentual efetivo de economia obtido após a implantação das ações de eficiência energética.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivos Gerais

Propor e desenvolver uma metodologia voltada para a redução do consumo de energia elétrica no Setor Público Brasileiro, tornando os edifícios públicos cada vez mais eficientes do ponto de vista energético. Contudo, é importante enfatizar que a metodologia proposta também pode ser aplicada para os demais setores da economia.

O trabalho visa ainda sensibilizar e encorajar os gestores públicos a optar pelos LEDs no caso de *retrofit* da iluminação artificial, bem como ainda buscar a implementação de Ações

de Eficiência Energética (AEE) por meio do Programa de Eficiência Energética (PEE) estabelecido pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) para as Distribuidoras do Setor Energético Brasileiro.

1.3.2 Objetivos Específicos

Coletar informações de uma Autarquia Federal da Administração Pública que será o laboratório do estudo de caso, no qual se realizará o levantamento do perfil de carga, registros do perfil de consumo, a composição da conta de energia elétrica, histórico de consumo, identificação das oportunidades de redução de custos de energia, identificação dos pontos de desperdícios de energia.

Realizar pré-diagnóstico energético através das análises dos dados e registros obtidos através de medições, faturas de energia elétrica e dados advindos de medidores de energia.

Propor medidas comuns a qualquer tipo de edificação pública de escritório e que são básicas e de baixo custo, e que podem proporcionar um grande benefício, tornando-se uma ferramenta de grande importância para uma ação inicial de eficiência energética, esboçando alguns planos de consumo eficiente de energia elétrica que podem ser adotados por outros edifícios públicos e mesmo se estender pelos demais setores que compõe a matriz de consumo energético brasileira.

Implementar a substituição de lâmpadas e luminárias com tecnologias e elementos construtivos mais antigas por lâmpadas LED, pautado no diagnóstico energético aprofundado do sistema de iluminação e no estudo de pré-viabilidade e, posteriormente, observar os impactos da Ação de Eficiência Energética no consumo de energia elétrica.

Servir de base de apoio, do ponto de vista técnico, para: o Projeto PNUD BRA/09/G31 – “Transformação do Mercado de Eficiência Energética no Brasil”, executado pelo Ministério do Meio Ambiente em parceria com o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – PNUD e mais 20 Instituições Públicas, **incluindo a Instituição que é objeto deste estudo**, e financiado pelo *Global Environment Facility* (GEF); a reforma que está sendo projetada para um dos blocos e área externa da Autarquia; a participação em Chamadas Públicas da distribuidora de energia do Pará, no âmbito do Programa de Eficiência Energética gerido pela Agência Nacional de Energia Elétrica.

1.4 Contribuição e Relevância da Análise

É de relevância, principalmente para o Setor Público, por se tratar de uma ferramenta que auxiliará os gestores públicos a alinharem suas ações com os normativos de apoio à Eficiência Energética, contribuindo para o alcance das metas nacionais (e internacionais) de redução do consumo de energia elétrica e das emissões dos Gases do Efeito Estufa.

Considerando a Resolução Normativa nº 556/2013 da ANEEL que torna obrigatório, desde setembro de 2015, que as concessionárias ou permissionárias de distribuição de energia elétrica realizem Chamada Pública para seleção de projetos, uma vez por ano e, considerando ainda, que a Companhia Energética do Rio Grande do Norte (COSERN) publicou a Chamada Pública nº 002/2015 voltada para a tipologia de Serviços Públicos (COSERN, 2015) e não houve proposta qualificada conforme resultado publicado pela Concessionária (COSERN, 2016), o presente estudo traz grandes contribuições no que diz respeito à elaboração de uma proposta elegível para as Chamadas Públicas, devido, entre outros pontos, estar em consonância com a metodologia do Guia de Medição & Verificação da ANEEL.

1.5 Estrutura e Organização do Trabalho

O Capítulo 1 – *Introdução* – apresenta as motivações que impulsionaram a realização desta obra. O capítulo também informa sobre o estado da arte, através de citações de trabalhos realizados. E, por fim, descreve os objetivos gerais e específicos pretendidos, juntamente com a contribuição e relevância associadas ao oportuno trabalho.

O Capítulo 2 – *Eficiência Energética* – refere-se à revisão bibliográfica por meio de pesquisas correlatas no acervo literário técnico nacional e internacional apresentando conceitos e contextualizando o tema de Eficiência Energética. A conjuntura da EE no Brasil também é explorada, exibindo os principais programas, planos e normativos, bem como alguns importantes resultantes do progresso induzido. No final, ainda são abordados, com maiores detalhes, os esforços do Governo Federal para tornar as edificações públicas mais eficientes.

O Capítulo 3 – *A Evolução da Tecnologia dos LEDs e seu Uso na Iluminação Artificial* – apresenta os principais conceitos de Luminotécnica utilizados ao longo da dissertação, a evolução da tecnologia dos LEDs, desde a exposição do princípio de funcionamento até os rumos que as pesquisas voltadas ao desenvolvimento dos LEDs estão tomando. Ainda são citadas as vantagens da utilização dos LEDs na iluminação artificial,

comparando com as demais tecnologias disponíveis, e os cuidados que se deve ter na hora de optar por utilizar os LEDs.

O Capítulo 4 – *Metodologia Proposta* – apresenta e detalha as metodologias adotadas na realização do trabalho que conduzem a análise da obtenção do uso eficiente da energia elétrica, no que diz respeito à iluminação artificial de edifícios públicos.

O Capítulo 5 – *Estudo de Caso* – aborda a aplicação da pesquisa enfocando o estudo de caso em uma Autarquia da Administração Pública Federal e apresenta os resultados gerados pela aplicação dos métodos que embasaram este trabalho.

O Capítulo 6 – *Conclusões* – apresenta as conclusões principais do trabalho realizado e ainda expõe algumas propostas e recomendações para trabalhos futuros.

2 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

2.1 Introdução

O desenvolvimento da tecnologia de LED voltado para a iluminação de ambientes tem crescido vertiginosamente. Uma gama de características incorporadas ao dispositivo, bem como, a necessidade iminente de adotar estratégias que visem efficientizar e racionalizar o uso da energia elétrica, acrescentando ainda a evolução técnico-científica que a sociedade contemporânea experimenta, surgem como propulsores para a penetração da tecnologia de LED no mercado da iluminação artificial, Morais et al. (2016).

O Governo Federal Brasileiro alinha-se com o contexto global da Eficiência Energética (EE), por meio de normativas, programas e ações que se integram e complementam-se a fim de desenvolver a EE no âmbito da Sustentabilidade em Edificações Públicas (CEPEL, 2014).

2.2 Conceitos e Definições de Eficiência Energética

Patterson, citado por Soares (2015), considera que a Eficiência Energética corresponde ao processo associado a um menor uso de energia por cada unidade de produção. Este autor propõe o uso de indicadores que expressem a variação na eficiência energética, sendo tais indicadores divididos em:

- Termodinâmicos – Baseados na ciência da termodinâmica, indicam a relação entre o processo real e o ideal quanto à necessidade de uso de energia térmica;
- Físicos termodinâmicos – Consideram a parcela de energia requerida em unidades termodinâmicas, mas, as saídas (produtos) são expressas em unidades físicas;
- Econômicos termodinâmicos - Cujas energias requeridas em unidades termodinâmicas é dada como referência, mas, os produtos são expressos em unidades econômicas (valores monetários);
- Econômicos – Onde a energia requerida e os produtos são expressos em grandezas econômicas.

Esses indicadores são possíveis critérios para expressar a eficiência energética, de acordo com os setores ou atividades econômicas.

Para Schipper (2001), indicadores energéticos descrevem as relações entre o uso de energia e atividade econômica de forma desagregada, representando medições do consumo de

energia e permitindo identificar os fatores que o afetam. Destacam-se os indicadores globais utilizados para avaliar a eficiência energética de um país como um todo, possibilitando a comparação com outros países e o acompanhamento da evolução da eficiência ao longo do tempo (TOLMASQUIM *apud* SOARES, 2015).

Portanto é fundamental salientar a crítica distinção entre eficiência energética e poupança energética: poupança de energia, quando vista isoladamente, representa a simples redução do consumo de energia, logo redução da atividade para a qual é utilizada; já a eficiência energética representa um conceito bem mais complexo, de otimização do consumo de energia, ou seja, de poupança sem redução da atividade, ou mesmo com o aumento de atividade, a garantia na redução de consumo de energia (OIKONOMOU *et al. apud* CARVALHO, 2013).

O Ministério de Minas e Energia (MME) e a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), no Plano Nacional de Eficiência Energética – PNEF – (2010) referem-se à EE como sendo a realização de ações de diversas naturezas que culminam na redução de energia necessárias para atender as demandas da sociedade por serviços de energia sob a forma de luz, calor/frio, acionamento, transporte e uso em processo, onde busca-se o atendimento das necessidades da economia com menor uso da energia primária e, por tanto, menor impacto na natureza.

Dentre os conceitos contemporâneos, o Ministério de Meio Ambiente - MMA (2013) define que a eficiência energética consiste na relação entre a quantidade de energia empregada em uma atividade e aquela disponibilizada para sua realização. A promoção da eficiência energética abrange a otimização das transformações, do transporte e do uso dos recursos energéticos, desde suas fontes primárias até seu aproveitamento. Adotam-se, como pressupostos básicos, a manutenção das condições de conforto, de segurança e de produtividade dos usuários, contribuindo, adicionalmente, para a melhoria da qualidade dos serviços de energia e para a mitigação dos impactos ambientais (MME, 2013).

Trata-se de uma atividade técnico-econômica que objetiva proporcionar o melhor consumo de energia e água, com redução de custos operacionais correlatos; minimização dos contingenciamentos no suprimento desses insumos e introdução de elementos e instrumentos necessários para o gerenciamento energético e hídrico da empresa ou empreendimento (MMA, 2013).

Por exemplo, para o grupo Companhia Energética de Pernambuco – Celpe, a eficiência energética consiste em obter o melhor desempenho na produção de um serviço com o menor gasto de energia elétrica (CELPE, 2013), já para a Associação Brasileira de Serviços de Conservação de Energia (ABESCO), caracteriza-se a eficiência energética como uma

atividade técnico-econômica que objetiva proporcionar o melhor consumo de energia e água, com a redução dos custos operacionais correlatos, além de minimizar contingenciamentos no suprimento desses insumos, e introduzir elementos e instrumentos necessários para o gerenciamento energético e hídrico da empresa e ou empreendimento (ABESCO, 2013).

Ainda referente à conceituação de EE, vale ressaltar dois novos conceitos que estão intimamente relacionados com o tema: Progressos Autônomo e Induzido, onde no primeiro, entende-se aquele que se dá por iniciativa do mercado, sem interferência de políticas públicas, dá-se de forma espontânea, ou seja, através da reposição natural do parque de equipamentos por similares novos e mais eficientes ou tecnologias novas que produzem o mesmo serviço de forma mais eficiente; do último, por outro lado, entende-se aquele que requer estímulos através de políticas públicas (MME, 2007).

2.3 Contextualização da Eficiência Energética no Mundo

A preocupação mais acentuada com Eficiência Energética surgiu com os choques do petróleo de 1973-74 e 1979-81 que trouxeram a percepção de escassez deste recurso energético e forçaram a alta dos preços do barril do petróleo, abrindo espaço para uma série de ações voltadas à conservação e maior eficiência no uso dos seus derivados.

A partir da publicação dos estudos do Clube de Roma, com os movimentos em defesa do meio ambiente e com os tratados relacionados à mudança climática, a destacar o Protocolo de Quioto, foram integrados os compromissos assumidos pelos países industrializados relativos à redução das emissões de gases do efeito estufa (GEE). O objetivo deste protocolo foi o de reduzir as emissões em 5,2% em relação aos níveis de 1990, durante o período de 2008-2012, através de algumas ações básicas como: reforma dos setores de energia e transportes; promoção do uso de fontes energéticas renováveis; eliminação de mecanismos financeiros e de mercado inapropriados aos fins da Convenção; limitação das emissões de metano no gerenciamento de resíduos e dos sistemas energéticos e a proteção das florestas e outros sumidouros de carbono.

O Protocolo de Quioto foi negociado em 11 de dezembro de 1997, aberto para as assinaturas em 1998, ratificado pela Comunidade Europeia em 29 de abril desse mesmo ano. Este Protocolo só se tornou lei internacional após a sua ratificação pela Rússia em fevereiro de 2005, momento em que se completou a condição preestabelecida para o seu vinculativo reconhecimento internacional. Neste sentido, a sua ratificação por pelo menos 55 países, os

quais em 1990, totalizavam 55% das emissões de GEE das Partes integrantes no Anexo 1 da Convenção Quadro das Nações Unidas para as Alterações Climáticas foi fundamental.

A Eficiência Energética, do ponto de vista internacional, foi alçada à condição de instrumento privilegiado e, por vezes, preferencial para a mitigação dos efeitos decorrentes das emissões de GEE, os quais são destruidores da Camada de Ozônio. Ao mesmo tempo, ressaltou-se a percepção de que o aumento de eficiência pode constituir uma das formas mais econômicas e ambientalmente favoráveis de atendimento de parte dos requisitos de energia (MME, 2011).

A política energética da União Europeia (UE) apresenta quatro pilares fundamentais: i) existência de um mercado de energia funcional; ii) passagem para uma economia de baixo carbono; iii) aumento da eficiência energética; e, iv) criação de uma nova abordagem nas relações com outros países. Com esta política a Europa pretende ser menos dependente energeticamente, mais eficiente e ambientalmente exemplar (CARVALHO, 2013).

O Plano de Ação para a EE de 2007 da UE e a Diretiva Europeia para a eficiência energética, têm como objetivo controlar e reduzir a procura de energia (no consumo e no abastecimento), a fim de se obter até 2020 uma poupança de 20% no que diz respeito ao consumo anual de energia primária (comparativamente às previsões de consumo de energia para 2020), aumentar a produção de energia a partir de fontes renováveis em 20% e reduzir, também em 20%, a emissão de GEE para a atmosfera (CARVALHO, 2013).

A Lei Americana de Recuperação e Reinvestimento de 2009, sancionada em 17 de fevereiro, estimulou um nível de investimentos em eficiência energética sem precedentes nos Estados Unidos. O investimento em tecnologias e práticas mais eficientes em casas, empresas, escolas, governos e indústrias — que respondem por 70% do consumo de gás natural e eletricidade nos Estados Unidos — é um dos modos mais construtivos e de melhor relação custo/benefício para a criação de novos empregos. Ao mesmo tempo, esses investimentos ajudarão nos desafios dos altos preços da energia, segurança e independência energética, preocupações com o meio ambiente e mudanças climáticas globais no curto prazo. A exploração dessa eficiência ajudaria os Estados Unidos a atender cerca de 50% ou mais do crescimento esperado no consumo de eletricidade e gás natural nas próximas décadas, proporcionando uma economia de bilhões de dólares nas contas de energia e evitando emissões significativas de GEE e de outros poluentes no ar (SOARES, 2015).

O Plano de Ação para EE dos Estados Unidos pretende alcançar os seguintes objetivos:

- Economizar US\$ 100 bilhões com a redução nas faturas de energia;

- Economia anual de energia superior a 900 TWh;
- Poupança líquida total de US\$ 500 bilhões; e,
- Redução anual na emissão de GEE da ordem de 500 milhões de toneladas de CO₂, o que equivale a retirada de 900 milhões de carros das ruas.

Na terceira edição da “*International Energy Efficiency Scorecard*”, elaborado pela *American Council for an Energy Efficient Economy – ACEEE* (2016) foram analisados as 23 maiores economias do mundo, que juntas correspondem a mais de 81% do produto interno bruto mundial e cerca de 75% do consumo mundial de eletricidade. Foram estabelecidas 35 indicações divididas entre medidas de políticas energéticas e medidas de desempenho energético para avaliar a eficiência com que essas economias usam a energia. A medida política é caracterizada pela presença em um país ou região de uma melhor prática de política energética.

Exemplos de políticas energéticas incluem a presença de um objetivo nacional de economia de energia, padrões de economia de combustível para veículos e padrões de eficiência energética para os aparelhos. As medidas de desempenho são uma medida de uso de energia que proporcionam resultados quantificáveis. As métricas são distribuídas entre os três setores principais responsáveis pelo consumo de energia em um país economicamente desenvolvido: edifícios, indústria e transporte. Foi incluído também um número de métricas que cruzam estes setores (como a eficiência de geração de energia elétrica) e que indicam um compromisso nacional para a eficiência energética. A pontuação máxima possível estipulada para um país foi de 100 pontos, divididos em 25 pontos para todas as seções, e foi feito a atribuição de um valor de ponto para cada métrica, sendo em seguida classificadas todas as economias com base nos resultados da pesquisa (ACEEE, 2016).

De acordo com a pesquisa, a Alemanha teve a maior pontuação geral, com 73,5 de 100, enquanto a Itália e o Japão ficaram empatados em segundo lugar com 68,5 pontos. Os países com maior pontuação em cada categoria são:

- Esforços Nacionais: Alemanha;
- Construções: Alemanha;
- Indústria: Alemanha; e,
- Transporte: empate triplo entre a Índia, a Itália e o Japão.

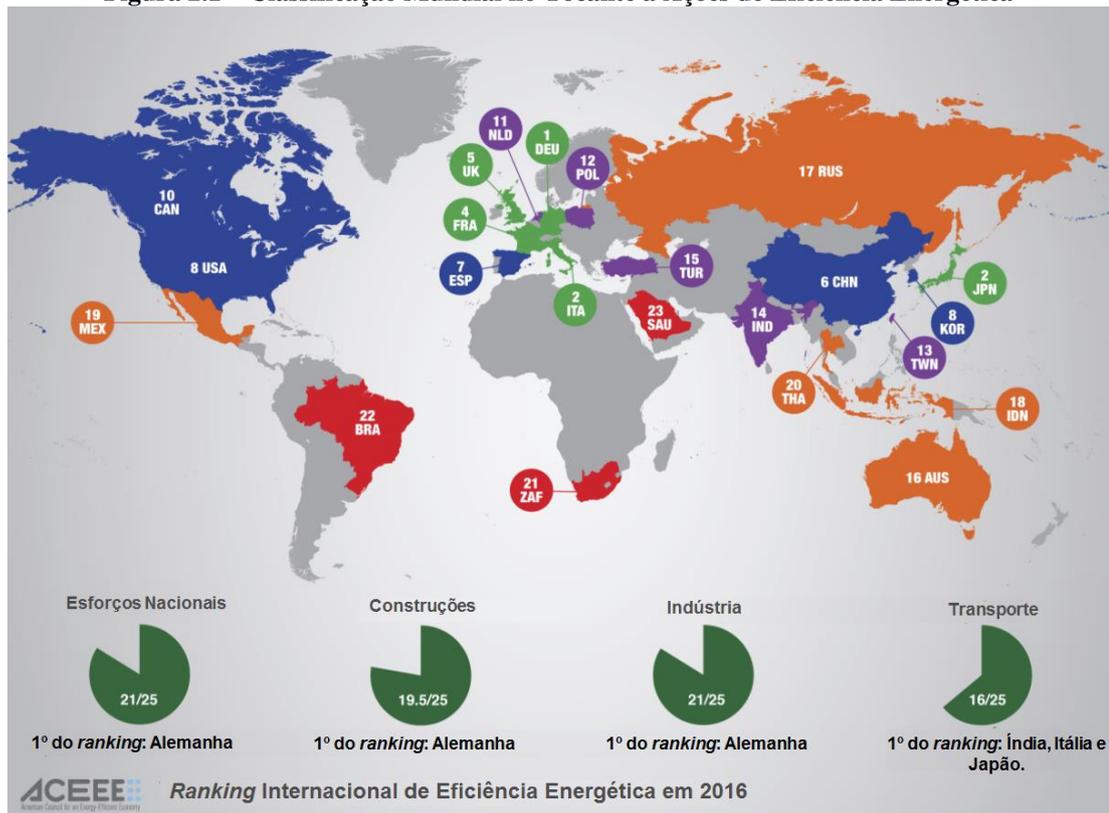
Os resultados da pesquisa elaborada pela ACEEE (2016) indicam que alguns países estão superando significativamente outros, mas o achado mais importante é que há oportunidades significativas de melhoria em todas as economias analisadas. As condições

necessárias para um resultado perfeito são atualmente possíveis na prática, em algum lugar do globo. Para cada métrica, pelo menos um país (ou muitas vezes vários) receberam todos os pontos. No entanto, cada país também tem deficiências graves, e a pontuação média foi de apenas 51 pontos, em geral.

O Brasil, a exemplo da última edição do “*Ranking Internacional*” em 2014 (ACEEE, 2014), continua em penúltimo, na frente apenas da África do Sul. O México que na edição anterior foi o que menos pontuou, agora aparece em 19°. Países como Alemanha, Índia, Itália e Japão permanecem na vanguarda das ações voltadas para a Eficiência Energética. Os países que utilizam a energia de forma mais eficiente usam menos recursos para alcançar os mesmos objetivos, reduzindo custos, preservando os seus recursos naturais, apresentando assim uma vantagem competitiva em relação aos demais.

A seguir, a figura 2.1 mostra de forma macro a classificação conforme pesquisa.

Figura 2.1 – Classificação Mundial no Tocante à Ações de Eficiência Energética



FONTE: ACEE, 2016 (Adaptação).

As iniciativas para a adoção de medidas de eficiência energética em prédios públicos vêm recebendo a atenção especial de diversos países pela sua importância para contribuir na redução das emissões que impactam no clima do planeta ou pelo papel tecnológico estratégico

que desempenham nas empresas em um mercado cada vez mais competitivo e globalizado, conforme elencados a seguir:

- ✓ No Reino Unido o Programa - “certificação em eficiência Energética” (*Energy Efficiency Accreditation Scheme - EEAS*) corresponde a uma certificação independente, a qual é atribuída uma compensação econômica, na que se reconhece a redução do uso de energia em organizações dos setores público e privado.
- ✓ Na França, a Diretoria Geral de Energia e de Matérias Primas (*Direction Generale de l’Energie et des Matieres Premieres - DGEMP*), vinculada ao Ministério da Ecologia, da Energia, do Desenvolvimento Sustentável e de Gestão do Território, é responsável por definir as políticas energéticas, assim como, garantir o abastecimento em fontes minerais. Entre suas atribuições destaca-se a elaboração de regulamentos que visam melhorar a eficiência energética de equipamentos e edifícios.
- ✓ Na Alemanha, para tratar das questões relacionadas à eficiência energética, tem-se a Agência Alemã de Energia (*Deutsche Energie Agentur - DENA*), criada em 2008. Entre os Programas e Ações de Eficiência Energética sob sua responsabilidade destaca-se o Programa “Certificado de Desempenho Energético das Edificações”.
- ✓ Nos Estados Unidos, foi criado o ESPC (*Energy Services Performance Contracts*), um programa que contempla redução de consumo de energia em prédios públicos, inserido na década de 70 no FEP (*Federal Energy Program*). As Empresas de Serviços de Conservação de Energia (ESCOs, do inglês *Energy Savings Company* ou *Energy Service Company*) foram contratadas pelas concessionárias do setor energético para subsidiariamente executarem os projetos de melhorias.
- ✓ Em Portugal, existe o Programa P3E - Programa para a Eficiência Energética em Edifícios, promovido pela Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG), órgão da Administração Pública Portuguesa que tem por missão contribuir para a concepção, promoção e avaliação das políticas relativas à energia e aos recursos geológicos. Esse Programa tem como objetivo final a melhoria da eficiência energética dos edifícios em Portugal. Definiu um conjunto de atividades estratégicas a serem desenvolvidas, a curto prazo, algumas de caráter inovador, visando a moderar a atual tendência de crescimento dos

consumos energéticos nos edifícios e, conseqüentemente, o nível das emissões dos Gases de Efeito Estufa (GEE) que lhes são inerentes.

2.4 Conjuntura da Eficiência Energética no Brasil

Os primeiros esforços do Brasil, no que diz respeito às ações de eficiência energética, remontam a década de 70, como resposta ao 1º Choque do Petróleo, sendo que no ano de 1975, o Grupo de Estudos sobre Fontes Alternativas de Energia (GEFAE) organizou, em colaboração com MME, um seminário sobre conservação de energia, sendo esta uma iniciativa pioneira no país. Ainda em 1975, a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) obteve autorização da Presidência da República para alocar recursos financeiros à realização do Programa de Estudos da Conservação de Energia, passando a desenvolver e apoiar estudos visando à busca de maior eficiência na cadeia de captação, transformação e consumo de energia (MME, 2010).

Com o 2º Choque do Petróleo, começou uma corrida para a diversificação da matriz energética visando uma maior segurança no atendimento à demanda de energia, abrindo espaço para uma série de ações voltadas à conservação e maior eficiência energética no uso do petróleo e seus derivados.

2.4.1 Programas, Planos e Normativos Vigentes do Governo no Âmbito da Eficiência Energética

Os programas, planos e normativos vigentes do Governo relacionados à EE são resultados do progresso induzido pela necessidade de conservação e otimização do uso do recurso energético.

O Brasil possui, há pelo menos três décadas, programas de Eficiência Energética reconhecidos internacionalmente: o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL); o Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural (CONPET) e o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), entre outros, além de políticas e planos específicos (CEPEL, 2014).

São listados e apresentados, de forma cronológica, os programas e planos nacionais, correspondentes a EE:

- **Programa Brasileiro de Etiquetagem - PBE**

Em 1984, o Inmetro iniciou, juntamente com o Ministério de Minas e Energia, uma discussão sobre a conservação de energia, com a finalidade de contribuir para a racionalização no seu uso no país, informando os consumidores sobre a eficiência energética de cada produto, estimulando-os a fazer uma compra mais consciente.

O Programa Brasileiro de Etiquetagem promove a eficiência energética por meio de etiquetas informativas a respeito do desempenho de máquinas e equipamentos energéticos, sendo de adesão compulsória para alguns equipamentos a partir da Lei 10.295, publicada em outubro de 2001 (conhecida por “Lei de Eficiência Energética”). Há dezenas de equipamentos etiquetados como, por exemplo, refrigeradores, congeladores verticais e horizontais, máquinas de lavar roupa, condicionadores de ar, motores elétricos trifásicos, lâmpadas fluorescentes compactas, aquecedores de água de passagem, fogões e fornos domésticos a gás, entre outros. De 2006 a 2013, a etiquetagem de lâmpadas foi responsável por uma economia de cerca de R\$ 23 bilhões. No que diz respeito aos equipamentos Refrigeradores e Condicionadores de Ar, estima-se uma economia de R\$ 6 bilhões, desde 2000.

Atualmente, encontram-se desenvolvidos 38 programas no PBE, estando previstos, para os próximos anos, o aumento no número e na complexidade dos mesmos. Nesse contexto, cabe ressaltar que o Plano Nacional de Eficiência Energética, reforça a importância do PBE ao considerá-lo estratégico, junto com outras iniciativas, para se atingir as metas estabelecidas no Plano Nacional de Energia - PNE 2030, conforme será apresentado aqui posteriormente.

- **Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL**

Criado em 1985 pela Portaria Interministerial N° 1877, coordenado pelo MME e operacionalizado pela Eletrobrás, o PROCEL é concebido com a finalidade de integrar ações visando a conservação de energia elétrica no País, dentro de uma visão abrangente e coordenada, maximizando seus resultados e provendo um amplo espectro de novas iniciativas, avaliadas à luz de um rigoroso teste de oportunidade, prioridade e economicidade.

O PROCEL possui diversas linhas de atuação, que abrangem diferentes segmentos de consumo de energia. Sua atuação é concretizada por meio de subprogramas específicos, como:

- ✓ Centro Brasileiro de Informação de Eficiência Energética - PROCEL Info
- ✓ Eficiência Energética em Edificações – PROCEL Edifica
- ✓ Eficiência Energética em Equipamentos - PROCEL Selo

- ✓ Eficiência Energética Industrial - PROCEL Indústria
- ✓ Eficiência Energética no Saneamento Ambiental - PROCEL Sanear
- ✓ Eficiência Energética nos Prédios Públicos - PROCEL EPP
- ✓ Gestão Energética Municipal - PROCEL GEM
- ✓ Informação e Cidadania - PROCEL Educação
- ✓ Eficiência Energética na Iluminação Pública e Sinalização Semafórica - PROCEL Reluz

As ações de marketing, notadamente a etiquetagem, o Selo e o Prêmio PROCEL, são responsáveis por cerca de 90% dos resultados do Programa.

Em 2015, suas ações, em conjunto com seus parceiros, proporcionaram uma economia de energia elétrica de 11,680 bilhões de kWh, evitando que mais de 1,453 milhão tCO₂ equivalentes fossem emitidas na atmosfera, o que corresponde às emissões proporcionadas por 499 mil veículos durante um ano (ELETROBRAS, 2016).

Esse resultado também equivale à energia fornecida, em um ano, por uma usina hidrelétrica com capacidade de 2.801 MW. Além disso, estima-se que as ações fomentadas pelo PROCEL contribuíram para uma redução de demanda na ponta de 4.453 MW (ELETROBRAS, 2016).

Ainda segundo a ELETROBRAS (2016), o custo anual evitado, por conta dos resultados energéticos proporcionados pelas ações do PROCEL no ano, foi de aproximadamente R\$ 1,623 bilhão. Por sua vez, os recursos financeiros aplicados no programa totalizaram R\$ 17,09 milhões.

Finalmente, deve-se ressaltar que o resultado obtido em economia de energia com a realização das ações do PROCEL, em 2015, foi 11,06% superior ao resultado do ano anterior. Isso pode ser explicado pela melhoria na eficiência energética de equipamentos com Selo PROCEL, bem como, pelo aumento do uso de equipamentos eficientes pela sociedade (ELETROBRAS, 2016).

Desde sua criação já foram investidos mais de R\$ 2,689 bilhões, sendo o Programa responsável pela economia estimada de cerca de 92,2 TWh (ELETROBRAS, 2016).

- **Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural – CONPET**

Criado em 1991, coordenado pelo MME e operacionalizado pela Petrobras, o CONPET é constituído por vários subprogramas, dentre os quais se destacam ações na área de transporte de carga, passageiros e combustíveis, educação, marketing e premiação. Um destes

programas, o EconomizAR, atende a 22 estados da Federação e possui mais de 5.000 empresas participantes, tendo promovido a economia de mais de 1 bilhão de litros de diesel e evitado a emissão de cerca de 2,7 milhões de toneladas de CO₂ e de 60 mil toneladas de material particulado desde sua criação.

De 2003 a 2013, o Selo CONPET para fogões a gás, fornos e aquecedores de água promoveu uma economia de cerca de 6 milhões de metros cúbicos no consumo de GLP, o que representa 10 milhões de toneladas de CO₂ evitado. Em 2012, foram incorporados critérios de eficiência energética no novo regime automotivo, permitindo que, hoje, 70% dos automóveis vendidos no Brasil possuam etiqueta de eficiência energética. Em junho de 2014, eram mais de 550 modelos, em 36 marcas diferentes. Até 2017, 100% da produção nacional deverá estar etiquetada.

O uso do Selo CONPET está associado aos modelos que utilizam a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia, que compara os automóveis semelhantes em suas categorias desde “A”, para mais eficientes, até “E”, para menos eficientes, e informa o consumo de combustível do veículo. Recebem o Selo CONPET aqueles modelos eficientes em suas categorias e também eficientes na comparação com todos os demais modelos participantes do programa.

- **Programa de Eficiência Energética das Concessionárias de Distribuição de Energia Elétrica - PEE**

Em 24 de julho de 2000, foi promulgada a Lei nº 9.991, que regulamenta a obrigatoriedade de investimentos em programas de eficiência energética no uso final por parte das empresas brasileiras distribuidoras de energia elétrica. A Lei consolidou a destinação de um montante importante de recursos para ações de EE (MME, 2011).

Os PEE consistem em aplicar, anualmente, o montante de no mínimo 0,5 % da receita operacional líquida das Concessionárias, em ações que tenham por objetivo o combate ao desperdício de energia elétrica. Com critérios definidos no Guia de Medição e Verificação (M&V) a ANEEL estabelece uma metodologia para alcance de tal obrigação das Concessionárias de Energia Elétrica perante o poder concedente (ANEEL, 2014).

A Resolução Normativa nº 556/2013 da ANEEL que tornou obrigatório, desde setembro de 2015, que as concessionárias ou permissionárias de distribuição de energia elétrica realizem Chamadas Públicas para seleção de projetos, uma vez por ano, no âmbito do PEE.

Desde sua criação, os PEEs totalizaram investimentos superiores a R\$ 5,7 bilhões. Em 2013 o Programa foi responsável por uma economia de aproximadamente 9,1 TWh e uma retirada de ponta de 2,8 GW (MORAIS *et al.*, 2016).

- **Plano Decenal da Expansão da Energia Elétrica - PDE**

O MME, através de seus órgãos e empresas, promove diversos estudos e análises com o objetivo de subsidiar a formulação de políticas energéticas, bem como orientar a definição dos planejamentos setoriais.

A Empresa de Pesquisa Energética (EPE), empresa pública vinculada ao MME, instituída pela Lei nº 10.847, de 15 de março de 2004, tem por finalidade prestar serviços na área de estudos e pesquisas destinadas a subsidiar o planejamento do setor energético, tais como energia elétrica, petróleo e gás natural e seus derivados, carvão mineral, fontes energéticas renováveis e eficiência energética, dentre outras.

Entre as atribuições da EPE, consta a responsabilidade de elaborar estudos necessários para o desenvolvimento dos planos de expansão da geração e transmissão de energia elétrica de curto, médio e longo prazo.

O PDE proporciona importantes sinalizações para orientar as ações e decisões relacionadas ao equacionamento do equilíbrio entre as projeções de crescimento econômico do país, seus reflexos nos requisitos de energia elétrica e no tocante à necessidade de expansão da oferta, em bases técnica, econômica e ambientalmente sustentável.

De acordo com o modelo vigente, que associa a participação de agentes públicos e privados, com papéis delimitados por um conjunto de normas, instrumentos governamentais e regulamentados por contratos junto ao órgão regulador, as diretrizes e indicações para o horizonte decenal se afiguram também, como instrumentos estratégicos para garantia do atendimento do mercado de energia elétrica com qualidade e confiabilidade.

- **Plano Nacional de Energia - PNE 2030**

Tem como objetivo o planejamento de longo prazo do setor energético do país, orientando tendências e balizando as alternativas de expansão desse segmento nas próximas décadas.

O PNE é composto de uma série de estudos que buscam fornecer insumos para a formulação de políticas energéticas, segundo uma perspectiva integrada dos recursos

disponíveis. Estes estudos estão divididos em volumes temáticos cujo conjunto subsidiará a elaboração do relatório final do PNE.

A Eficiência Energética constitui-se em um dos eixos temáticos do PNE, onde, no caso do setor elétrico, em 2030, além dos 5% de redução da demanda considerados a partir do progresso autônomo, foi estabelecida uma meta de 5% adicionais através do progresso induzido, a ser detalhada no PNEf.

- **Plano Nacional de Eficiência Energética - PNEf**

Com o objetivo de promover o progresso induzido, o Plano Nacional de Eficiência Energética deve identificar os instrumentos de ação e de captação dos recursos, de promoção do aperfeiçoamento do marco legal e regulatório afeto ao assunto, de forma a possibilitar um mercado sustentável de EE e mobilizar a sociedade brasileira no combate ao desperdício de energia, preservando recursos naturais.

O PNEf, coordenado pelo MME, é resultado de um esforço conjunto entre as várias esferas da sociedade, pois a compilação final do plano contou com a participação e contribuições de diversas Instituições Públicas e Privadas, de Organismos Internacionais, bem como ainda de diversos especialistas no assunto. As discussões foram distribuídas em temas escolhidos a partir de debates nas primeiras reuniões, levando em conta sua importância para o desenvolvimento de ações efetivas de eficiência energética e a experiência nacional e internacional no assunto.

O plano apresenta um resumo dos problemas identificados e propostas de soluções para que o potencial de Eficiência Energética em cada uma das áreas seja realizado. Nele também foram definidas responsabilidades, para as diversas instituições ligadas a Eficiência Energética, para implementação das medidas de Eficiência Energética propostas, e possíveis fontes de recursos foram discutidos.

Pretende-se, com a adoção das medidas propostas no plano, que as diversas iniciativas de Eficiência Energética no Brasil possam se articular e ganhar volume e efetividade, facilitando a utilização dos recursos e permitindo a ação integrada dos diversos agentes (MME, 2011).

No âmbito da legislação nacional relacionada à questão da Eficiência Energética, apresenta-se a seguir, também de forma cronológica, os principais normativos vigentes relacionados ao tema.

- **Portaria Interministerial Nº 1877, de 30 de dezembro de 1985**

Instrumento legal que cria o PROCEL.

- **Decreto Nº 99.656, de 26 de outubro de 1990**

Dispõe sobre a criação, nos órgãos e entidades da Administração Federal direta e indireta, da Comissão Interna de Conservação de Energia (CICE).

- **Lei Nº 9.991, de 24 de julho de 2000**

Dispõe sobre realização de investimentos, obrigatórios, em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica, e da outras providências.

- **Lei Nº 10.295, de 17 de outubro de 2001**

Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, visando a alocação eficiente de recursos energéticos e preservação ambiental, e dá outras providências.

- **Decreto Nº 4.131, de 14 de fevereiro de 2002**

Determina que os órgãos da administração pública federal direta, autárquica e fundacional deverão observar meta de consumo de energia elétrica correspondente a 82,5% da média do consumo mensal, tendo como referência o mesmo mês do ano 2000, a partir de fevereiro de 2002. Determina que os órgãos e entidades da administração pública federal deverão diagnosticar o grau de eficiência energética sobre sua administração com vistas à identificação de soluções e à elaboração de projetos de redução de consumo. Determina também que na aquisição de equipamentos ou contratação de obras e serviços deverão ser adotadas especificações que atendam aos requisitos inerentes à eficiência energética.

- **Decreto Nº 4.508, de 11 de dezembro de 2002**

Dispõe sobre a regulamentação específica que define os níveis mínimos de eficiência energética de motores elétricos trifásicos de indução rotor gaiola de esquilo, de fabricação nacional ou importados, para comercialização ou uso no Brasil.

- **Instrução normativa Nº 02, de 04 de junho de 2014.**

Dispõe sobre regras para a aquisição ou locação de máquinas e aparelhos consumidores de energia pela Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional,

e o uso da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) nos projetos e respectivas edificações públicas federais novas ou que recebam *retrofit*.

- **Portaria Nº 23 do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, de 12 de fevereiro de 2015.**

Estabelece boas práticas de gestão e uso de Energia Elétrica e de Água nos órgãos e entidades da Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional e dispõe sobre o monitoramento de consumo desses bens e serviços.

- **Portaria Nº 144 do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), de 13 de março de 2015.**

Aprovou os Requisitos de Avaliação da Conformidade para Lâmpadas LED com Dispositivo Integrado à Base, através da certificação, com foco no desempenho, segurança elétrica e compatibilidade eletromagnética, evidenciados por meio da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia – ENCE, atendendo aos requisitos do Regulamento Técnico da Qualidade para o objeto e ao Programa Brasileiro de Etiquetagem – PBE.

O normativo em questão também determinou os seguintes prazos:

- ✓ 11 (onze) meses, contados da data de publicação da Portaria, as lâmpadas LED com dispositivo integrado à base deverão ser fabricadas e importadas, somente em conformidade com os Requisitos ora aprovados e devidamente registradas no Inmetro;
- ✓ 19 (dezenove) meses, contados da data de publicação desta Portaria, as lâmpadas LED com dispositivo integrado à base deverão ser comercializadas no mercado nacional, por fabricantes e importadores, somente em conformidade com os Requisitos ora aprovados e devidamente registradas no Inmetro;
- ✓ 28 (vinte e oito) meses, contados da data de publicação desta Portaria, as lâmpadas LED com dispositivo integrado à base deverão ser comercializadas, no mercado nacional, por atacadistas e varejistas somente em conformidade com os Requisitos ora aprovados e devidamente registradas no Inmetro; e,
- ✓ 34 (trinta e quatro) meses, contados da data de publicação desta Portaria, as lâmpadas LED com dispositivo integrado à base deverão ser comercializadas, no mercado nacional, por atacadistas e varejistas cadastrados como Micro e Pequenas Empresas – MPE, somente em conformidade com os Requisitos ora aprovados e devidamente registradas no Inmetro.

- **Portaria Nº 75 do Ministério de Minas e Energia, de 17 de março de 2015.**

Aprovou e tornou de domínio público o Guia para Eficiência Energética nas Edificações Públicas, com a finalidade de orientar os gestores da Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional na elaboração de editais para realização de diagnósticos de práticas de consumo energético e para a implantação de medidas de eficiência propostas.

2.4.2 Eficiência Energética nas Edificações da Administração Federal

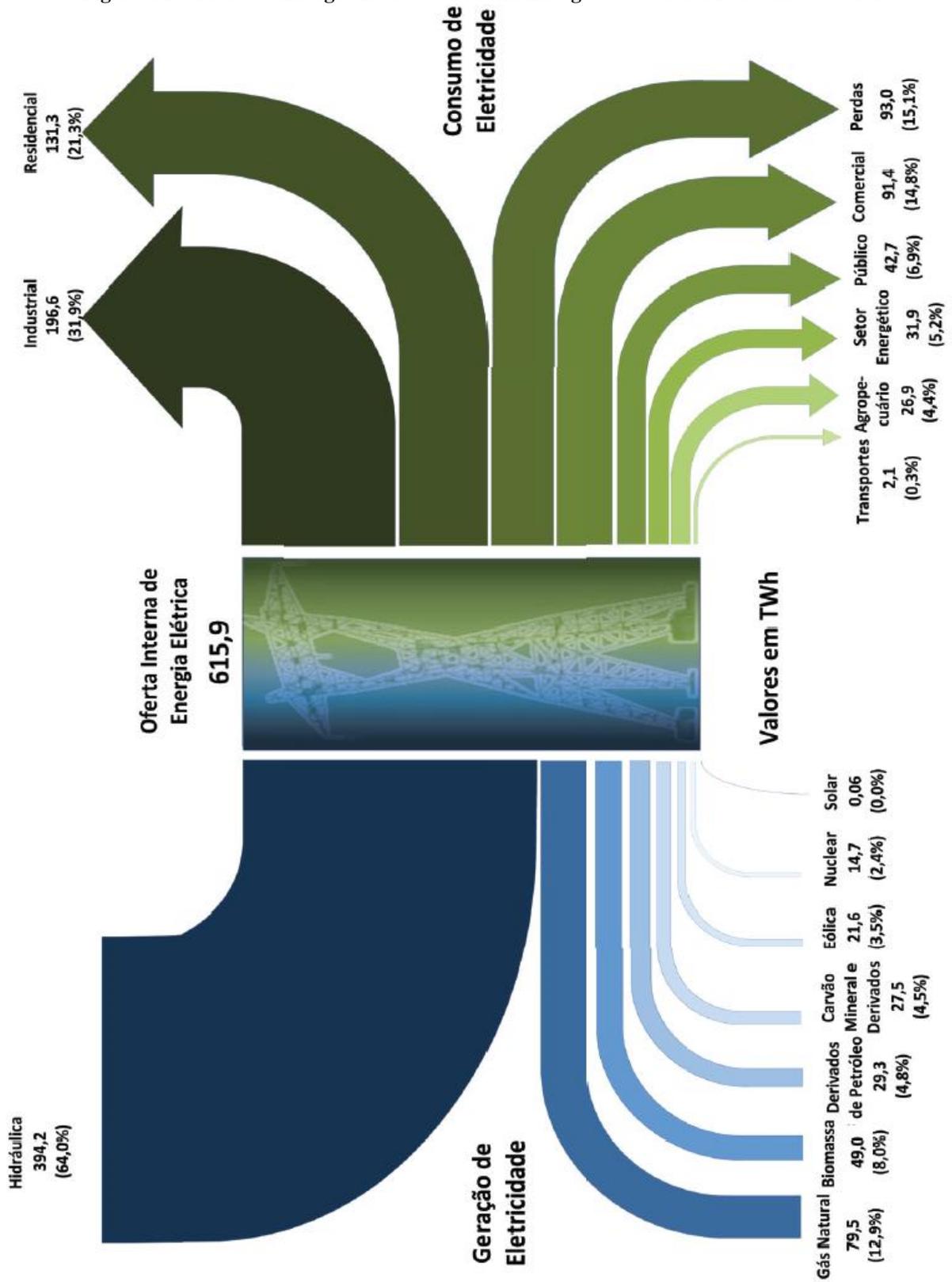
O Setor Público engloba as entidades do poder público e os serviços de utilidade pública. O poder público é composto pelas Forças Armadas, escolas e hospitais da rede oficial e órgãos da administração pública, nos diversos níveis governamentais. Entre os serviços de utilidade pública destacam-se, quanto ao consumo de eletricidade, os prestados pelas empresas de água e saneamento e a iluminação pública.

Segundo o boletim energético nacional (EPE, 2016), os setores residencial e industrial representam juntos cerca de 53,2% do consumo total de energia elétrica no país, e, por esse motivo, recebem grande atenção dos programas de eficiência energética. No mesmo documento pode-se observar ainda, que o segmento comercial é responsável sozinho por quase 14,8% do consumo do país, com o agravante de que seu potencial de redução de consumo ainda não foi muito explorado. A Figura 2.2 evidencia o exposto.

De acordo com Eletrobrás, a estimativa é de que em edificações comerciais antigas – que necessitam de grandes reformas –, o potencial de redução no consumo de energia elétrica seja de 30% e de que, em edificações novas, seja de até 50% para aquelas que utilizem o preceito do Programa Nacional de Eficiência Energética (PROCEL) Edificações (O Setor Elétrico, 2015).

O consumo relacionado às edificações públicas, envolvendo o poder e os serviços públicos, no âmbito federal, estadual e municipal, apresenta uma participação de 6,9% no consumo total do país, o que equivale a 42,6 TWh (EPE, 2016). No entanto, seu potencial de redução não pode ser ignorado como mostram os diversos projetos de conservação de energia elétrica voltados para esse tipo de edificações, a citar: o Manual para Etiquetagem de Edificações Públicas, desenvolvido em 2014 pela Eletrobrás em parceria com o Instituto Nacional de Metrologia Qualidade e Tecnologia (INMETRO) e o Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações (CB3E), o Guia para Eficiência Energética nas Edificações Públicas lançado no início de 2015 pelo Ministério de Minas e Energia (MME).

Figura 2.2 – Fluxo de Energia Elétrica – Boletim Energético Nacional 2016/Ano base 2015



Fonte: EPE, 2016 (Adaptação).

A seguir, serão expostas as principais ações governamentais visando efficientizar o uso da energia elétrica nas edificações da Administração Pública Federal:

- **A Comissão Interna de Conservação de Energia (CICE)**

A criação da CICE veio a ser o ponto de partida para as ações de EE na Administração Pública. Ver o art. 2º do Decreto Nº 99.656/90 que estabelece as atribuições da CICE no Anexo I da presente dissertação.

Para a Universidade Tecnológica Federal do Paraná (2016), a CICE, atualmente, possui os seguintes objetivos:

- ✓ Conhecer as informações sobre fluxos de energia elétrica, regras, contratos e ações que afetam esses fluxos; os processos e atividades que usam energia, gerando um produto ou serviço mensurável; e as possibilidades de economia de energia;
- ✓ Acompanhar os índices de controle, como: consumo de energia elétrica (absoluto e específico), custos específicos, preços médios, valores contratados, registrados e faturados, e fatores de utilização dos equipamentos e/ou da instalação;
- ✓ Atuar no sentido de medir os itens de controle, indicar correções, propor alterações, auxiliar na contratação de melhorias, implementar ou acompanhar as melhorias, motivar os usuários da instalação a usar racionalmente a energia elétrica, divulgar ações e resultados, buscar capacitação adequada para todos e prestar esclarecimentos sobre as ações e seus resultados.

- **PROCEL EPP – Eficiência Energética nos Prédios Públicos**

O subprograma de Prédios Públicos do PROCEL foi estruturado em julho de 1997 e ainda que algumas ações já estivessem em curso, foi a partir dessa data que o programa começou a estabelecer estratégias unificadas para atingir o objetivo de promover ações de eficiência energética para prédios públicos.

Durante a crise de energia elétrica em meados de 2001, o Governo Federal instituiu a Câmara de Gestão da Crise de Energia Elétrica – GCE. Neste contexto, esta colaborou estimando metas de redução do consumo, através do estudo das informações de consumo e da demanda obtidos com a implementação do cadastro das unidades públicas.

Colaborou, ainda, incentivando a criação das Comissões Internas de Conservação de Energia - CICEs, alcançando o status de principal motivador das aplicações das medidas de Eficiência Energética, capacitando diversos gestores, disseminando informações sobre

projetos que foram considerados “Casos de Sucesso” e publicando manuais para a orientação e adoção de medidas para a redução do consumo e da demanda.

O PROCEL-EPP tem os seguintes objetivos:

- ✓ Diminuir os gastos dos prédios públicos através da redução do consumo e da demanda de energia elétrica;
- ✓ Melhorar as condições de trabalho, conforto e segurança dos servidores públicos;
- ✓ Capacitar administradores e servidores de prédios públicos em eficiência energética;
- ✓ Promover a capacitação laboratorial em eficiência energética;

Entre as estratégias empregadas destacam-se:

- ✓ Implementação de projetos-piloto para demonstração;
- ✓ Substituição de tecnologias obsoletas por eficientes;
- ✓ Promoção de plano de capacitação de administradores de prédios públicos em eficiência energética;
- ✓ Instrumentos normativos.

Elaborado em 2002, como um produto do subprograma PROCEL EPP, o Manual de Prédios Eficientes em Energia Elétrica veio a ser uma ferramenta para auxiliar os administradores dos prédios públicos na obtenção de resultados que tragam redução para o consumo energético e de custos (IBAM, ELETROBRÁS, 2002). Dessa forma, também tem seu destaque no contexto das ações da Administração Pública em efficientizar o consumo de energia nos prédios públicos.

- **Projeto Esplanada Sustentável**

No caso da administração pública, merece destaque o Projeto Esplanada Sustentável – PES, instituído pela Portaria Interministerial MP/MMA/MME/MDS nº 244, de 6 de junho de 2012, a partir da integração das ações constantes nos seguintes programas: Programa de Eficiência do Gasto – PEG; Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL, Agenda Ambiental na Administração Pública - A3P e a Coleta Seletiva Solidária.

O PES tem por objetivo principal incentivar órgãos e instituições públicas federais a adotarem modelo de gestão organizacional e de processos estruturados na implementação de ações voltadas ao uso racional de recursos naturais, promovendo a sustentabilidade ambiental e socioeconômica na Administração Pública Federal.

- **PNUD BRA/09/G31 - Benchmarking de Consumo Energético de Edifícios Públicos de Escritório.**

Visando o aumento de projetos de eficiência no setor público e o estabelecimento de uma estrutura que facilite a realização destes projetos, o Projeto PNUD BRA/09/G31 – “Transformação do Mercado de Eficiência Energética no Brasil”, executado pelo MMA em parceria com o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – PNUD e financiado pelo *Global Environment Facility* (GEF), tem como meta contribuir com uma economia de até 4 milhões de MWh de eletricidade nos próximos 20 anos e com a redução de emissões de gases de efeito estufa em até 2 milhões de toneladas de dióxido de carbono (CO₂).

Está em andamento no âmbito do projeto PNUD BRA09/G31, o *benchmark* de consumo energético de edifícios públicos, nas esferas dos poderes executivo, legislativo e judiciário, nos planos Federal, Estadual e Municipal, com área total acima de 500m² e tipologia de escritórios, onde foi feita a seleção de 20 edifícios que estão recebendo medidores e auditorias energéticas realizadas a partir da análise da amostragem total e por meio da chamada pública nº 26653/2014, cujo objetivo do benchmarking é identificar e entender o padrão de consumo energético das edificações públicas e o quanto o investimento em eficiência energética poderia contribuir para a redução das emissões de gases de efeito estufa pelo setor. Esta chamada pública esclarece também que a utilização de benchmarks de consumo energético permite a visualização de consumo real, a identificação de metas, otimização de eventuais investimentos em eficiência energética, sendo uma ferramenta estratégica para o direcionamento eficaz de políticas públicas para redução de emissões e de consumo energético.

- **Manual para Etiquetagem de Edificações Públicas**

O manual visa orientar o gestor público no processo de obtenção da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia para edificações públicas federais, **em conformidade com a Instrução Normativa nº 02/2014 que torna a obtenção da ENCE obrigatória nas novas edificações públicas ou que recebam *retrofit***, de forma que este tenha condições de coordenar o processo licitatório para projeto e execução de uma edificação, ou de uma reforma em uma edificação, visando à obtenção da etiqueta PBE Edifica para edificações Públicas Federais (ELETROBRÁS, INMETRO, CB3E, 2014).

- **Guia para Eficiência Energética nas Edificações Públicas:**

O objetivo do guia é orientar os gestores de cada ministério na elaboração de editais para a realização de diagnósticos energéticos e para a implantação de medidas de eficiência propostas nestes diagnósticos. O manual fornece informações e sugestões de procedimentos

técnicos visando viabilizar o uso eficiente da energia elétrica no conjunto de edificações que compõem a Esplanada dos Ministérios, além de sugestões para elaboração de editais (CEPEL, 2015).

2.5 Conclusões Parciais

Apresentou-se nesse capítulo uma gama de conceitos e definições para Eficiência Energética, sob o ponto de vista físico e econômico. Também foi exposto o cenário global, no tocante das ações de EE, para alcançar metas de redução de consumo de energia em horizontes de médio e longo prazo, em face da escassez das fontes primárias de energia, da necessidade de diminuir os impactos da ação antropológica provocada pela expansão dos sistemas elétricos e das pressões para a redução de emissões GEE, isso tudo aliado ao enorme apoio do avanço do conhecimento técnico-científico.

Neste sentido, ainda foi retratado o conjunto de esforços nacionais, no âmbito das Ações Eficiência Energética, que buscam resultados importantes pelo lado do progresso induzido, em especial aqueles que dizem respeito às AEEs nas edificações e instalações do poder público e dos serviços de utilidade pública brasileiro.

3 A EVOLUÇÃO DA TECNOLOGIA DOS LEDS E SEU USO NA ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL

3.1 Introdução

Dentro do contexto da Eficiência Energética descrito previamente, pode-se destacar as cargas de refrigeração e iluminação como as que têm elevada participação no consumo total da energia elétrica para edificações de escritório. Por outro lado, alterações que resultem em intervenções complexas na infraestrutura dos edifícios e em grandes investimentos financeiros muitas vezes não são viáveis por vários motivos, dentre eles vale destacar o contingenciamento do orçamento, principalmente nas rubricas específicas para investimento.

Considerou-se na presente dissertação, a proposta de trabalhar a EE focada nas cargas de iluminação, as quais necessariamente implicam em menores intervenções na infraestrutura e, conseqüentemente, menores investimentos. Dentre estas se destacam na atualidade as lâmpadas LED, que vêm experimentando grandes avanços, possibilitando o uso em iluminação de ambientes. Assim, os LEDs e suas aplicações na iluminação artificial de ambientes serão tratados nos itens seguintes do presente capítulo.

3.2 Luz, Fontes de Iluminação Artificial e Conceitos de Luminotécnica

O homem paleolítico, com a descoberta do fogo, deu início a trajetória da humanidade na busca do domínio de técnicas para geração de luz, pois, até então, o sol era a única fonte de luz. O fogo transformou-se em uma ferramenta essencial à sobrevivência da espécie humana permitindo ao ser humano acesso a locais com baixa incidência de luz com maior segurança e até mesmo realização de atividades (como caçar, por exemplo) durante o período noturno. A sua utilização foi aperfeiçoada e controlada ao longo do processo evolutivo, conforme a tabela 3.1 (SILVA, 2013).

Com o advento da eletricidade e o seu domínio, foi estabelecida pela primeira vez uma fonte de luz onde se fez passar eletricidade pela aproximação de dois bastões de carbono, formando o arco voltaico. Este arco voltaico era muito instável e foi precursora das lâmpadas de descarga, até então não havia outra fonte de luz com a utilização da eletricidade, se não pela utilização de lampiões a óleo, velas de cera ou cetina (substância oleosa produzida pelos cachalotes), ou por lampiões a petróleo. Este processo de queima de materiais petrolíferos

tinha uma iluminação pouco eficiente, embora o petróleo fosse mais barato que a cetina (SILVA, 2013).

Observa-se na tabela 3.1, a seguir, que a partir da invenção da lâmpada em 1878, por Thomas Edison, a humanidade vem desenvolvendo tecnologias com intuito de melhor utilizar a eletricidade nos dispositivos de iluminação artificial.

Tabela 3.1 – Surgimento das diferentes fontes de luz e a necessidade do homem ao longo dos anos.

Período/ano	Fonte de luz	Desafio
Paleolítico	Fogo	Como criar?
5 000 000 A.C.	Fogueira	Como controlar?
2 000 000 A.C.	Tocha	Como transportar?
20 000 A.C.	Lâmpada a óleo mineral	Como tornar portátil?
200 A.C.	Vela	Produção em quantidade?
1780	Vela de cetina	Como tornar popular?
1784	Lampião de Argand	Como adotar na via pública?
1803	Lampião a gás de carvão	Aumentar a intensidade?
1830	Vela parafínica	Fim - Aumentar a intensidade
1847	Lampião de óleo parafínico	Como aumentar a luminosidade?
1878	Lâmpada incandescente de carvão	Como tornar mais acessível?
1907	Lâmpada incandescente de tungstênio	Como aumentar o filamento?
1908	Lâmpada a vapor de mercúrio de alta pressão	Diminuir radiação UV?
1927	Eletroluminescência	Em que pode ser aplicado?
1932	Lâmpada fluorescente	Como melhorar o IRC?
1955	Lâmpada a vapor de sódio alta pressão	Como sintetizar o alumínio?
1962	LED vermelho	Como aumentar a intensidade?
1965	Lâmpada a vapor de sódio de alta pressão	Como melhorar o IRC?
1973	Lâmpada fluorescente de pós-emissivos	Como melhorar a eficiência?
1980	Lâmpada fluorescente compacta	Como aumentar o desempenho?
1987	OLED	Como criar várias cores?
1991	Lâmpada de indução	Como tornar competitiva?
1995	Lâmpadas LED	Como tornar mais econômico?
1998	PHOLED	Como aumentar o fluxo luminoso?

Fonte: SILVA, 2013 (Adaptado).

Verifica-se assim que as diferentes fontes de luz comercializadas na iluminação artificial são agrupadas em função da tecnologia aplicada na geração de luz, conforme a figura 3.1 e a descrição a seguir:

Lâmpadas Incandescentes

As lâmpadas incandescentes utilizam o fenômeno de incandescência para gerar luz, através da passagem de corrente elétrica por um filamento dentro da lâmpada que emitirá luz visível.

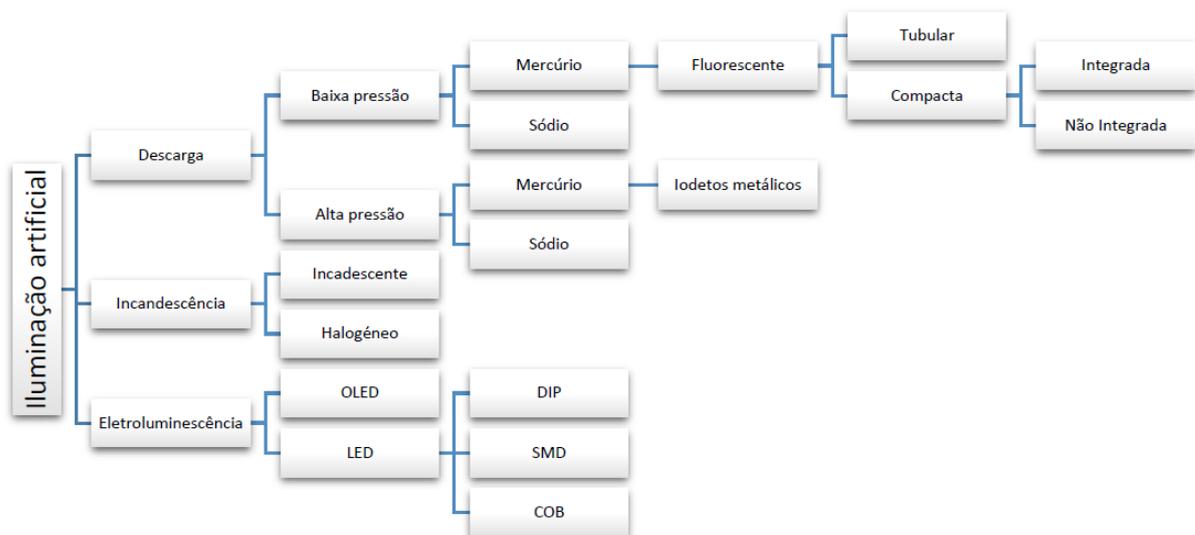
Lâmpadas de Descarga

As lâmpadas de descarga foram criadas com base na condução de corrente elétrica em meio gasoso. O princípio de funcionamento é mais complexo do que uma lâmpada incandescente, pois além de conter um gás inerte no interior da lâmpada que é ionizado pela corrente fornecida pelos eletrodos, também o vidro é coberto com um pó de composto de fósforo que irá ser excitado com a radiação ultravioleta proveniente da ionização dos gases, e desta forma irá emitir luz visível (existem vários tipos de pó consoante a cor da luz desejada).

Lâmpadas Eletroluminescentes

As lâmpadas eletroluminescentes ou *Solid-State Lighting* (SSL) utilizam o fenômeno da eletroluminescência para emitir luz. A terminologia *SSL* faz referência ao fato de que a luz em um *LED* é emitida por um objeto sólido, em lugar de um gás, como é o caso dos tubos fluorescentes. Assim, para que funcione é necessário que haja uma corrente elétrica ou um campo elétrico forte e materiais que à tensão aplicada emitam luz.

Figura 3.1 - Classificação das diferentes tecnologias existentes na iluminação artificial.



Fonte: SILVA, 2013.

No dimensionamento da iluminação em um determinado espaço é importante conhecer algumas noções básicas sobre as características técnicas das lâmpadas e luminárias. A seguir serão apresentadas definições de algumas grandezas e equipamento de luminotécnica (NISKIER, 2013):

- **Fluxo luminoso** – É a potência de radiação total emitida por uma fonte de luz e capaz de produzir uma sensação de luminosidade através do estímulo da retina ocular. O fluxo luminoso é expresso em lúmen (lm).

- **Ângulo sólido** – É definido como o quociente entre a área abraçada por uma esfera com centro no vértice do ângulo e o quadrado do raio dessa esfera e a unidade é o esterradiano (sr).
- **Intensidade luminosa** – A intensidade luminosa é a concentração de luz emitida por segundo em uma determinada direção e é expresso em candela (cd). É definida pelo fluxo luminoso emitido por uma fonte de luz em uma dada direção por unidade de ângulo sólido.
- **Luminância** – É a intensidade luminosa emitida, transmitida ou refletida por unidade de superfície e é expressa em candela por metro quadrado (cd/m^2).
- **Iluminância** – É a medida da quantidade de luz incidente em uma superfície por unidade de área. A iluminância é expressa em lm/m^2 ou lux (lx).
- **Rendimento luminoso** – É a capacidade de uma lâmpada emitir luz, ou seja, uma lâmpada ótima seria a que convertesse toda a potência em luz (lm). O quociente entre o fluxo luminoso que é emitido e a potência consumida pela lâmpada traduz-se no rendimento luminoso expresso em lúmen emitido por potência consumida (lm/W).
- **Temperatura de cor** – É uma característica da luz que indica a cor aparente de luz emitida expressa em graus Kelvin. Quanto menor a temperatura, mais vermelha é a cor que emite (por exemplo, 2.300 K). Quanto maior, mais azul é a cor (por exemplo, 6.500 K).
- **Índice de Reprodução de Cor (IRC)** – Indica a capacidade de uma lâmpada reproduzir corretamente as cores de um objeto ou superfície. O IRC é expresso em uma escala de 0 a 100 em que o valor maior corresponde à máxima restituição possível.
- **Luminária** – Permite controlar, distribuir e filtrar o fluxo luminoso gerado pelas lâmpadas. Podem utilizar-se defletores (para desviar o fluxo noutras direções), difusores (para reduzir a quantidade de luz para diminuir o ofuscamento). As luminárias ainda podem proporcionar um bom efeito decorativo para o ambiente.

3.3 Evolução da Tecnologia dos LEDs

O primeiro LED (*Light-Emitter Diode*, ou Diodo Emissor de Luz) bem sucedido comercialmente foi desenvolvido no ano de 1962 por Nick Holonyak Jr. e Sam F. Bevacqua, da General Electric. Sua luz era vermelha e seu fluxo luminoso em torno de 0,001 lúmen. Esse LED começou a ser comercializado no fim da década de 1960. Por outro lado, o

primeiro LED de alto brilho foi desenvolvido no ano de 1993 por Shuji Nakamura, da empresa japonesa Nichia Corporation, baseado em uma pastilha de InGaN e que emitia luz de cor azul. Em 1996 a mesma empresa lançou no mercado o primeiro LED branco de alto brilho e a partir daí os avanços tem sido consideráveis, além das aplicações já utilizadas para os LEDs desde o final da década de 1960, como indicadores em visores (displays) de equipamentos eletrônicos ou mesmo em sistemas ópticos de telecomunicações, permitindo assim vislumbrar novas aplicações para os novos diodos emissores de luz com maior potência, como em sinalizadores de tráfego urbano, aplicações em medicina e na iluminação em geral (automotiva, residencial, comercial, industrial e pública) (FILADELFO, 2010).

O LED é um dispositivo que produz luz com a passagem de corrente elétrica em um material semicondutor, de estado sólido, diferente das lâmpadas de descarga, que a luz é produzida através da descarga elétrica e ionização de gases, como por exemplo ocorre nas lâmpadas fluorescentes.

O princípio de funcionamento de um LED baseia-se na emissão de fótons quando elétrons presentes na extremidade inferior da banda de condução de um semicondutor passam a ocupar os locais onde estavam lacunas na extremidade superior da banda de valência, em um processo denominado recombinação. A figura 3.2 ilustra o diagrama de bandas de energia de um material semicondutor e a emissão de um fóton pela recombinação de um eletro com uma lacuna. Tal emissão ocorre pelo fato de elétrons passarem de uma banda com um nível de energia maior (condução) para uma banda com nível menor (valência), o que implica em uma perda de energia por parte desses elétrons. Essa diferença de energia entre a extremidade inferior da banda de condução e a extremidade superior da banda de valência, indicada na figura 3.2 por E_g é portanto transferida e emitida como fótons, correspondendo sua equação à (FILADELFO, 2010):

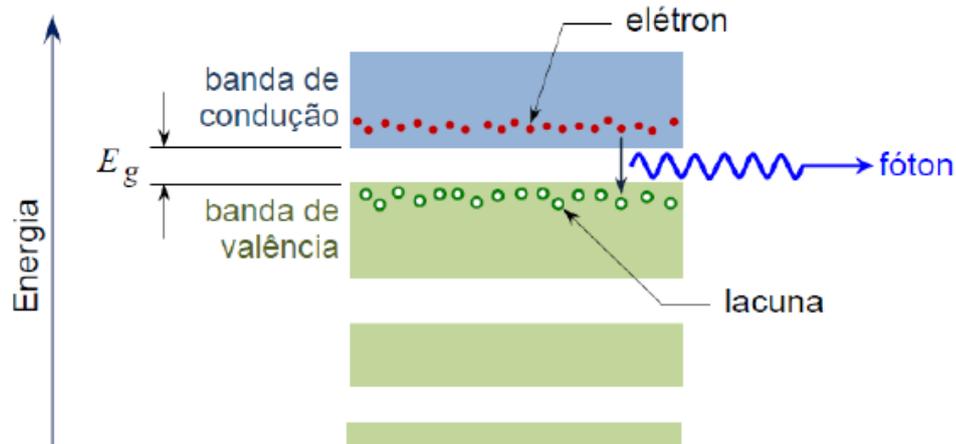
$$E_g = h \times f \quad (3.1)$$

onde:

h : constante de Planck, $h = 6,63 \times 10^{-34}$;

f : frequência do fóton, em Hz .

Figura 3.2 - Bandas de energia e princípio da emissão de luz por um semicondutor.



Fonte: FILADELFO, 2010.

A luz emitida pelo LED é monocromática e o comprimento de onda está relacionado ao tipo de material utilizado na composição do semicondutor. A dopagem do cristal pode ser feita com gálio, alumínio, arsênio, fósforo, índio e nitrogênio. Esta variedade de elementos químicos e a combinação deles permitem a emissão de luz em uma ampla faixa do espectro (PINTO, 2008). As dopagens empregadas na construção de LEDs correspondem a : AlGaAs para infravermelho, AlGaAs para vermelho, AlGaInP, GaAsP para vermelho, laranja e amarelo, GaP para verde, GaN para verde e azul, SnSe, InGaN, AlGaInN e SiC para azul (FILADELFO, 2010). Essa variedade de opções de cores dos LEDs faz com que seu campo de aplicações seja muito vasto principalmente para iluminação arquitetônica (PINTO, 2010).

3.3.1 Tipos de *Solid-State Lighting*

Nos itens a seguir, serão apresentadas as arquiteturas relativas às principais SSL com diferentes materiais: O Díodo Emissor de Luz nas arquiteturas DIP (*Dual in line Package*), SMD (*Surface-Mounted Device*) e COB (*Chip On Board*) e o Díodo Orgânico Emissor de Luz OLED (*Organic LED*) e PHOLED (*Phosphorescent Organic LED*).

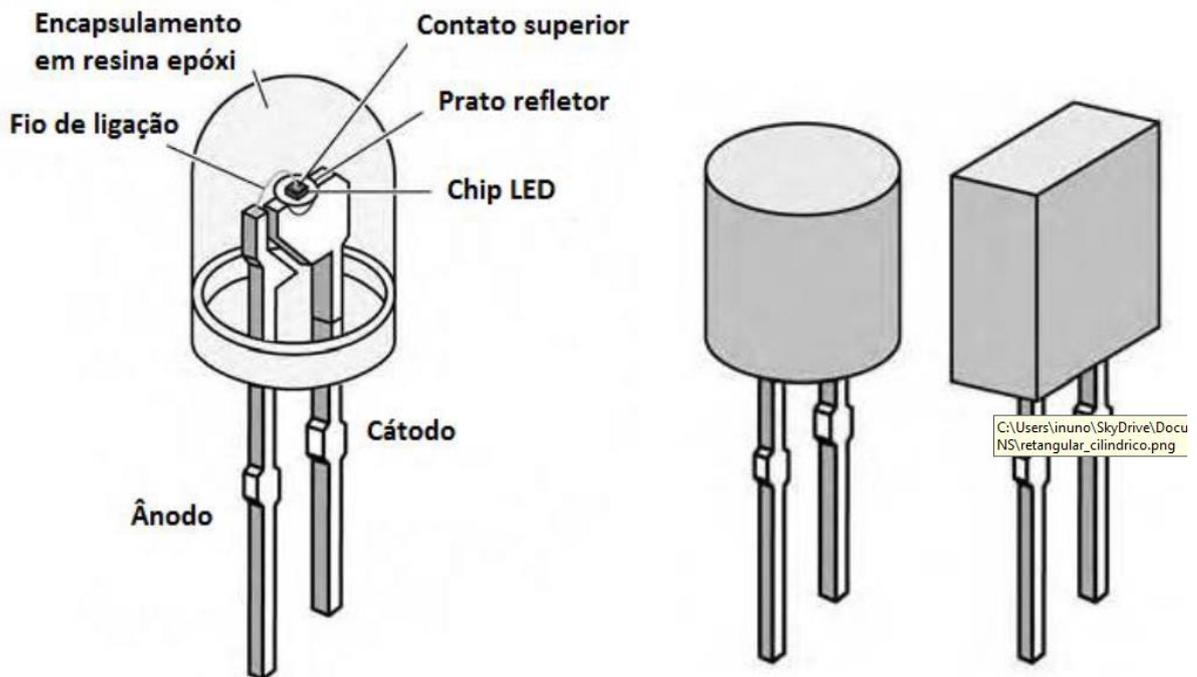
3.3.1.1 *Dual in Line Package LED*

Possui a mesma configuração desde os primeiros tipos de LED. Este utiliza dois ou mais materiais semicondutores inorgânicos, dependendo da cor pretendida, encapsulados por um material com um elevado índice de refração, que pode ser de diversos materiais como epóxi ou silicone. Este encapsulamento pode ter várias formas, hemisférica, retangular ou

cilíndrica e em vários tamanhos desde 1,8 mm a 20 mm, embora o mais utilizado seja o de 5mm. A forma mais comum no LED é o encapsulamento em forma de redoma (figura 3.3) pois possui um elevado índice de refração, permitindo uma elevada extração da luz. Esta morfologia permite um ângulo de reflexão interno elevado através da superfície do semicondutor (SILVA, 2013).

A carga positiva passa pelo ânodo semicondutor e pelo fio de ligação que o liga ao contato superior do semicondutor, adjacente ao cátodo semicondutor com carga negativa. A cor da luz é determinada pela constituição química do material semicondutor. O encapsulamento em epóxi tem três funções, a de permitir a transmissão da luz, a de focar a luz em um determinado ângulo e a de proteger o semicondutor dos elementos externos. Toda a unidade está envolvida por esta resina e como não contém partes móveis, esta tecnologia é virtualmente indestrutível (SILVA, 2013).

Figura 3.3 – Composição do DIP LED e as diferentes formas de encapsulamento.



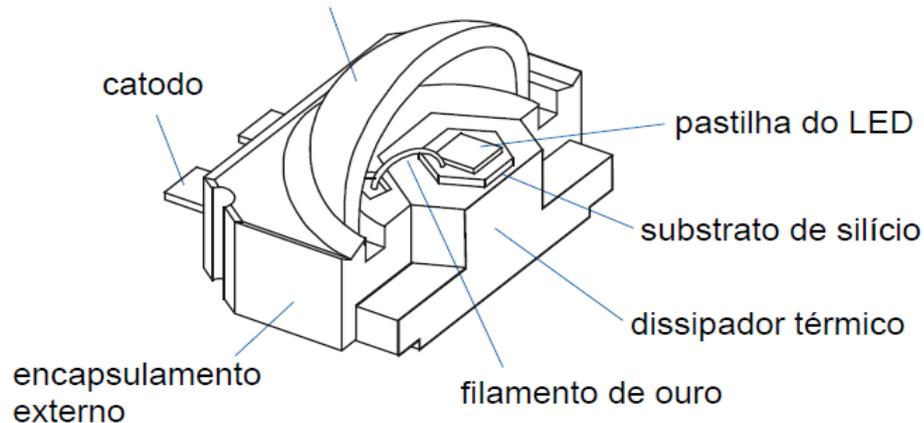
Fonte: SILVA, 2013.

3.3.1.2 Surface-Mounted Device LED

Utilizam o mesmo processo de emissão de luz, mas a montagem é diferente, pois o díodo é colocado sobre uma placa de circuito integrado. Esta placa suporta componentes e circuitos eletrônicos e quando se faz passar uma corrente elétrica o díodo emite luz, devido ao movimento dos elétrons (figura 3.5).

A figura 3.4 mostra o esquema construtivo de um LED de potência com encapsulamento do tipo SMD. O LED consiste de uma pastilha de material semiconductor montada sobre um substrato de silício e este sobre uma base de alumínio ou cobre que serve como dissipador térmico. O dissipador é envolvido por um encapsulamento de material plástico, que também dá suporte aos terminais do anodo (não mostrado na figura 3.4) e catodo. Os terminais são conectados à pastilha do LED através de filamentos de ouro. Na parte superior do LED, uma lente de epóxi, ou ainda silicone para LEDs mais modernos, cobre a pastilha e compõe o conjunto óptico do dispositivo.

Figura 3.4 – Esquema construtivo de um LED de potência para iluminação lente



Fonte: FILADELFO, 2010.

Os SMD são utilizados em várias áreas, desde a retro iluminação em relógios às indústrias de transporte. Além destes serem compactos, possuem outras vantagens face à lâmpada incandescente; o baixo consumo energético e o elevado tempo de vida útil são as vantagens mais significativas (SILVA, 2013).

Figura 3.5 – Exemplo de SMD LED.



Fonte: SILVA, 2013.

3.3.1.3 Chip On Board LED

O COB LED consiste em fixar vários chips com um adesivo condutor numa placa de circuito integrado. Os chips podem ser os usados em SMD LED ou nos LEDs de potência, agregados em módulos com tamanhos que variam de $350 \mu m$ a $1000 \mu m$. Para reduzir a fotodegradação, geralmente utiliza-se uma camada de um polímero de silicone que aumenta o tempo de vida e também tem a função de distribuição da luz emitida por cada chip. Para proteger a placa de circuito integrado de agentes externos, como umidade ou pó, esta é encapsulada em uma resina, que pode ser em epóxi ou silicone (figura 3.6).

Figura 3.6 – Exemplo de COB LED.



Fonte: TRADEKOREA, 2017.

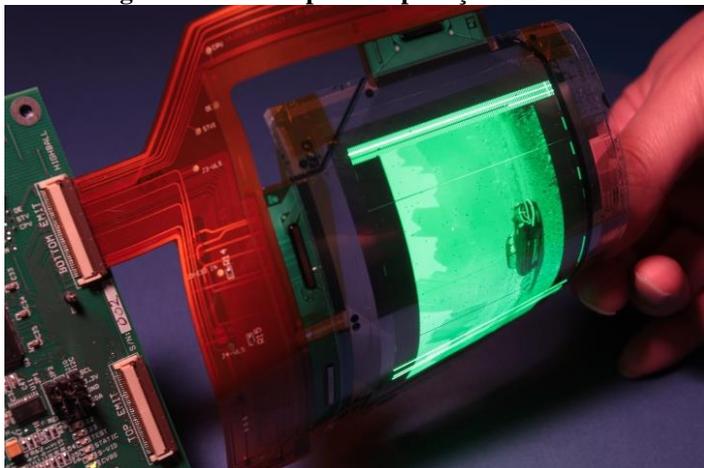
3.3.1.4 Organic LED

Em 1979, os investigadores Chang Tang e Steven Van Slyke, desenvolveram na Kodak um LED com semicondutores de carbono, que permitiu em 1987 criar o primeiro OLED. Mais tarde, em 1988, desenvolveu-se em Fukuoka no Japão, pelos cientistas Chihaya Adani e Tetsuo Tsutsui, o OLED multicamada com dupla estrutura, o que levou à sua comercialização em diversos dispositivos. Dois anos depois, em Cambridge, desenvolveu-se pelos investigadores Jeremy Burroughes, Donal Bradley e Richard Friend, um polímero baseado em LEDs, ou polímero de emissão de luz (LEP ou PLED) o que permitiu a sua comercialização devido à diminuição do custo de manufatura. Mais tarde em 1997 a investigação de Teruo Tohma, em Tóquio, sobre diodos orgânicos emissores de luz de matriz passiva (PMOLED), levou à criação de telas coloridas e dez anos mais tarde, esta descoberta levou à comercialização em vários dispositivos de diodos orgânicos emissores de luz de matriz ativa (AMOLED) (SILVA, 2013).

Por fim, em 1998, uma equipa de investigadores da University of Southern California em Los Angeles, liderada por Mark Thompson e Stephen Forrest desenvolveram a alta eficiência na emissão fosforescente de dispositivos orgânicos (PHOLED). Esta traz um

grande potencial de eficiência e é utilizado em telas flexíveis (figura 3.7). Com a utilização de irídio desenvolveram as cores vermelha e verde nestes telas (SILVA, 2013).

Figura 3.7 – Exemplo de Aplicação PHOLED.



Fonte: SILVA, 2013.

Esta tecnologia é promissora, devido às inúmeras combinações de morfologia, textura, cor para cada aplicação que pode tomar. Como se pode verificar na tabela 3.2 existem algumas desvantagens que impossibilitam a sua comercialização em massa. É de esperar a sua comercialização para breve, a um custo reduzido comparativamente aos *LED*, pois não contêm tantos materiais na sua constituição. Mas ainda assim é uma tecnologia que necessita de ser desenvolvida nas diferentes áreas (SILVA, 2013).

Pesquisa desenvolvida pela Universidade de *Surrey* propôs uma técnica que permite melhorar a intensidade luminosa do *OLED* através da utilização de nano tubos em carbono (SHI *et al.*, 2013).

O departamento da *Philips* responsável pela investigação desta tecnologia, já demonstrou algumas aplicações que permitem a interação do utilizador com estes painéis (figura 3.8) que vão desde a personalização do espaço consoante o estado de espírito do utilizador – tal como acontece com as lâmpadas *Philips Hue* (PHILIPS, 2012a) que permitem ao utilizador personalizar a cor e a intensidade de luz do ambiente através de uma aplicação no *smartphone* – até à interatividade destes em um espelho, que quando é utilizado, os painéis sobrepostos pela imagem refletida da pessoa, apagam-se, mantendo-se acesos os que rodeiam a reflexão.

Tabela 3.2 – Vantagens e desvantagens do OLED.

Vantagens	<p>As unidades são mais leves do que os tradicionais <i>LEDs</i> e podem ser mais finos.</p> <p>São mais eficientes sob ponto de vista energético e são uma alternativa aos monitores <i>LCD</i> de computadores e televisões.</p> <p>Podem ser utilizados em inúmeras aplicações onde a tecnologia de iluminação nunca foi utilizada antes.</p>
Desvantagens	<p>O custo é muito elevado e produz menos fluxo luminoso que um LED normal.</p> <p>Ainda estão a ser experimentados outros materiais para compará-los com a atual tecnologia.</p> <p>Ainda são fabricados painéis de pequena dimensão.</p>
Utilização	<p>Lâmpadas</p> <p>Iluminação de curta distância (produção de luz difusa)</p> <p>Pequenas telas de <i>smartphones</i>, <i>tablets</i>, dentro outros dispositivos de menor tamanho</p> <p>Grandes telas existentes em televisores, monitores de computador e telas de <i>notebooks</i>.</p>

Fonte: SILVA, 2013 (Adaptado).

Figura 3.8 – Exemplo de aplicação do OLED.

Fonte: PHILIPS, 2012b.

3.3.2 Categorias de LEDs

Os LEDs estão divididos em três categorias descritas como: LEDs indicativos, LEDs de alto brilho e LEDs de potência. Os LEDs indicativos são os mais antigos presentes no mercado e frequentemente usados nos aparelhos eletrônicos para sinalizar se está ligado ou desligado. Eles possuem um invólucro colorido que tem a função de filtro óptico, ou seja, a cor do invólucro corresponde à cor da luz emitida pelo LED.

Os LEDs de alto brilho apresentam um fluxo luminoso e uma eficácia maior que a dos LEDs indicadores. Possuem um invólucro transparente, ou seja, não precisam de um filtro óptico devido ao fato de emitirem a luz com um comprimento de onda específico da cor desejada. São empregados em sinalização semafórica, letreiros de ônibus dentre outras possibilidades, substituindo as convencionais lâmpadas incandescentes.

Os LEDs de potência trabalham com correntes superiores às dos LEDs indicadores e de alto brilho, além de suportarem potências iguais ou superiores a 1W o que torna necessária a utilização de um dissipador de calor. Apresentam um alto fluxo luminoso que contribui para a sua utilização em iluminação de interiores e decoração arquitetônica, entre outras aplicações (DIAS, 2012).

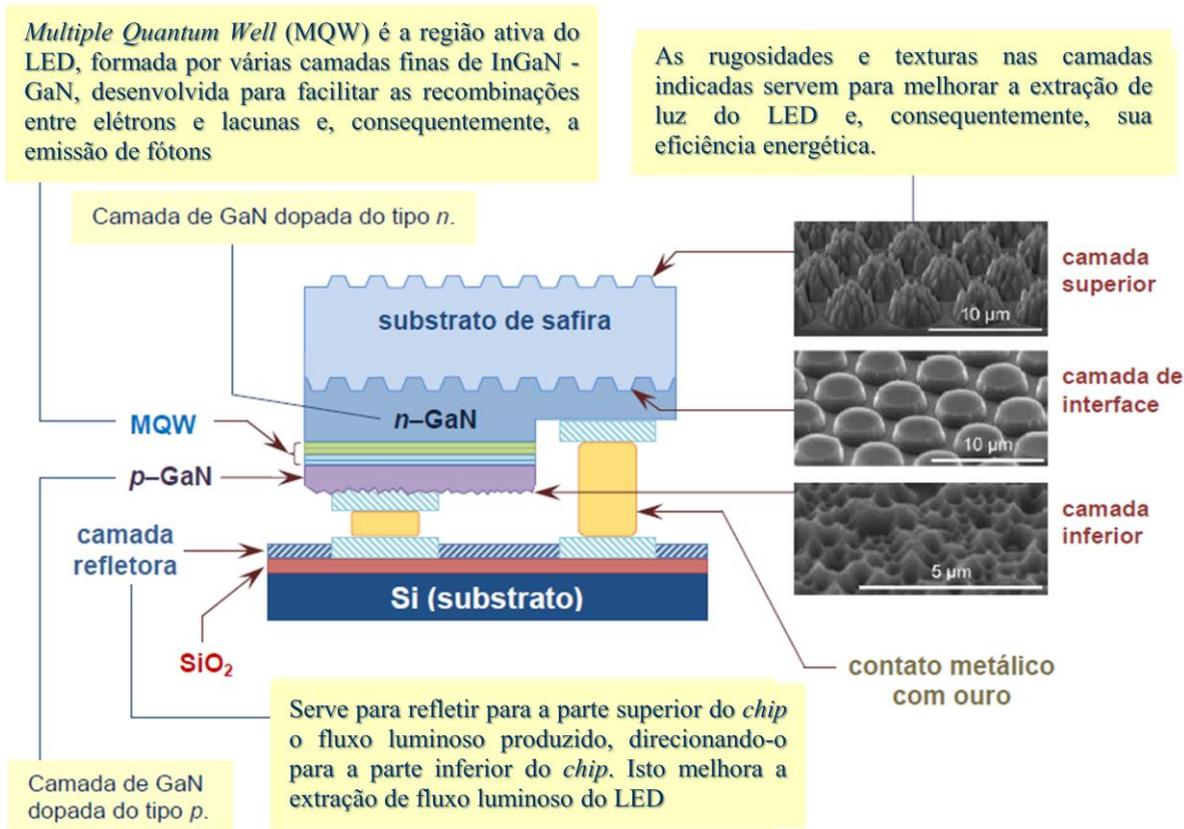
A figura 3.9 mostra as três categorias de LEDs descritas anteriormente.



Fonte: DIAS, 2012.

Os LEDs de potência apresentam esquemas construtivos mais complexos, do tipo heterojunção. A figura 3.10 mostra um exemplo do esquema construtivo de uma pastilha de LED branco de alta potência de InGaN–GaN (FILADELFO, 2010).

Figura 3.10 – Esquema construtivo de uma pastilha de LED branco de alta potência



Fonte: Filadelfo, 2010 (Adaptado)

A alimentação do LED é realizada em baixa tensão, entre 1,9V e 4V para LED de alto brilho e para LED de alta potência varia de 5V a 12V, ambos em corrente contínua. A intensidade luminosa do dispositivo é diretamente proporcional à sua corrente de polarização direta.

A temperatura de operação do LED influencia no seu funcionamento, em razão da resistência do semiconductor apresentar um coeficiente de temperatura negativo. Assim, o aumento da temperatura resulta em um decréscimo da resistência e, conseqüentemente, um aumento da corrente, provocando o aquecimento do LED.

Utilizar o LED em redes de corrente alternada, bem como controlar a corrente para que não exceda certos limites e sobreaqueça o semiconductor, implica no acoplamento de um circuito auxiliar, conhecido como *driver*.

Os *drivers* são impressos em placa e colocados nos soquetes das lâmpadas LEDs. Esses *drives* são circuitos eletrônicos, que possuem um transformador, um retificador e podem haver conversores *Buck*, *Buck-Boost*, etc. A utilização da topologia *Buck-Boost*, por exemplo, potencializa a lâmpada, em razão do conversor *Boost* permitir com que o circuito trabalhe com tensões de alimentação distintas e efetuar a correção do fator de potência,

enquanto o conversor *Buck* é empregado para abaixar a tensão elevada pelo conversor *Boost* e para controlar a corrente de saída (FILADELFO, 2010). Dessa forma, a escolha do conversor dependerá do arranjo dos LEDs e das tensões e correntes de controle dos mesmos para se extrair o melhor aproveitamento da luz e durabilidade das lâmpadas.

3.4 Vantagens da Iluminação a LED Frente às Outras Tecnologias

O grande interesse pelos LEDs para aplicação em iluminação geral ocorre pelo fato da possibilidade destes reunirem qualidades que outras fontes de luz não possuem conjuntamente, tais como:

- Alta eficiência energética, como mostrado na figura 3.11;
- Longo tempo de vida útil, o que implica em menos manutenção. Ver figura 3.12;
- Alto índice de reprodução de cor;
- Acendimento e reacendimento praticamente instantâneos;
- Não emite radiação ultravioleta (que apresenta riscos à saúde e atrai insetos);
- Não apresenta mercúrio e outras substâncias tóxicas;
- Alta resistência a impactos e vibrações; e,
- Conversores eletrônicos para alimentação mais simples que os (reatores e ignitores) utilizados para as lâmpadas de descarga de alta intensidade. Tais conversores apresentam também alto fator de potência.

O fluxo luminoso dos LEDs é direcional, não sendo irradiado em todas as direções como ocorre nas lâmpadas convencionais. Isso se deve ao fato destes apresentarem um ângulo de abertura estreito para a emissão do fluxo luminoso. Com este ângulo mais estreito, os LEDs proporcionam um melhor aproveitamento do fluxo luminoso, reduzindo as perdas e não necessitando da utilização de calhas refletoras como nas lâmpadas convencionais. Esse ângulo varia de 20° a 30° para os LEDs de alto brilho. Já para os LEDs de potência este valor é de aproximadamente 150° (PINTO, 2010).

Figura 3.11 – Evolução da eficácia luminosa: LEDs vs. fontes de luz branca convencionais.

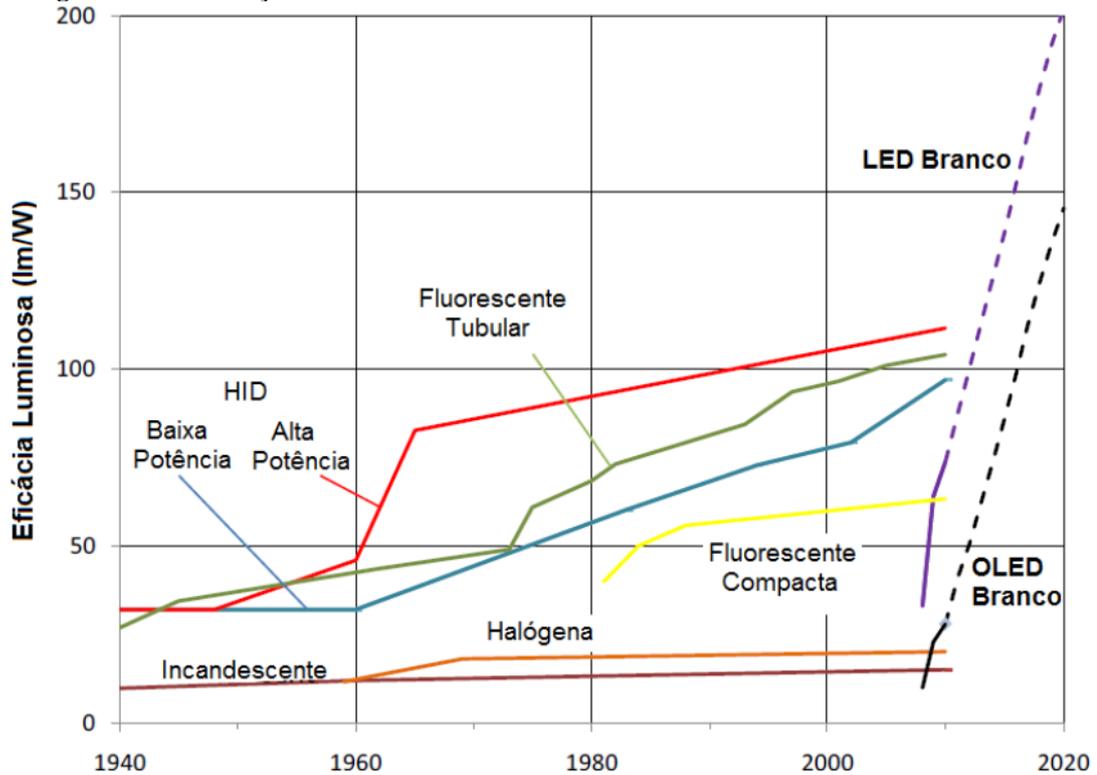
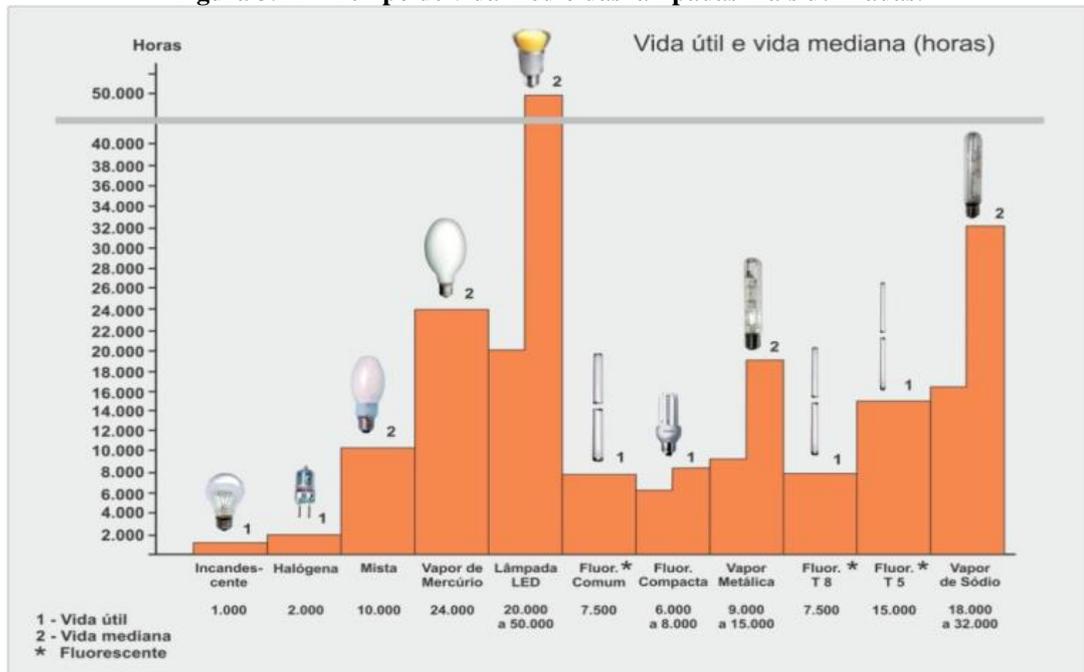


Figura 3.12 – Tempo de vida médio das lâmpadas mais utilizadas.



Fonte: CEPEL, 2014.

A análise do ciclo de vida e dos impactos ambientais envolvidos nos processos de fabricação, uso e descarte de diversas tecnologias de lâmpadas é um estudo que envolve muitos dados e variáveis. O Departamento de Energia dos Estados Unidos procurou medir os

impactos em diversas áreas do meio ambiente causados por estas tecnologias após fornecerem uma mesma quantidade de luz, medida em lumens-hora. Foram listadas quinze formas de impacto ambiental, incluindo impactos ao ar, água, terra e de recursos tóxico radioativos. Foi analisado um modelo específico de LED, já encontrado no mercado em 2012, um modelo de LED com produção prevista para 2017, com muitas melhorias incorporadas, as fluorescentes compactas e as incandescentes. A conclusão é que as LED de 2012 causam aproximadamente 20% menos impactos que as fluorescentes compactas e consomem a mesma quantidade de energia elétrica para fornecer uma mesma quantidade de luz. Já os impactos das LED projetadas para 2017 são bem menores que estas últimas, cerca de 70% menores que das fluorescentes compactas. As incandescentes por sua vez, causam o maior impacto dentre todas, com uma grande margem de diferença (CB3E, 2013).

3.4.1 Cuidados para o *Retrofit*

Alguns cuidados precisam ser observados ao especificar ou comprar LEDs para *retrofit* de instalações elétricas. Atualmente, existe uma grande variedade de produtos no mercado e encontra-se em vigor os requisitos de avaliação de conformidade para lâmpada LED com dispositivo integrado à base. Misturam-se no mercado muitos produtos importados e nacionais, com diferentes tipos de LEDs e com diferentes eficiências luminosas, características luminotécnicas e elétricas (KAWASAKY, 2011).

Assim sendo, um *retrofit* de lâmpadas convencionais por lâmpadas de LED pode, algumas vezes, tornar-se um problema se o produto não for de qualidade. Geralmente são analisados em um estudo de *retrofit* a potência consumida, o fluxo luminoso, o preço e as características de temperatura e reprodução de cor para que a substituição seja compatível visualmente com a situação existente.

Os “*lampLEDs*” ou “*tubeLEDs*”, por possuírem LEDs de diferentes tipos e marcas, podem apresentar resultados qualitativos diversos. A figura 3.13 ilustra um exemplo de um supermercado que trocou parcialmente as lâmpadas fluorescentes tubulares por lâmpadas tubulares de LEDs. Verifica-se a significativa diferença visual no fluxo luminoso, de temperatura e de reprodução de cor neste caso, conforme a seguir:

Figura 3.13 – Supermercado com iluminação fluorescente (esquerda) e LED (direita).



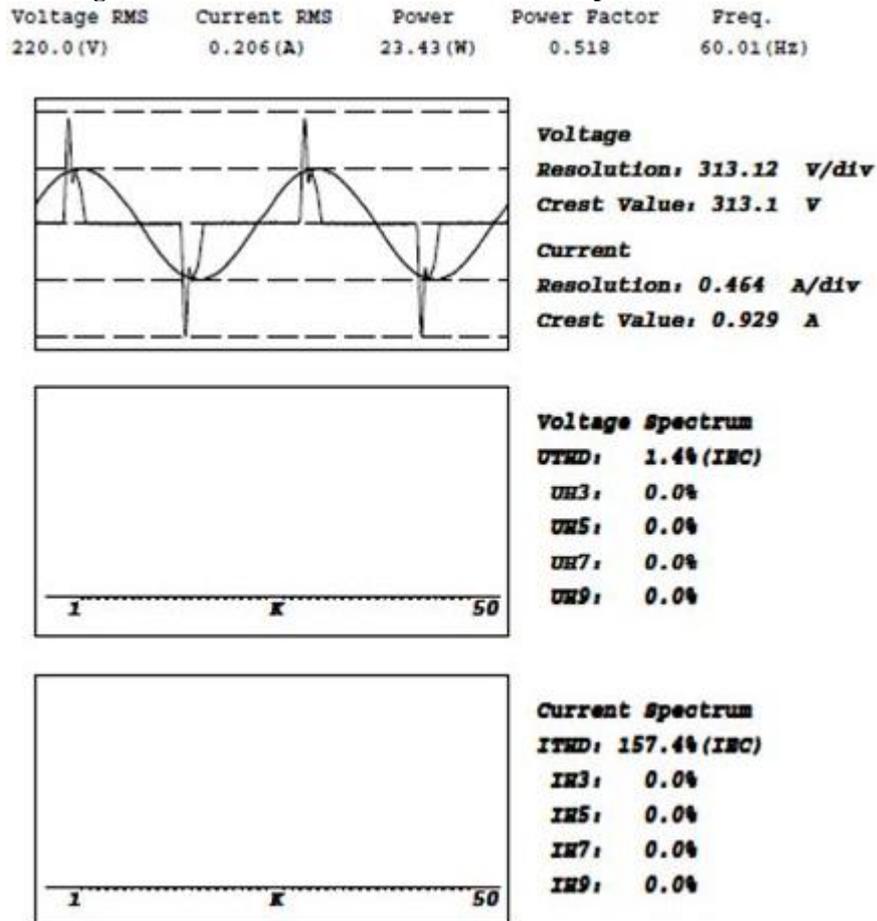
Fonte: Kawasaki, 2011.

A substituição de lâmpadas fluorescentes por lâmpadas de LED podem gerar grandes inconvenientes se o produto não for escolhido corretamente. É muito importante analisar também a distribuição luminosa da lâmpada para que não sejam observados efeitos de sombras múltiplas no ambiente e desconforto visual por ofuscamento direto e refletido.

Outros dados importantes a serem analisados são os parâmetros elétricos da lâmpada de LED. O fator de potência e a distorção harmônica podem se tornar críticos na instalação elétrica, pois muitos produtos apresentam baixo fator de potência e altas distorções. Em uma instalação de grande porte, por exemplo, se não forem tomados os devidos cuidados, o *retrofit* de lâmpadas fluorescentes tubulares por lâmpadas tubulares de LED pode até reduzir o consumo de energia elétrica, porém o baixo fator de potência poderá gerar altas multas da concessionária por gerar reativos na rede elétrica (KAWASAKY, 2016).

A figura 3.14 mostra uma medição elétrica de uma lâmpada tubular de LED à venda no mercado. Observa-se nesta lâmpada fator de potência de 0,52 e distorção harmônica de corrente de 157%, bastante elevado.

Figura 3.14 – Dados elétricos medidos em lâmpada tubular LED.



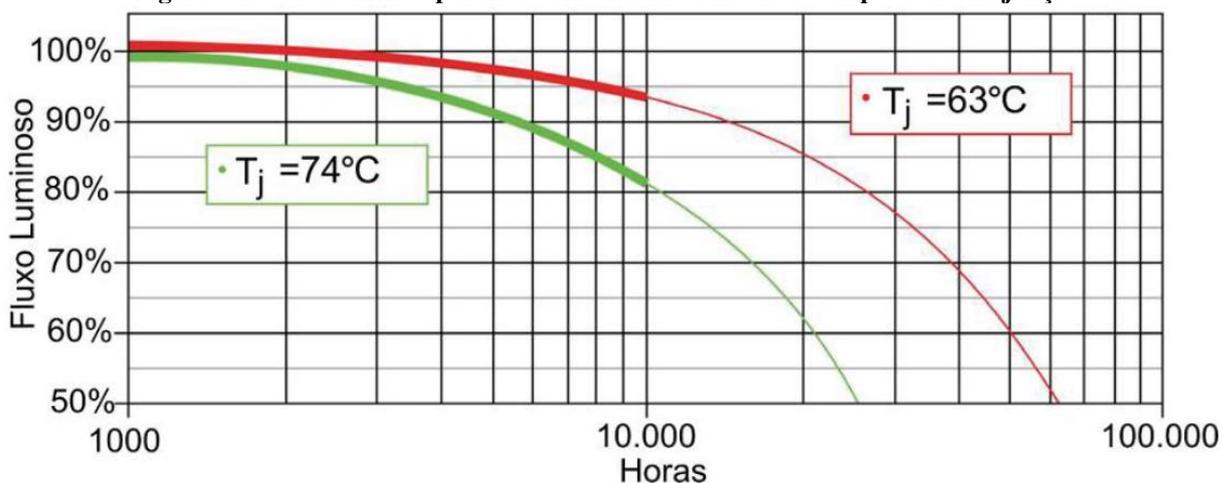
Fonte: Kawasaki, 2011.

De acordo com Kitsinelis, citado por Dias (2012), os fatores que interferem na temperatura da junção dos LEDs são a temperatura ambiente, a corrente e o caminho térmico. Por isso, esses fatores devem ser levados em conta na hora de dimensionar um sistema de iluminação com LEDs, a fim de que a qualidade da iluminação não seja alterada durante seu funcionamento.

Melhorar a extração do calor da junção e diminuir o estresse termomecânico são fatores importantes e, portanto, o encapsulamento dos LEDs de potência precisa ser bem projetado para permitir uma alta condutividade térmica através da redução da resistência térmica.

A figura 3.15 mostra a curva do fluxo luminoso em função do tempo de uso de dois LEDs idênticos operando com uma diferença de 11°C na temperatura da junção

Figura 3.15 – Dois LEDs operando com diferentes níveis de temperatura na junção



Fonte: DIAS, 2012.

Analisando a curva, pode-se perceber como a elevação da temperatura da junção reduz o fluxo luminoso, acarretando na redução da vida útil dos LEDs e a diminuição do fluxo luminoso varia com intensidades diferentes para cada tipo de LEDs.

3.4.2 Aplicações

Os LEDs, em razão das características e funcionalidades apresentadas até o momento, possuem uma gama de possibilidades de aplicação. A tecnologia apresenta grande penetração na iluminação pública, nas fachadas de prédios de diferentes naturezas, shoppings, supermercados, escolas, escritórios, entre outros, conforme evidenciam as imagens na figura 3.16 apresentadas a seguir.

Até 2023, o LED representará 74% das vendas de lâmpadas para projetos de *retrofit* voltados ao segmento de iluminação comercial. Preço do produto, que ainda é um obstáculo, deve reduzir vertiginosamente a cada ano (MOREIRA, 2015).

No segmento de LEDs, é esperado um crescimento de 30% neste ano. Em 2015, foram vendidas 81 milhões de unidades de lâmpadas LEDs (EM ALTA, 2016).

Figura 3.16 – Diferentes ambientes com aplicação de lâmpadas LED: (a) fachada do Palácio de Schönbrunn, em Viena, Áustria; (b) ponte estaiada Octávio Frias, em São Paulo; (c) frontão do túnel Södrälanken, na Suécia; (d) Yas Hotel, em Abu Dhabi.



Fonte: **FILADELFO, 2010.**

3.5 Conclusões Parciais

O progresso autônomo da tecnologia dos LEDs foi o enfoque central deste capítulo. Foi possível identificar e conhecer o princípio de funcionamento e algumas das principais arquiteturas referentes ao aspecto construtivo dos LEDs. Além disso, apresentaram-se algumas pesquisas (e até mesmo a existência de novos dispositivos), sugerindo que ainda existe espaço para aprimoramento da tecnologia, mostrando o que já é palpável e dando uma pista do que poderá ser visto no futuro próximo.

Por fim, foi exibido neste capítulo que a tecnologia dos LEDs aplicados à iluminação artificial, incorpora um grande potencial de redução no consumo de energia elétrica e, sendo assim, a penetração desta tecnologia nos sistemas de iluminação dos diversos setores da economia, que conforme foi visto por último, apresenta perspectivas animadoras e certamente culminará no uso mais eficiente das instalações elétricas.

4 METODOLOGIA PROPOSTA

4.1 Introdução

O uso de tecnologias baseadas em energia limpa – isto é, tecnologias de energia renovável (RETs, do inglês *Renewable Energy Technologies*) e eficiência energética – vem crescendo bastante nas últimas décadas. Tecnologias que antes eram consideradas inviáveis financeiramente são agora realidades comerciais, provendo alternativas de custo benefício, frente às tecnologias convencionais (CANADÁ, 2005).

Em benefício dessas novas tecnologias, usuários em potencial, tomadores de decisões estratégicas, equipes de planejamento, empresas de serviços de energia (ESCOs, do inglês *Energy Services Company*), financiadoras de projetos e fornecedores de equipamentos, devem ser capazes de avaliar rapidamente e, com boa margem de precisão, se um determinado projeto de tecnologia mostra-se promissor em termos técnicos e econômicos, fazendo-se necessário ainda buscar mecanismos que venham a evidenciar e também dar transparência aos resultados provenientes da implantação.

Nesse sentido, o presente capítulo irá descrever de forma simples e concisa: a metodologia proposta; o RETScreen[®] *International*, ferramenta computacional adotada para análise inicial da Ação de Eficiência Energética proposta; o Protocolo Internacional de Medição e Verificação de *Performance*; e, o Guia de M&V da Agência Nacional de Energia Elétrica, como metodologias para avaliar adequadamente a economia no consumo de energia produzida pela AEE.

4.2 Descrição da Metodologia

A metodologia empregada nesta dissertação está ilustrada na figura 4.1. Ela desenvolve-se nos passos seguintes e pode ser aplicada a todos os locais onde se faz uso da energia elétrica:

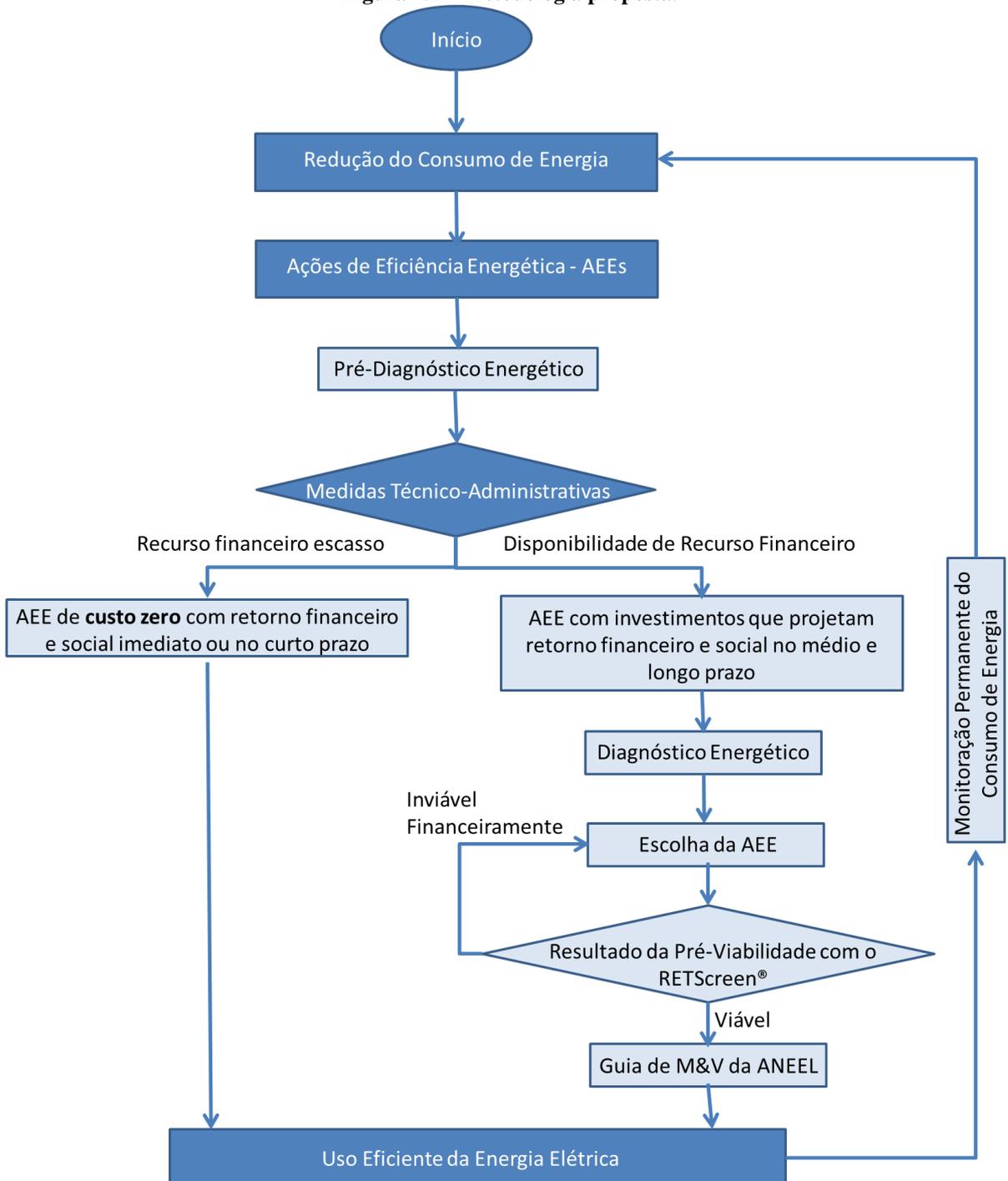
- ✓ Passo 1: Objetivo a ser atingido – Redução do consumo de energia elétrica. O principal objetivo é a redução do consumo de energia elétrica, resultando na diminuição dos custos com energia e favorecendo à diminuição da pressão submetida ao sistema elétrica brasileiro relacionada com a expansão da geração de energia;
- ✓ Passo 2: Método para a obtenção do Objetivo – Ações de Eficiência Energética. A aplicação de ações de eficiência energética, por sua vez

impulsionadas pelo progresso autônomo e pelo progresso induzido, tem se tornado uma estratégia difundida mundialmente em razão dos resultados satisfatórios obtidos que vão ao encontro do alcance de um estado onde se consegue reduzir o consumo perdulário de energia elétrica. As oportunidades de redução do consumo de energia elétrica, por meio da eficiência energética, são obtidas a partir da elaboração de um pré-diagnóstico energético, que, dentre outras medidas, busca: levantar as funcionalidades da edificação; coletar informações sobre horários de funcionamento, hábitos de uso e conforto das instalações; verificar a situação das instalações elétricas e das condições de fornecimento de energia elétrica; coletar e analisar as contas de energia dos últimos 12 meses, pelo menos; e, coletar e analisar dados de medidores de energia elétrica.

- ✓ Passo 3: Aplicação do Método – Medidas Técnico-Administrativas. A aplicação das medidas técnico-administrativas está diretamente relacionada com o encorajamento do indivíduo que tem a incumbência de deliberar. Tal encorajamento deve estar tecnicamente embasado por meio do Pré-Diagnóstico energético, a fim de que se afastem os riscos de uma tomada de decisão. Estabelece-se neste passo, duas opções: Ações de Eficiência Energética (AEE) de custo zero, onde não há necessidade de nenhum recurso financeiro para alcançar o objetivo ou a economia financeira percebida é imediata e maior que o investimento realizado para executar a Ação; AEE com investimentos que projetam retorno financeiro e social no médio e longo prazo. Nessa última opção, em razão da aplicação de recursos financeiros, deve-se atender a uma condição *sine qua non*: confiabilidade dos resultados obtidos na quantificação da energia elétrica e demanda efetivamente economizadas. Para tanto, este trabalho propõe a elaboração de um diagnóstico energético, no intuito de conhecer as oportunidades mais viáveis e, após escolhida a AEE, faz-se uso da ferramenta computacional RETScreen[®] com o objetivo de analisar pré-viabilidade e viabilidade da AEE. Caso a AEE se mostre viável, aplica-se a metodologia do Guia de M&V da ANEEL para quantificar e, posteriormente, atestar o alcance do objetivo; caso contrário, escolhe-se outra AEE.
- ✓ Passo 4: Resultados – Uso eficiente da energia elétrica. Uma vez implementado o método (Eficiência Energética) é possível analisar o impacto da AEE, onde certamente será observado que as instalações passam a fazer um

uso mais eficiente da energia, reduzindo o desperdício. Ratifica-se aqui a necessidade de monitorar os resultados de forma contínua no intuito de observar o comportamento da AEE no longo prazo.

Figura 4.1 – Metodologia proposta.



Fonte: Autor.

4.3 Descrição do RETScreen

O Software de análise de projetos de energia limpa, RETScreen[®] *International*, é uma ferramenta orientativa, voltada especificamente para facilitar as fases de análises de pré-viabilidade e viabilidade de aplicação de tecnologias de energia limpa. O núcleo da ferramenta consiste em um software de análise de projetos padronizado e integrado, o qual pode ser usado mundialmente para avaliar a produção de energia, custos do ciclo de vida e a redução da emissão dos gases do efeito estufa para vários tipos de propostas de eficiência energética e tecnologias de energia renovável. Todos os modelos de tecnologia de energia limpa do RETScreen[®] seguem um olhar comum e uma abordagem padrão para facilitar uma tomada de decisão com resultados confiáveis. Cada modelo inclui ainda como um produto integrado, custo e base de dados climáticos, além de um manual de usuário detalhado, tudo para ajudar a reduzir drasticamente o tempo e o custo associados com a preparação de estudos de pré-viabilidade. O software RETScreen[®] é talvez a ferramenta mais rápida e fácil para estimar a viabilidade de um potencial projeto de energia limpa (CANADÁ, 2005).

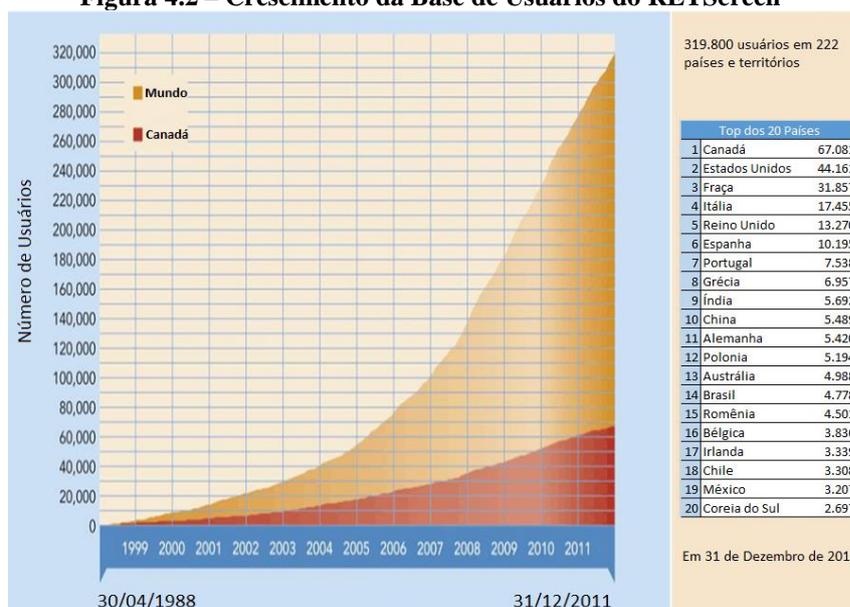
Para se ter uma ideia das possibilidades de utilização do RETScreen[®], dada sua elevada flexibilidade, pontua-se três cenários, descritos a seguir:

- ✓ Um engenheiro necessitando conhecer a energia solar mensal que incide em uma superfície inclinada em um canteiro de obras pode encontrar essa informação facilmente usando a calculadora do recurso solar;
- ✓ Um arquiteto ao investigar a eficiência energética de um tipo de janela ideal para um novo projeto pode usar o produto da base de dados integrada ao RETScreen[®], o módulo de Modelo de Projeto de Aquecimento Solar Passivo, para auxiliar na escolha de janelas que tenham certas propriedades climáticas e então buscar fornecedores; e,
- ✓ Um investidor ou um banco pode usar a análise de sensibilidade e risco disponível no RETScreen[®] para avaliar o risco associado à um investimento de um projeto.

Esta ferramenta também proporciona um estudo fundamentado na comparação entre o “caso base” (usando as tecnologias convencionais) e o “caso proposto” (usando tecnologias sustentáveis).

De acordo com a figura 4.2, o RETScreen[®] apresenta-se como uma alternativa consolidada e bastante utilizada mundialmente, com o Brasil ocupando a décima quarta colocação no *Top 20* dos países com o maior número de usuários desta aplicação.

Figura 4.2 – Crescimento da Base de Usuários do RETScreen®



Fonte: Adaptado de Canadá (2012).

4.3.1 Etapas de uma Análise Padrão de Projeto com o RETScreen®

De um modo geral, este software apresenta 5 etapas de operação para qualquer que seja o modelo de tecnologia sob estudo, isto é, um usuário que compreendeu como trabalhar com uma determinada tecnologia, não deverá encontrar problemas caso decida usar outro tipo de tecnologia.

O RETScreen® é desenvolvido no Microsoft® Excel, cada uma das cinco etapas do procedimento de análise padrão é associado com uma ou mais planilhas de uma pasta do Excel (CANADÁ, 2005), sendo realizada a seguir uma breve descrição de cada etapa:

- 1ª Etapa – Modelo Energético: Nessa planilha, o usuário especifica parâmetros descrevendo a localização do projeto, o tipo de sistema usado no caso base, a tecnologia a ser utilizada no caso proposto, as cargas, o recurso energético renovável (no caso de RETs). Por sua vez, a ferramenta calcula a produção ou a economia anual de energia.
- 2ª Etapa – Análise de Custos: Nessa planilha, o usuário entra com os dados referentes aos custos inicial, anual e periódico para o sistema do caso proposto, bem como os créditos na situação da existência de custos no caso base, os quais serão evitados para o caso proposto. O usuário tem a opção de escolher entre um estudo de pré-viabilidade (onde é requerido um menor detalhamento e menor precisão) ou viabilidade (onde um maior detalhamento e maior precisão são requeridos).

- 3ª Etapa – Análise de Emissões dos GEE: Essa planilha ajuda a determinar a redução anual de emissões dos GEE decorrente do uso da tecnologia proposta no lugar da tecnologia existente no caso base. O usuário pode escolher entre uma *performance* simplificada, padronizada ou uma análise customizada, e pode ainda indicar se o projeto deve ser avaliado como um potencial projeto a ser considerado em um Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL).
- 4ª Etapa – Análise Financeira: Nessa planilha, o usuário especifica parâmetros financeiros relacionados com o consumo de energia evitado, créditos de produção, créditos provenientes da redução de emissão de GEF, incentivos, inflação, taxa de desconto, dívida e taxas complementares. Assim, a ferramenta calcula a variação dos indicadores financeiros no sentido de avaliar a viabilidade do projeto. O gráfico do fluxo de caixa cumulativo também é apresentado na planilha da análise financeira.
- 5ª Etapa – Análise de Sensibilidade e Risco: Planilha opcional que auxilia o usuário na determinação de como a incerteza das estimativas de vários parâmetros-chaves podem afetar a viabilidade financeira do projeto. O usuário pode realizar qualquer análise de sensibilidade ou de risco, ou até mesmo ambas.

4.4 PIMVP: Ferramenta para Avaliar as Ações de Eficiência Energética

A simples comparação de faturas de energia e a utilização não rigorosa de indicadores para determinação da energia elétrica economizada praticamente deixa de ser uma opção com a disponibilização de padrões compreensivos de M&V (Leite, 2010).

O Protocolo Internacional de Medição e Verificação de *Performance* (PIMVP) é uma estrutura de definições e métodos para avaliar adequadamente a economia no consumo de energia elétrica, de água, ou na demanda. O PIMVP guia os usuários no desenvolvimento de Planos de M&V para projetos específicos (EVO, 2012).

Certamente, é interessante em todos os projetos que as economias previstas sejam alcançadas e adequadamente relatadas, sendo assim são notáveis os seguintes itens (EVO, 2012):

- os **usuários de energia elétrica** necessitam de procedimentos robustos para verificar a consecução dos objetivos da sua política energética;

- os **potenciais compradores de produtos e de serviços energeticamente eficientes** querem saber se essas potenciais compras já provaram ser eficientes, usando métodos largamente reconhecidos;
- os **compradores efetivos de produtos e de serviços energeticamente eficientes** precisam avaliar com precisão a eficiência de suas compras para ajudar a determinar o real desempenho e informar sobre futuras compras;
- os **governos e concessionárias de energia elétrica** necessitam saber que as economias anunciadas pelos diversos programas de eficiência são fundamentadas em medições de campo executadas de acordo com um protocolo aceito por todos.

Basicamente, o conhecimento das economias de energia elétrica, relatadas de forma transparente, é vital para a aceitação das propostas de uso eficiente da energia.

Como ferramentas para este propósito vale citar o IEEE 739 (1995), o guia ASHRAE 14 (2002) e o PIMVP (2012), sendo este último o mais atual já se encontrando na sua sétima edição, desde a primeira em 1996.

Segundo Leite (2010) o Protocolo Internacional para Medição e Verificação de Performance (PIMVP) desenvolvido pela Organização de Avaliação de Eficiência (EVO, sigla em inglês) é a principal referência em padronização de métodos de quantificação de resultados de investimentos em eficiência energética. Como a economia obtida através das Ações de Eficiência Energética (AEE) não pode ser diretamente medida, isso aumenta o desafio de torna-los competitivos. Assim, investidores e financiadores devem diminuir sua percepção de risco, se seu capital estiver sendo aplicado em projetos cujos resultados são monitorados fazendo-se uso de técnicas internacionalmente aceitas, como o PIMVP.

O PIMVP não prescreve métodos específicos para a apuração da economia de energia advinda de uma ação de gestão energética. Ao contrário, devido à multiplicidade de situações encontradas na prática, define uma estrutura de abordagem e uma terminologia que permitem a sua adequação às diversas situações encontradas. Para cada situação específica, portanto, deve ser elaborado um Plano de M&V para direcionar as ações garantindo assim que “todos os dados necessários para a determinação da economia estarão disponíveis após a implementação da(s) AEE(s), dentro de um orçamento aceitável” (EVO, 2012).

4.4.1 Considerações sobre Medição e Verificação

Segundo EVO (2012), a Medição e Verificação (M&V) é o processo de utilização de medidores para determinar, de modo seguro, a economia real criada dentro de uma instalação individual por um programa de gestão de energia. A economia resultante de uma AEE não pode ser medida diretamente, uma vez que representa a ausência de consumo de energia, assim a economia é determinada pela comparação do consumo medido antes e depois da implementação de um projeto, com os ajustes devidos.

As atividades de M&V consistem em algumas ou todas as seguintes ações (EVO, 2012):

- ✓ instalação, calibração e manutenção de medidores;
- ✓ coleta e tratamento de dados;
- ✓ desenvolvimento de um método de cálculo e estimativas aceitáveis;
- ✓ cálculos com os dados medidos;
- ✓ relatórios, garantia de qualidade e verificação de relatórios por terceiros.

Mesmo quando existem poucas dúvidas acerca do resultado de um projeto, ou não há necessidade de dar prova dos resultados à outra parte, os métodos de M&V, ainda assim, são sempre aconselháveis, no intuito de verificar (inicialmente e de tempos em tempos) se os equipamentos instalados são capazes de produzir a economia prevista. A M&V aderente ao PIMVP inclui tanto a verificação operacional quanto a quantificação das economias baseadas nas medições de energia antes e depois da implementação do projeto e os ajustes acima descritos (EVO, 2012).

A M&V não constitui assim, somente uma coleção de atividades com a finalidade de ajudar o projeto a atender às exigências do PIMVP. Se corretamente integradas, as atividades de M&V servirão para aumentar e reforçar a operação e a manutenção das economias na instalação (EVO, 2012).

4.4.1.1 Objetivos da M&V

As técnicas de M&V podem ser utilizadas com os seguintes objetivos:

- a) **Aumentar a economia de energia:** A monitoração da energia economizada permite ajustar a concepção da AEE ou mesmo auxiliar as operações para aumentar a economia, buscando reduzir variações ao longo do tempo;
- b) **Documentar transações financeiras:** Um Plano de M&V bem definido e implementado pode representar a base para documentar, de forma

transparente, o desempenho energético sujeito a verificação independente, nos casos da existência de um contrato de desempenho energético;

- c) **Aumentar o financiamento para projetos de eficiência:** Um bom Plano de M&V aumenta a transparência e a credibilidade dos relatórios acerca dos resultados dos investimentos em eficiência, sendo fatores que contribuem para o crescimento do nível de confiança por parte dos agentes financiadores;
- d) **Melhorar projetos de engenharia, funcionamento e manutenção da instalação:** Uma boa M&V também ajuda os gestores a descobrir e reduzir problemas de manutenção e funcionamento, a fim de gerir as instalações de forma mais eficiente, além de fornecer informações para a concepção de projetos futuros;
- e) **Gerir orçamentos energéticos:** Mesmo quando economias não estão em questão, as técnicas de M&V ajudam os gestores a avaliar e gerir a utilização de energia para explicar as variações dos orçamentos;
- f) **Aumentar o valor dos créditos de redução de emissão de GEE:** Considerar as reduções de emissão acrescenta valor adicional aos projetos de eficiência;
- g) **Apoiar a avaliação de programas de eficiências regionais:** Programas governamentais ou de empresas de energia podem utilizar técnicas de M&V com o objetivo de avaliar a economia em instalações selecionadas de usuários de energia;
- h) **Aumentar a compreensão do público acerca da gestão de energia como ferramenta de política pública:** A M&V aumenta a aceitação pública da redução de emissões associadas, encoraja o investimento em projetos de eficiência energética, reduz a necessidade de investimento em geração de energia o que contribui na redução da degradação ambiental.

4.4.1.2 Princípios de M&V

São descritos a seguir seis princípios fundamentais de uma boa prática de M&V (EVO, 2012).

- a) **Completeness:** Deve-se ter em consideração todos os efeitos de um projeto. As atividades de M&V devem usar medições para quantificar os efeitos significativos, enquanto estimam os demais;

- b) **Conservadorismo:** Na presença de incertezas, os procedimentos de M&V devem ser concebidos para avaliar por baixo a economia;
- c) **Consistência:** As estimativas de economia devem ser consistentes e considerar diversos tipos de projetos, diferentes profissionais para qualquer projeto e diferentes períodos do mesmo projeto. Em linhas gerais deve haver repetibilidade nas estimativas;
- d) **Precisão:** Partindo do pressuposto que os custos de M&V devem se apresentar pequenos em relação ao valor monetário da economia a ser avaliada, os relatórios de M&V devem ser tão precisos quanto o permita o orçamento de M&V. Os compromissos sobre a precisão devem ser acompanhados de maior conservadorismo em qualquer estimativa ou parecer.
- e) **Relevância:** Apenas parâmetros relevantes para o cálculo da economia devem ser medidos como forma de manter os custos de M&V coerentes com a economia gerada.
- f) **Transparência:** Todas as atividades de M&V devem ser claras e completamente divulgadas, de forma a facilitar a compreensão de outros profissionais.

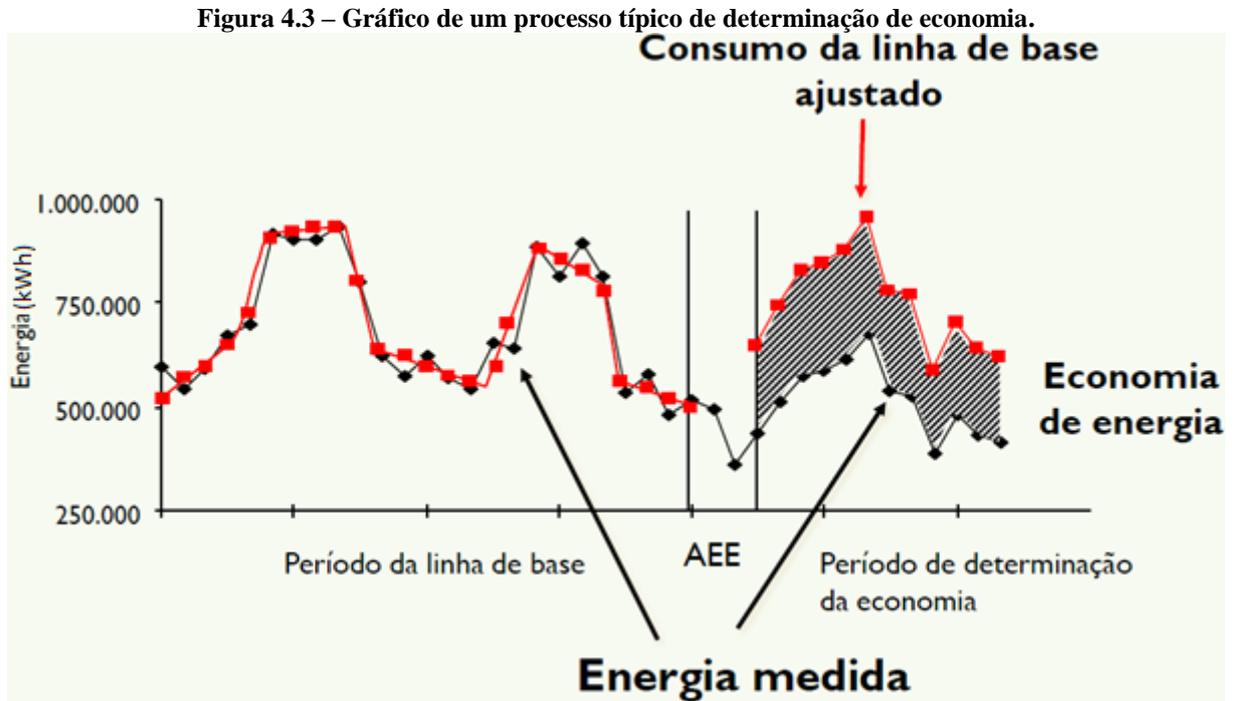
4.4.2 Estrutura, Terminologias e Opções do PIMVP

Conforme já citado anteriormente, a economia de energia elétrica não pode ser diretamente mensurada, pois a economia obtida representa a ausência do consumo de energia, por conseguinte, a economia é determinada comparando-se o consumo medido anteriormente e o consumo medido posteriormente à implementação de um programa, e realizando ajustes adequados às alterações nas condições de uso. De outro modo, pode se explicar o exposto assumindo um caso em que é realizada a substituição de lâmpadas fluorescentes por lâmpadas LED, como não será possível medir o comportamento dos dois tipos de lâmpadas ao mesmo tempo, deve-se medir antes da substituição das lâmpadas e comparar com os valores medidos após troca para lâmpadas LED, atentando sempre para que as condições de uso sejam as mesmas nos dois períodos. Caso as condições de uso sejam diferentes, faz-se necessária a adição (ou subtração) de um fator de ajustes aos valores medidos anteriormente para que análise das medições nos dois períodos seja feita sob a mesma ótica de funcionamento.

Nos subitens seguintes são apresentadas as estruturas, terminologias e opções do PIMVP.

4.4.2.1 Períodos de Medição

A figura 4.3 ilustra um processo típico de determinação de economia.



Fonte: Adaptado de ANEEL (2014).

O axioma da M&V estabelece que a economia de energia elétrica é a energia utilizada depois da implementação subtraída da energia que teria sido consumida sem a AEE. Para tanto, antes da implementação é necessário construir-se um modelo matemático do uso da energia, que na figura 4.3 anterior corresponde a linha vermelha, correlacionando a energia com as variáveis (clima, ocupação, produção, etc.) que a fazem variar. Este modelo constitui-se assim em um “fantasma” da instalação, permitindo, após a AEE, estimarem-se quanta energia teria sido gasta nas novas condições de funcionamento (o que é realizado introduzindo-se os novos valores das variáveis no modelo).

Da figura 4.3, também é possível verificar a existência de dois **períodos de medição**, que são completamente diferentes quanto ao objetivo: antes da AEE, o **período da linha de base**, cujo objetivo é estabelecer o modelo do consumo de energia. Esse período estará concluído quando existirem dados suficientes para o estabelecimento de um bom modelo, que possa representar a instalação em todas as condições de operação. Depois da implantação da AEE, tem-se o **período de determinação da economia**, que por meio das variáveis independentes introduzidas no modelo, irá calcular a linha de base ajustada; e medirá a energia para subtrair da linha de base ajustada e assim calcular a economia.

Dessa forma, a comparação entre o antes e o depois do consumo de energia ou da demanda deve ser feita sobre uma base consistente, utilizando a seguinte equação 4.1:

$$E_{ECON} = E_{LB} - E_M \pm A \quad (4.1)$$

Onde:

E_{ECON} : Energia economizada;

E_{LB} : Energia hipotética da linha de base;

E_M : Energia medida no período de determinação da economia;

A: Ajustes.

O termo "Ajustes", presente na equação anterior, é utilizado para ajustar o consumo ou a demanda dos períodos da linha de base e de determinação da economia sob um conjunto comum de condições (EVO, 2012).

4.4.2.2 Variáveis Independentes

Variável independente é um parâmetro que pode mudar regularmente e causar impacto mensurável no consumo de energia elétrica de um sistema ou instalação (EVO, 2012).

Quando a energia é constante, caso de iluminação funcionando em horários determinados, por exemplo, o problema da definição da variável independente é menor. A economia será apenas a subtração direta da energia consumida depois da energia anterior à implementação da AEE. Quando a energia varia, como no caso de um sistema de condicionamento ambiental que sofrerá influência da temperatura exterior, ou do mesmo modo, em uma fábrica, onde o número de unidades, produzido em determinado período, é frequentemente uma variável independente que afeta significativamente o consumo de energia o processo se torna mais complexo. Nesses casos, por exemplo, é preciso “reduzir” esta variação explicando-a por meio do que a faz variar: temperatura ambiente, sazonalidade de produção, entre outras – são as chamadas **variáveis independentes**.

As variáveis independentes devem ser capazes de explicar o comportamento da variação do consumo de energia em uma determinada instalação, pois elas servirão como base para a determinação da parcela da equação 4.1 responsável pelo modelo do consumo da linha de base ajustada, ou seja: $E_{LB} \pm A$.

4.4.2.3 Fronteira de Medição

A economia pode ser determinada para toda uma instalação ou simplesmente para parte desta, dependendo dos objetivos a reportar:

- Se o objetivo for direcionado à apenas alguns equipamentos de uma determinada instalação, os medidores deverão ser instalados em torno daqueles equipamentos;
- Se, por outro lado, o objetivo é amplo e busca gerir o desempenho energético de toda a instalação, os medidores deverão ser instalados de modo que possam aferir o fornecimento de energia para todo o sistema;

Algumas das necessidades de energia dos equipamentos ou dos sistemas a serem avaliados poderão surgir fora de uma fronteira de medição prática. No entanto, todos os efeitos energéticos das AEE(s) devem ser considerados. Os efeitos energéticos significativos devem ser determinados a partir de medições, sendo o restante estimado ou ignorado.

Quaisquer efeitos energéticos que ocorram para além da fronteira de medição imaginária serão denominados **efeitos interativos**. Um bom exemplo desse efeito ocorre em uma AEE de redução de potência requerida para a iluminação, ação que eventualmente pode diminuir os requisitos de refrigeração mecânica e/ou aumentar os requisitos de aquecimento. Tais fluxos de energia de aquecimento e refrigeração atribuídos ao antigo sistema de iluminação não podem geralmente ser facilmente medidos. Assim, é preciso encontrar uma forma de estimar a magnitude destes efeitos interativos, a fim de determinar a economia. Alternativamente, tais efeitos podem ser ignorados, desde que o Plano de M&V inclua a discussão de cada efeito e sua provável magnitude (EVO, 2012).

4.4.2.4 Base para Ajustes

Dois tipos de ajuste são possíveis (EVO, 2012):

- **Ajustes de rotina** – aplicado à fatores de consumo de energia que apresentam uma variação periódica, como por exemplo, o clima e o volume de produção. A metodologia aplicada ao ajuste terá sua complexidade ditada pelo comportamento da variação do consumo de energia; e,
- **Ajustes não-de rotina** – necessário quando incorrer alterações nos **fatores estáticos**, que por sua vez, podem ser entendidos como aqueles fatores aos quais não há expectativa de que mudem habitualmente, tal como: o tamanho da

instalação, a concepção, o perfil e o quantitativo do público interno, o funcionamento dos equipamentos instalados, etc. Esses fatores estáticos devem ser monitorados para detectar alguma alteração durante o período de determinação da economia.

4.4.2.5 Opções do PIMVP

A tabela 4.1 resume as quatro opções disponíveis no PIMVP para a determinação da economia (A, B, C e D). A escolha entre as opções implica muitas considerações, inclusive o local da fronteira de medição. Se for decidido determinar a economia em nível da instalação, a Opção C ou D poderão ser favorecidas. No entanto, se somente for considerado o desempenho energético da própria AEE, uma técnica de medição isolada pode ser mais adequada (Opção A, Opção B ou Opção D).

Tabela 4.1 – Resumo das opções de estratégias de M&V

Opções do PIMVP	Determinação da Economia	Aplicações Típicas
<p>A. Medição Isolada da AEE: Medição dos parâmetros-chave A economia é determinada por medições no campo dos parâmetros chave. Estes parâmetros definem o uso de energia dos sistemas afetados pela AEE, e/ou o sucesso do projeto. A frequência da medição vai desde o curto prazo a contínua, dependendo das variações esperadas no parâmetro medido e da duração do período de determinação da economia. Os parâmetros não selecionados para medição no campo são estimados. As estimativas podem basear-se em dados históricos, especificações do fabricante, ou avaliação de engenharia. É necessária a documentação da fonte ou a justificação do parâmetro estimado. O erro de economia plausível que surge da estimativa em vez da medição é avaliado.</p>	<p>Cálculo de engenharia do consumo da linha de base e do consumo do período de determinação da economia a partir de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Medições a curto prazo ou contínuas de parâmetros chave de funcionamento; e • Valores estimados. <p>Ajustes de rotina e não de rotina como exigido.</p>	<p>A AEE da iluminação onde a potência requerida é o parâmetro chave de desempenho energético, medido periodicamente. Estimar as horas de funcionamento da iluminação com base nos horários do edifício e no comportamento do público interno.</p>
<p>B. Medição isolada da AEE: Medição de todos os parâmetros A economia é determinada pela medição no campo do consumo de energia do sistema afetado pela AEE. A frequência da medição vai desde o curto prazo à contínua, dependendo</p>	<p>Medições a curto prazo ou contínuas do consumo da linha de base e consumo do período de determinação da economia, e/ou cálculos de engenharia, usando medições de representantes</p>	<p>Aplicação de variador de velocidade ajustável (variador de frequência) e controle de motor para ajustar o fluxo da bomba. Medir a potência elétrica com um medidor de kW</p>

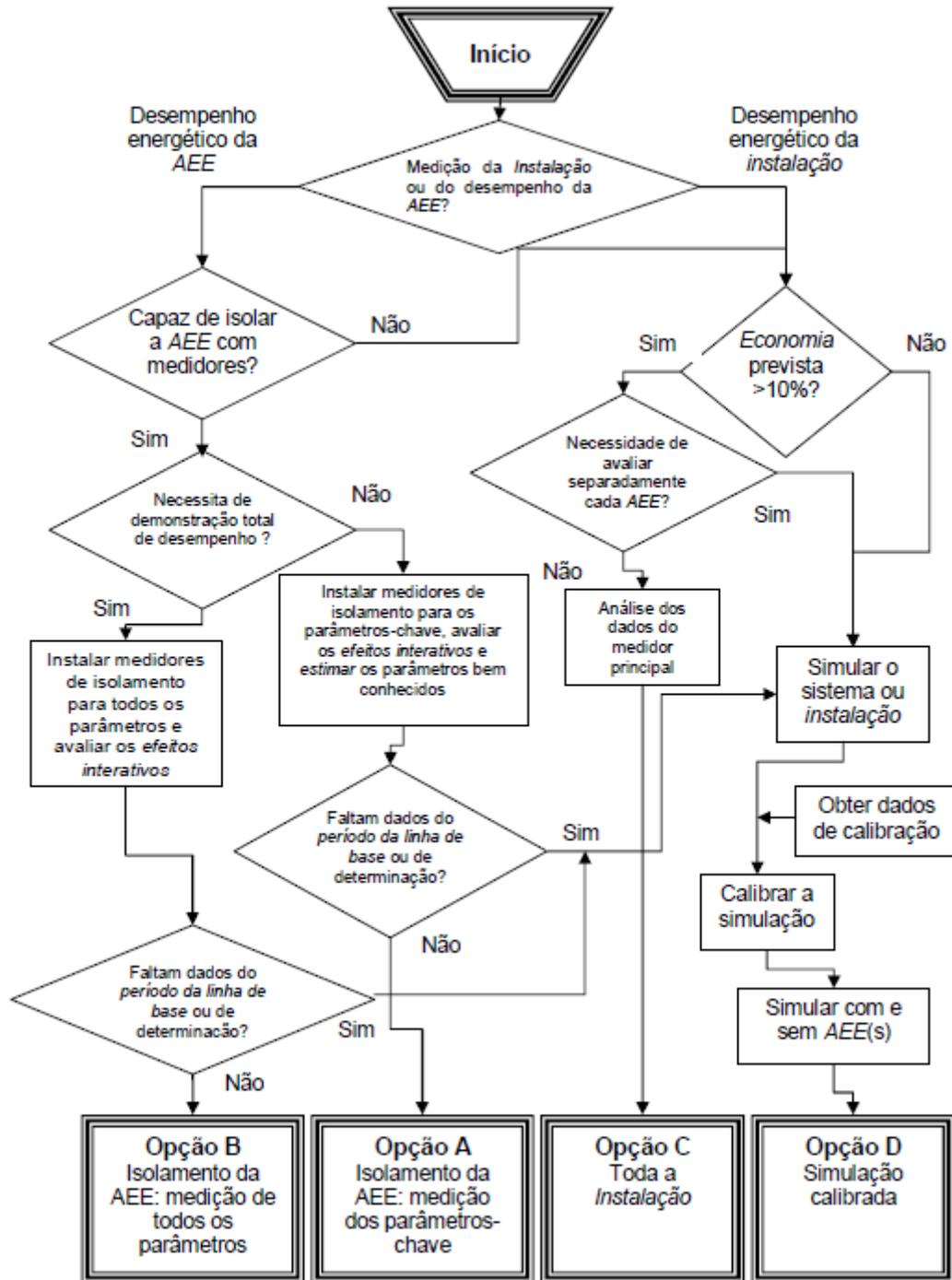
<p>das variações esperadas na economia e da duração do período de determinação da economia.</p>	<p>do consumo de energia. Ajustes de rotina e não de rotina como exigido.</p>	<p>instalado na alimentação elétrica do motor, o qual lê a potência a cada minuto. No período da linha de base este medidor permanece durante uma semana para verificar se a carga constante. O medidor permanece no lugar durante o período de determinação da economia, para medir as variações da potência.</p>
<p>C. Toda a Instalação A economia é determinada pela medição do consumo de energia em nível de toda a instalação ou sub instalação. Medições contínuas do consumo de energia de toda a instalação são efetuadas durante o período de determinação da economia.</p>	<p>Análise dos dados do medidor da linha de base de toda a instalação e do período de determinação da economia. Ajustes de rotina como exigido, usando técnicas tais como uma simples comparação ou análise de regressão. Ajustes não-de rotina como exigido.</p>	<p>Programa de gestão de energia multifacetado, afetando muitos sistemas em uma instalação. Medição do consumo de energia com os medidores de gás e eletricidade das concessionárias para um período da linha de base de doze meses e durante o período de determinação da economia.</p>
<p>D. Simulação calibrada A economia é determinada através da simulação do consumo de energia de toda a instalação, ou de uma subinstalação. Rotinas de simulação demonstram modelar adequadamente o desempenho energético real medido na instalação. Esta opção requer habitualmente competências consideráveis em simulação calibrada.</p>	<p>Simulação do consumo de energia, calibrada com dados de faturamento por hora ou mensal da concessionária (medidores de consumo de energia final podem ser usados para ajudar a refinar dados de entrada).</p>	<p>Programa de gestão de energia multifacetado, afetando muitos sistemas em uma instalação, onde não existia nenhum medidor no período da linha de base. Medições do consumo de energia, após a instalação de medidores de gás e de eletricidade, são usados para calibrar a simulação. Consumo de energia da linha de base, determinado com utilização da simulação calibrada, é comparado à simulação do consumo de energia do período de determinação da economia.</p>

Fonte: Adaptado de EVO (2012).

A seleção da opção para o PIMVP é uma decisão que deve ser tomada pelo técnico de concepção do programa de M&V para cada projeto, com base em todo o conjunto de

condições, análises, orçamentos, e avaliação profissional (EVO, 2012). O fluxograma mostrado na figura 4.4 descreve a lógica comum utilizada na seleção da melhor opção.

Figura 4.4 – Diagrama lógico simplificado para auxiliar na escolha da opção do PIMVP



Fonte: EVO (2012).

4.5 O Guia de M&V da ANEEL

A ANEEL vem buscando aumentar a credibilidade dos resultados dos projetos do Programa de Eficiência Energética (PEE) por meio da exigência de práticas de M&V consistentes, conforme as evidências pontuadas a seguir:

- Em 2002 eram previstas atividades de M&V nos projetos, porém sem maiores requisitos;
- A Resolução Normativa nº 176/2005, que aprovou o Manual para Elaboração do Programa de Eficiência Energética ciclo 2005/2006, estabeleceu que todos os projetos aprovados no âmbito do PEE deveriam fazer M&V, com base no PIMVP, para apurar os efetivos resultados alcançados;
- Após a Resolução Normativa nº 300/2008, que estabeleceu critérios para a aplicação de recursos em PEEs, a Associação Brasileira das Distribuidoras de Energia Elétrica (ABRADEE) liderou a elaboração de um trabalho, com o devido acompanhamento da ANEEL para futura aprovação, que consistiu na definição de metodologias de M&V por uso final, com as respectivas justificativas, levando em conta o erro, os custos envolvidos na medição, custo total do projeto e da energia economizada;
- Os Procedimentos do Programa de Eficiência Energética - PROPEE, aprovado pela Resolução Normativa nº 556/2013, apresenta o seu Módulo 8 dedicado exclusivamente a estabelecer as diretrizes para as atividades de Medição e Verificação que devem ser empregadas em todos os projetos do PEE para avaliação dos resultados; e,
- Visando detalhar, padronizar e facilitar a aplicação das metodologias de M&V, em 2013 foi publicado o Guia de M&V, como apêndice do PROPEE, por meio do acordo entre a ANEEL e a GIZ, estabelecido no âmbito do pacto de cooperação técnica entre Brasil e Alemanha.

4.5.1 Estrutura Principal do Guia de M&V

O Guia de M&V contém a seguinte estrutura para cada AEE:

- i. Plano de M&V
- ii. Planilhas de Cálculo
- iii. Relatórios de M&V

iv. Formulários de M&V

4.5.1.1 Plano de M&V

A preparação de um Plano de M&V corresponde a etapa recomendada para a determinação da economia. A planificação antecipada garante que todos os dados necessários para a determinação da economia estarão disponíveis após a implementação da(s) AEE(s), dentro de um orçamento aceitável, pois podem ocorrer alterações nas condições iniciais ou mesmo falhas nas AEEs. Além disso a documentação, de um modo geral, deve apresentar-se de fácil acesso e compreensão, dada a necessidade de verificação futura, como por exemplo fiscalizações e auditorias especializadas.

Um Plano de M&V completo deve incluir a discussão dos seguintes tópicos:

- I. **Objetivo da AEE:** Apresentação da descrição, resultados pretendidos e os procedimentos que serão adotados para verificar o sucesso da implementação;
- II. **Opção do PIMVP e fronteira de medição:** Especificar a opção do PIMVP, constando a data de publicação e o número do volume de edição do PIMVP a ser seguida (Volume I do PIMVP, EVO 10000-1:2012, por exemplo). Identificar a fronteira de medição da determinação da economia. Descrever a natureza de quaisquer efeitos interativos para além da fronteira de medição, juntamente com seus possíveis efeitos;
- III. **Linha de base:** Documentar as condições da linha de base da instalação e os dados de energia, dentro da fronteira de medição. Tal documentação deve incluir a identificação do período da linha de base, todos os dados de consumo da demanda de energia da linha de base, todos os dados das variáveis independentes que coincidem com os dados de energia e todos os fatores estáticos que coincidem com os dados de energia;
- IV. **Período de determinação da economia:** Identificar o período de determinação da economia;
- V. **Base para o ajuste:** Declarar o conjunto de condições ao qual todas as medições de energia serão ajustadas. As condições podem ser as do período de determinação da economia ou outro conjunto de condições fixas;
- VI. **Procedimento de Análise:** Especificar os procedimentos exatos de análise de dados, algoritmos e hipóteses a serem usados em cada relatório de economia.

Para cada modelo matemático usado, reportar todos os seus termos, e a faixa de variação das variáveis independentes para o qual é válido;

- VII. **Preço da Energia:** Indicar os preços da energia que serão utilizados para avaliar a economia, e, se for o caso, como a economia será ajustada se os preços mudarem no futuro;
- VIII. **Especificações do Medidor:** Especificar os pontos de medição e períodos se a medição não for contínua, as características da medição, a leitura do medidor e o protocolo de confirmação, os procedimentos da colocação em serviço do medidor, o processo de calibração de rotina e o método de tratamento de dados perdidos;
- IX. **Responsabilidades de monitoramento:** Atribuir as responsabilidades de reportar e registrar dados de energia, variáveis independentes e fatores estáticos dentro da fronteira de medição, durante o período de determinação da economia;
- X. **Precisão esperada:** Avaliar a precisão esperada associada à medição, à obtenção de dados, à amostragem e à análise de dados.
- XI. **Orçamento:** Definir o orçamento e os recursos necessários para a determinação da economia, os custos iniciais estabelecidos, e os custos contínuos durante o período de determinação da economia;
- XII. **Formato do relatório:** Indicar a maneira pela qual os resultados serão reportados e documentados. Deve ser incluída uma amostra de cada relatório;
- XIII. **Garantia de qualidade:** Especificar os procedimentos de garantia de qualidade que serão utilizados para os relatórios de economia, e todos os passos intermediários na preparação dos relatórios.

4.5.1.2 Planilhas de Cálculo

As planilhas de cálculo deverão conter registro de dados e medições, cálculo dos resultados e formatação de tabelas para integrar o Plano e Relatório de M&V (ANEEL, 2013).

4.5.1.3 Relatório de M&V

Relatórios completos de M&V devem incluir pelo menos:

- Os dados observados durante o período de determinação da economia: os momentos de início e fim do período de medição, os dados de energia e o valor das variáveis independentes;
- Descrição e justificativas de quaisquer correções feitas aos dados observados;
- Para a Opção A, os valores estimados acordados;
- Tabela de preços da energia utilizada;
- Todos os pormenores de qualquer ajuste não periódico da linha de base efetuado. Os pormenores devem incluir uma explicação da alteração das condições desde o período da linha de base, todos os fatos observados e suposições e ainda os cálculos de engenharia que levaram ao ajuste;
- A economia calculada em unidades de energia e monetárias.

Os relatórios de M&V devem ser redigidos para os vários níveis de entendimento de seus leitores e os gestores de energia devem rever os relatórios de M&V com o pessoal da instalação.

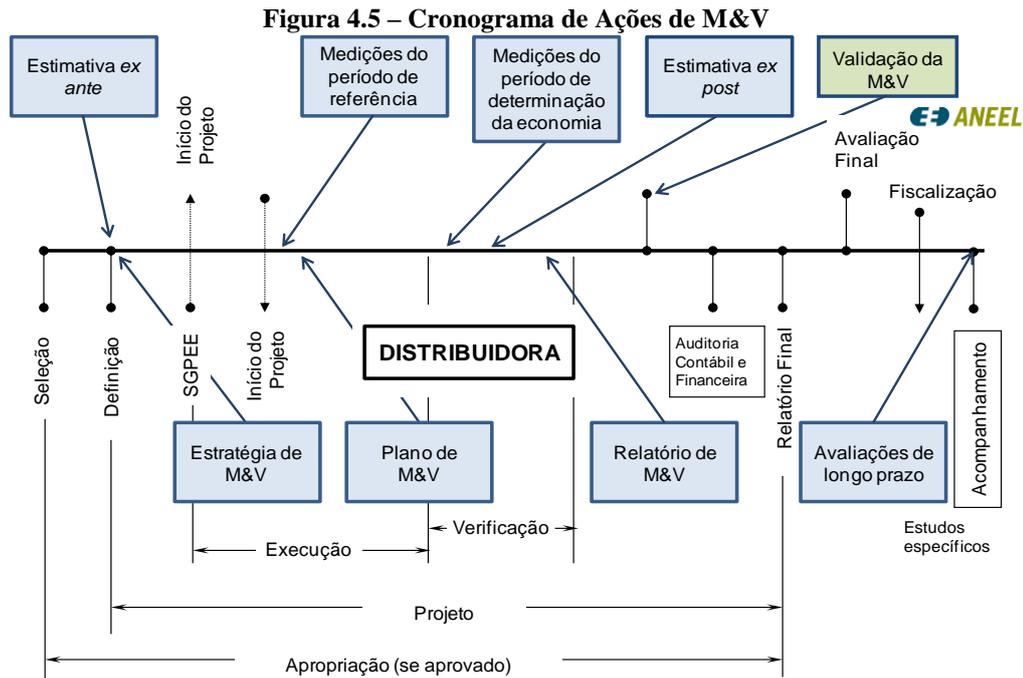
Tais revisões podem revelar informações úteis acerca da forma pela qual a instalação utiliza a energia, ou onde o pessoal de operação pode se beneficiar de mais conhecimento acerca das características do consumo de energia da sua instalação.

4.5.1.4 Formulários de M&V

Nos formulários de M&V constarão os dados coletados em campo para cada ação padrão, a fim de registrar as variáveis definidas no Plano de M&V. Os formulários, caso necessário, podem ser adaptados de acordo com as necessidades da AEE.

4.5.2 Cronograma de Ações de M&V

O desenrolar das ações de M&V está previsto para acontecer no PEE segundo a figura 4.5, extraída do Módulo 8 do PROPEE.



Fonte: ANEEL, 2013.

Nos subitens a seguir são relacionadas as atividades previstas a cada passo com os documentos que fazem parte do Guia de M&V da ANEEL.

4.5.2.1 Estimativa *ex ante*

A estimativa *ex ante* deve ser feita na fase de definição do projeto, quando se realiza o “diagnóstico energético” da instalação e são selecionadas as AEEs a implantar, de acordo com a análise técnico-econômica. Podem ser acrescentados outros elementos, conforme o caso específico do projeto (como efeitos interativos, por exemplo).

4.5.2.2 Estratégia de M&V

À esta mesma época (definição do projeto), com o conhecimento obtido da estrutura (equipamentos) e funcionamento da instalação, onde se compreende o uso da energia e sua relação com a rotina da instalação, devem ser definidas as bases para as atividades de M&V, como descrito a seguir:

- i. Variáveis independentes
- ii. Fronteira de medição
- iii. Opção do PIMVP
- iv. Modelo do consumo da linha de base

v. Cálculo das economias

A estratégia é importante nesta fase para se definir o orçamento de M&V – gastos com medidores, coleta de dados, tratamento de dados, relatórios, como também para propiciar o início do período da linha de base (medições) assim que iniciar o projeto, antes da implementação das AEEs propriamente ditas. A “estratégia de M&V” é um “Plano de M&V” sem as medições da linha de base (ANEEL, 2013).

4.5.2.3 Medições do Período de Linha de Base

Esta deve ser a primeira atividade da fase de execução, antes da implementação das ações de eficiência energética propriamente ditas. Devem ser instalados os medidores e recolhidos os dados da energia (e/ou variáveis dependentes – potência, demanda, tempo de funcionamento, fator de coincidência na ponta) e das variáveis independentes, perfeitamente sincronizados. Levantar também os fatores estáticos e dados necessários à estimativa dos efeitos interativos, se for o caso.

4.5.2.4 Plano de M&V

Concluídas as medições da linha de base e estabelecido o modelo do consumo (e demanda) da linha de base, um Plano de M&V deve ser gerado em conformidade com o item 4.5.1.1 desta dissertação.

4.5.2.5 Medições do Período de Determinação da Economia

Uma vez terminada a implantação da ação de eficiência energética, uma “verificação operacional” deve ser realizada para verificar o potencial dos equipamentos em produzir a economia projetada. Esta verificação inicial não deve ser confundida com as medições do período de determinação da economia, que lhe seguem.

Assim como no período da linha de base, devem ser feitas medições do consumo e demanda e das variáveis independentes relativas ao mesmo período.

O PIMVP recomenda que a “duração do período de determinação da economia deve ser estabelecida com a devida consideração pela duração da ação de eficiência energética e pela probabilidade de degradação da economia originalmente obtida ao longo do tempo”, (EVO, 2012).

4.5.2.6 Estimativa *Ex Post*

Após as medições do período de determinação da economia, e de posse dos valores realmente despendidos, pode-se calcular as economias e a relação custo benefício (RCB) realmente verificada. As demandas de energia medidas e registradas no período da linha de base e no período de determinação da economia devem ser ajustadas às condições comuns (mesmo conjunto de variáveis independentes) ou às condições fixas, normalizadas, que será o padrão do PEE.

4.5.2.7 Relatório de M&V

Feita a estimativa *ex post*, deve-se emitir o Relatório de M&V com seus resultados, em conformidade com o que relaciona o item 4.5.1.3 deste trabalho.

4.5.2.8 Validação da M&V

A validação da M&V é realizada pela ANEEL, a partir dos documentos enviados e auditorias *in loco* em alguns projetos, sorteados por amostragem.

4.5.2.9 Avaliações de Longo Prazo

Deverão ser feitas, fora do escopo de cada projeto, para avaliar a permanência das AEEs, a evolução dos valores economizados e ainda a mudança de hábitos proporcionada com as ações apoiadas pelo PEE.

4.6 Conclusões Parciais

O presente capítulo trouxe a base metodológica necessária para a avaliação dos impactos no consumo de energia elétrica provenientes da aplicação da ação de eficiência energética, que é objeto de estudo da presente dissertação de mestrado, e que será aplicada no caso de estudo, a ser tratado no próximo capítulo.

Verificou-se que o RETScreen[®], em razão dos benefícios inerentes a sua utilização, a destacar: rapidez, facilidade e aceitação internacional, apresenta-se como uma solução referencial para a estimativa da viabilidade de projetos de eficiência energética. Destaca-se ainda o PIMVP e o Guia de M&V da ANEEL, tratados, e que atualmente são referências nacionais no que diz respeito à determinação da economia, quando do desenvolvimento de ações de eficiência energética.

5 ESTUDO DE CASO – SISTEMA DE ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL

5.1 Introdução

O presente capítulo apresenta um estudo de caso de implementação da AEE na Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM), no qual são conhecidas a infraestrutura física do Complexo Predial da SUDAM para que, com base na metodologia proposta, no capítulo anterior, seja realizado um pré-diagnóstico energético apontando possibilidades de intervenções em eficiência energética. Em seguida, escolhida a AEE, serão analisados, com base nos dados do diagnóstico energético e nos resultados oferecidos pelo RETScreen[®] e pela metodologia do Guia de Medição & Verificação da ANEEL, se AEE proposta se trata de um projeto viável, do ponto de vista técnico e financeiro, e quais serão os resultados esperados e medidos, tendo em vista a plena consolidação da AEE proposta na SUDAM.

5.2 O Complexo Predial da SUDAM

A Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia tem atuação na Amazônia Legal desde 1953, com a criação da Superintendência do Plano de Valorização Econômica da Amazônia (SPVEA) e a instalação da Sede Oficial em Belém do Pará. Em 1966, a SPVEA foi extinta para dar lugar a SUDAM. Por sua vez, a SUDAM também foi extinta em agosto de 2001, dando lugar a Agência de Desenvolvimento da Amazônia (ADA), face às várias críticas quanto à eficiência dessa autarquia, passando a ser a responsável pelo gerenciamento dos programas relativos à Amazônia Legal.

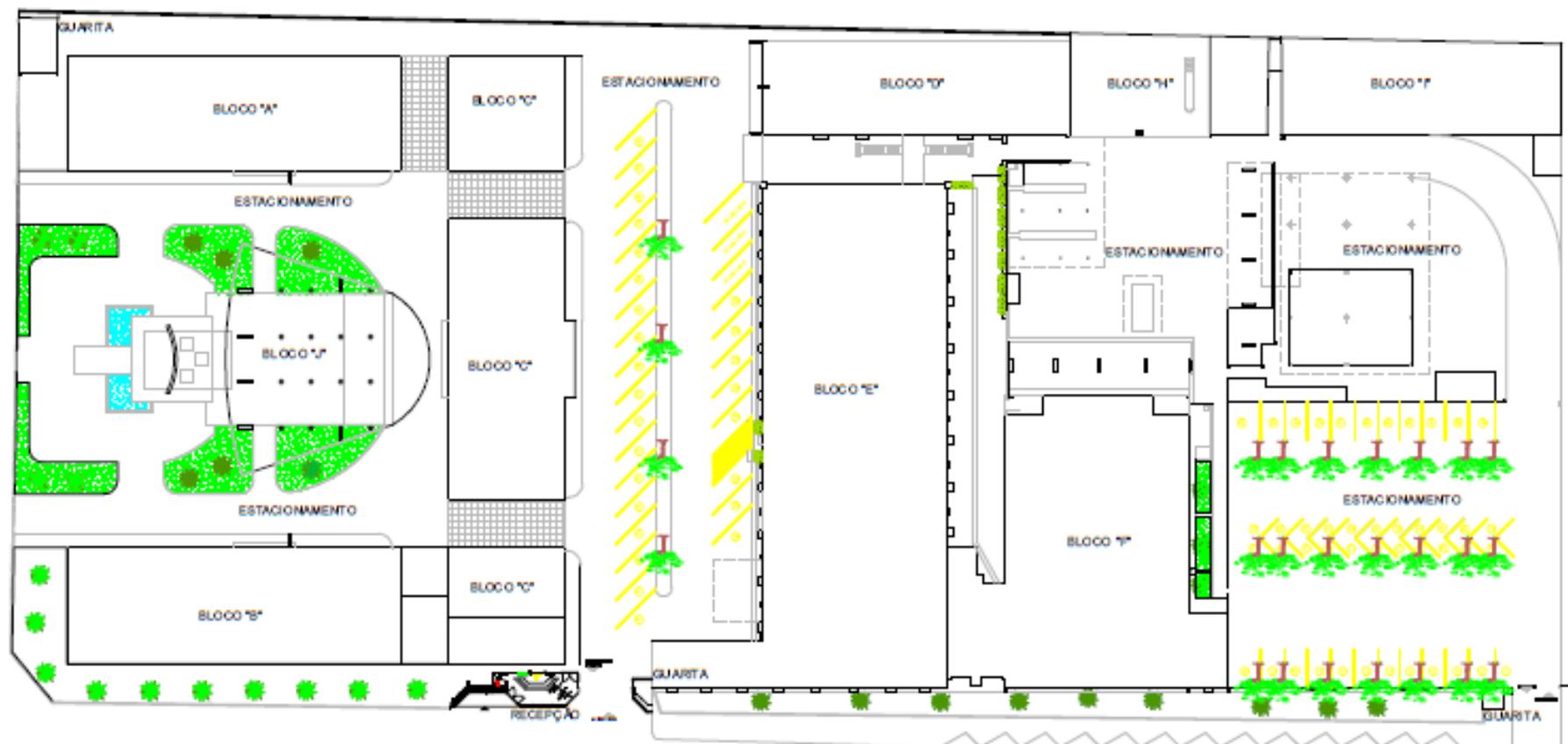
A nova SUDAM, criada pela Lei Complementar nº 124, de 3 de janeiro de 2007, em substituição à ADA, passou a ser uma Autarquia Federal, vinculada ao Ministério da Integração Nacional, tendo como missão institucional promover o desenvolvimento incluyente e sustentável da Amazônia Legal, contribuindo assim na redução das desigualdades regionais. Há de ressaltar que a designação “nova SUDAM”, tem o objetivo de estabelecer diferenças, em termos de competências e de estrutura regimental, existentes entre a extinta SUDAM e a nova SUDAM.

Para o desenvolvimento deste trabalho deve-se conhecer algumas características inerentes ao Complexo Predial da SUDAM (Morais et al., 2016):

- Período de funcionamento: 8h às 17h;

- Quantitativo, estimado, do público interno no período do dia: 384;
- Quantitativo, estimado, do público interno no período da noite: 4;
- Área Total Construída: 20.311,92 m^2 . A figura 5.1 apresenta a planta baixa da SUDAM;
- Subestações (SE) de Energia: 2 (duas), sendo uma de 1500 kVA e outra de 225 kVA , somando uma potência total instalada de 1725 kVA ;
- Geradores de Energia: 2 (dois), sendo um de 500 kVA e outro de 20 kVA , este último exclusivamente para o atendimento das cargas essenciais do *DATA CENTER* da SUDAM;
- As estruturas do complexo predial da SUDAM possuem, aproximadamente, 46 anos. O complexo é formado por 10 (dez) blocos. Desses, 02 (dois) foram reformados no ano de 2014, o Bloco B e o I. O Bloco C é o principal, composto por 9 (nove) pavimentos, e concentra o maior volume de pessoas trabalhando. O referido bloco passou por uma reforma recente apenas no 1º pavimento;
- Com relação ao número estimado de pessoas que trabalham no período da noite, vale ressaltar que algo em torno de 5% do número total de servidores, por algumas vezes, ficam algum tempo depois das 18h30min; e,
- Para fins de faturamento de energia elétrica, a unidade consumidora da SUDAM está enquadrada na tarifa horossazonal verde, com uma demanda contratada de 550 kW .

Figura 5.1 – Planta Baixa do Complexo Predial da SUDAM.



Fonte: Autor.

5.3 O Pré-Diagnóstico Energético

Nos últimos quatro anos o consumo e o faturamento anual de energia elétrica da SUDAM apresentaram o comportamento mostrado na tabela 5.1 a seguir. A partir desses dados, é possível identificar que o consumo de energia na Autarquia apresentou um crescimento anual com consequências no faturamento. Na comparação entre 2013 e 2015, a evolução do consumo foi de 8,12%, já o faturamento apresentou um crescimento de 67%, em razão da crise energética no Brasil, aprofundada a partir de julho de 2014.

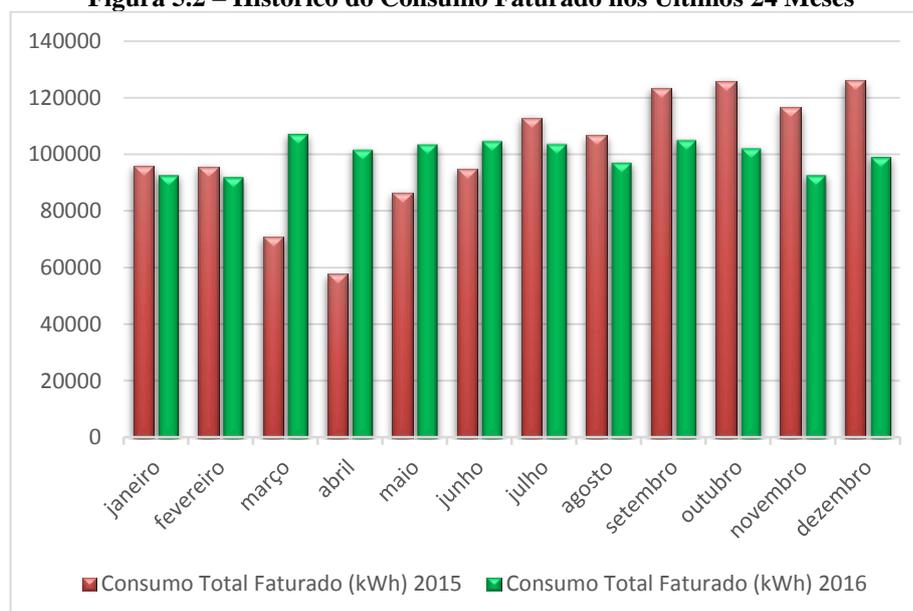
Tabela 5.1 – Histórico de Consumo e Faturamento dos Últimos 4 Anos

Recurso Consumido	Quantidade (kWh)				Valor (R\$)			
	Exercícios							
	2013	2014	2015	2016	2013	2014	2015	2016
Energia Elétrica	1.196.767	1.234.273	1.293.446	1.202.121	508.379,60	580.693,01	848.055,03	773.339,25

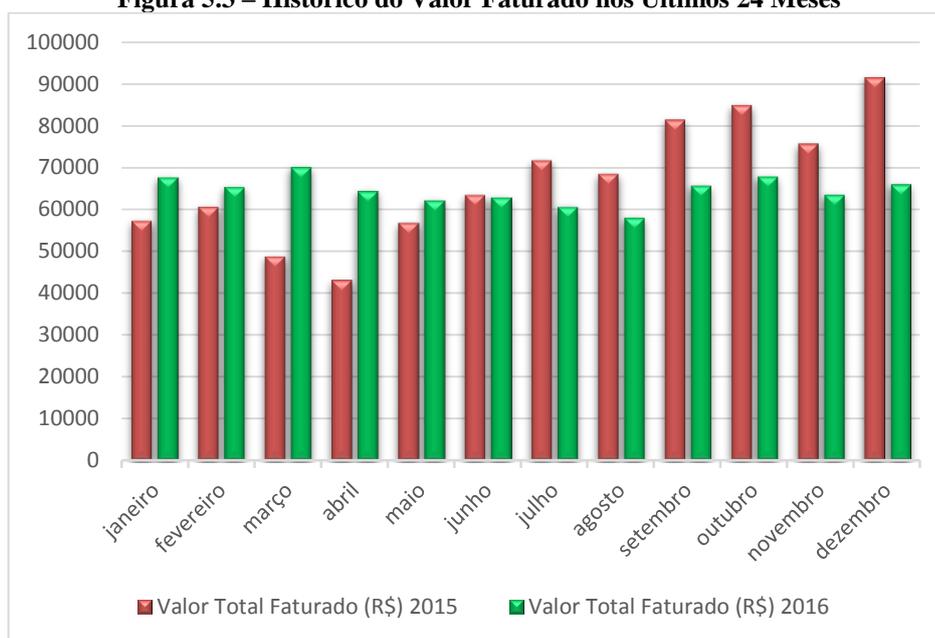
Fonte: Autor

Face ao crescimento do consumo e faturamento de energia, a SUDAM implementou medidas administrativas de eficiência energética de custo zero, adotadas no final de março de 2016. As figuras 5.2 e 5.3 indicam, respectivamente e através de gráficos, o consumo e o faturamento de energia elétrica nos últimos 24 meses. Estes dados foram trazidos para demonstrar o impacto provocado pelas Ações de Eficiência Energética no consumo de energia da Autarquia.

Figura 5.2 – Histórico do Consumo Faturado nos Últimos 24 Meses



Fonte: Autor

Figura 5.3 – Histórico do Valor Faturado nos Últimos 24 Meses

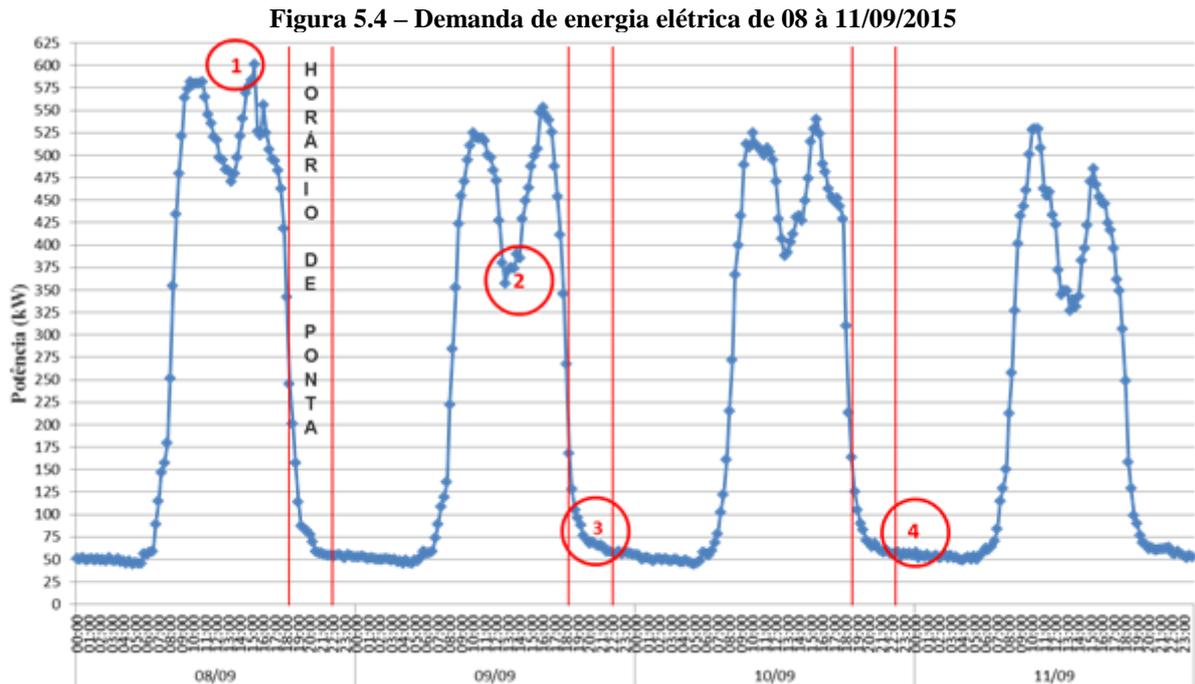
Fonte: Autor

Para a análise das figuras 5.2 e 5.3, vale ressaltar que a demanda interna de fevereiro a julho de 2015 era menor que no mesmo período em 2016, devido a ocorrência de um curto circuito no terminal de um dos transformadores de potencial do sistema de proteção da subestação de 225 kVA, deixando-a temporariamente inoperante e, por conseguinte, todas as cargas do Bloco B ficaram sem alimentação elétrica, inviabilizando o desenvolvimento de qualquer tipo de atividade no local, refletindo, assim, na redução da demanda e consumo de energia elétrica no Complexo Predial.

Dentre as medidas administrativas aplicadas, destaca-se aqui as de maior relevância na redução do consumo e do faturamento de energia:

- **Redução do intervalo do almoço**, fazendo a instituição passar a funcionar no horário das 8h às 12h e das 13h às 17h, uma vez que, por meio da memória de massa do mês de setembro de 2015, identifica-se que o consumo de energia elétrica no intervalo do almoço não apresentava a queda esperada, conforme indicado pelo círculo nº 2 presente na figura 5.4. Isso se dava em razão de grande parte dos trabalhadores almoçarem na SUDAM (ou nas proximidades) retornando logo em seguida para os seus locais de trabalho, somado ainda ao baixo nível de sensibilização dos usuários quanto à necessidade de fechar as persianas, desligar os equipamentos de refrigeração e colocar os computadores em modo de baixo consumo de energia ao deixar o ambiente de trabalho. Ainda na figura 5.4, por meio do círculo nº 3, é possível identificar a existência

de um consumo de energia significativo após às 18h30min, provocado pela presença de alguns servidores em atividade no Órgão, entretanto, a partir desse horário até às 21h30min, nos dias úteis, esse é o intervalo conhecido como horário de ponta, onde o custo da energia chega a ser quase 680% maior em relação a tarifa no horário complementar, o que também motivou a implementação da ação;



- **Utilização do Gerador de 500 kVA durante parte do horário de ponta,** dada a vantagem financeira devido ao elevado custo da energia no referido intervalo, uma vez que se consegue, mesmo com a necessidade de aquisição de óleo diesel, conforme indicado na tabela 5.2 a seguir.

Tabela 5.2 – Economia Financeira Estimada com o Uso do Gerador no Horário de Ponta.

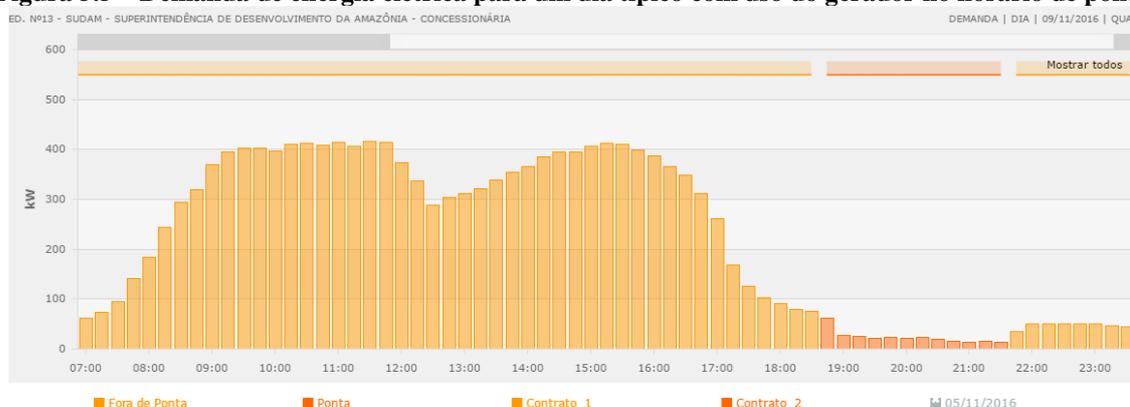
Custo na Ponta (R\$) - Últimos 5 Meses	18.351,41
Custo com Óleo Diesel (R\$)	23.177,13
Custo Total (R\$)	41.528,54
Estimativa do Consumo Mensal de Energia sem Utilização do Gerador na Ponta (kWh)	3.146,60
Custo da Energia Elétrica na Ponta (R\$/kWh)	3,11
Estimativa dos Custos com Energia Elétrica sem Utilização do Gerador na Ponta(R\$) – 5 Meses	48.929,63
Estimativa de Economia em 5 meses (R\$)	7.401,90

Fonte: Autor

Ainda é importante inferir que o cálculo da **Estimativa Economia** foi feito com um certo grau de **conservadorismo**, pois o custo com óleo diesel indicado na tabela 5.2 não excluiu o consumo observado quando da ocorrência de falhas de energia e testes de rotina no gerador, bem como também não se levou em consideração a economia financeira decorrente da incidência das bandeiras tarifárias na fatura de energia elétrica.

A figura 5.5 apresenta o comportamento do consumo com a utilização do gerador. Para esta ação vale ressaltar que a mesma teve início em junho de 2016, contudo somente no final de novembro de 2016, passou-se a utilizar o gerador durante todo o intervalo do horário de ponta.

Figura 5.5 – Demanda de energia elétrica para um dia típico com uso do gerador no horário de ponta.



Fonte: Adaptado de *Follow Energy* (2017)

- **Ações de sensibilização do público interno**, voltadas para o uso racional da energia elétrica dentro e fora da Instituição, foram também executadas com intuito de:
 - ✓ Reduzir o consumo de energia durante o expediente, evitando e/ou minimizando o risco de ultrapassar a demanda de energia contratada com a concessionária local, a despeito do que ocorreu no dia 08/09/2015, por volta das 15h, quando a demanda chegou 600 kW, ocasionando em multa e acréscimo de demanda para aquele ciclo de faturamento, conforme evidenciado pelo círculo nº 1 destacado na figura 5.4; e,
 - ✓ Reduzir a demanda energia elétrica fora do expediente para próximo de 30 kW, conscientizando o público interno sobre a necessidade de desligar os equipamentos (computadores, lâmpadas, aparelhos de ar

condicionado, bebedouros, etc.), uma vez que o círculo nº 4 presente na figura 5.4 chama atenção para a demanda fixa de aproximadamente 55 kW durante todo o período complementar ao horário de expediente.

Como resultados das AEE, pode-se elencar:

- Foi possível identificar 7% de redução de consumo na comparação com 2015.
- Alcançou-se um patamar de consumo bem próximo do que foi dispendido em 2013.
- A redução obtida, na comparação com 2015, levando em consideração a média diária de consumo em 2016, que corresponde a 3.291 kWh, resultaria no suprimento de aproximadamente 28 dias de funcionamento da SUDAM.
- Em termos financeiros, 2016 teve um faturamento total 8,81% menor que em 2015, uma economia de R\$ 74.715,78.
- O reconhecimento ao servidor responsável pela indicação e acompanhamento das Ações de Eficiência Energética por meio de um Prêmio de Reconhecimento de Iniciativas Inovadoras, concedido pelo Superintendente do Órgão, conforme anexo

Além da economia observada acima com as AEEs administrativas e de custo zero, buscou-se, com o intuito de reduzir ainda mais o consumo e o faturamento com energia elétrica, estudar a viabilidade de outras medidas de EE, as quais apontaram para a necessidade de substituição de equipamentos por outros de menor consumo e tecnologias mais eficientes.

Nesse contexto e também considerando que, em edifícios públicos, os sistemas de ar condicionado correspondem a 48% do consumo energético, iluminação 23%, equipamentos de escritório 15%, cargas, bombas e elevadores 14% (ELETROBRAS, 2016b), optou-se então, nesse primeiro momento, por analisar o impacto da implementação de iluminação a LED no Complexo Predial da SUDAM, motivados, principalmente, pela simplicidade, no que diz respeito ao nível de intervenção técnica necessário para realizar a substituição das lâmpadas menos eficientes por lâmpadas de LED, além do que a troca pode ocorrer de forma gradual, o que é bastante interessante para o Órgão, face aos contingenciamentos no orçamento para investimentos.

5.3.1 O Diagnóstico do Sistema de Iluminação Artificial do Complexo

O parque de iluminação artificial do Complexo da Autarquia tem como características marcantes o quantitativo e a variedade de lâmpadas e luminárias.

Objetivando conhecer a quantidade e o tipo de luminárias e lâmpadas instaladas no complexo da SUDAM, foi realizado um levantamento minucioso e inseridos os dados obtidos nas tabelas 5.2 e 5.3 e ainda no gráfico da figura 5.6 a seguir. Ressalta-se aqui, que a tabela 5.3 apresenta os tipos de luminárias encontradas e associa a elas um código para facilitar o entendimento da tabela 5.4.

Tabela 5.3 – Tipos de Luminárias Encontradas nos Complexo Predial da SUDAM

Código	Tipo de Luminária
1	Sobrepor Tipo Calha - 1x20W (Fluorescente Tubular)
2	Sobrepor Tipo Calha - 1x40W (Fluorescente Tubular)
3	Sobrepor Tipo Calha - 2x20W (Fluorescente Tubular)
4	Sobrepor Tipo Calha - 4x20W (Fluorescente Tubular)
5	Sobrepor Tipo Calha - 2x40W (Fluorescente Tubular)
6	Sobrepor Tipo Calha - 4x40W (Fluorescente Tubular)
7	Sobrepor com Refletor em Alumínio Anodizado 2x16W (Fluorescente Tubular)
8	Sobrepor com Refletor em Alumínio Anodizado 4x16W (Fluorescente Tubular)
9	Sobrepor com Refletor em Alumínio Anodizado 2x32W (Fluorescente Tubular)
10	Embutir Halógena Dicroica 1x50W
11	Base E27 – 1x20W (Lâmpadas Fluorescente Compacta)
12	Base E27 – 1x135W (Lâmpadas Fluorescente Compacta)
13	Base E27 – 1x60W (Incandescente)
14	Embutir PL 4 Pinos – 2x26W (Lâmpada Fluorescente com Reator não Integrado)
15	Refletor com Lâmpada Mista – 1x250W
16	Externa com Lâmpada Mista – 1x160W
17	Embutir PL 4 Pinos – 2x42W (Lâmpada Fluorescente com Reator não Integrado)
18	Embutir com Lâmpada de Vapor Metálico MHL – 1x70W

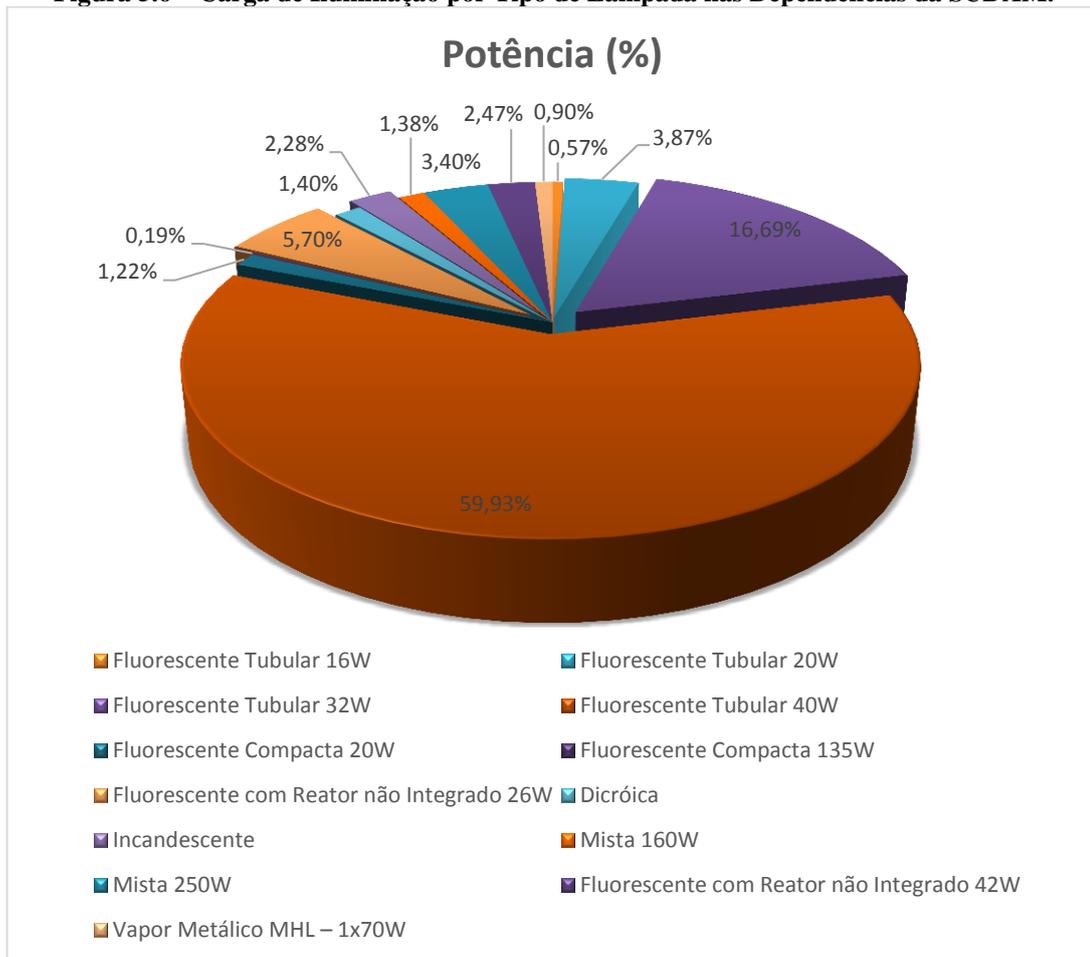
Fonte: Autor

Tabela 5.4 – Dados Obtidos com o Levantamento das Luminárias

Local de Instalação	Código do Tipo de Luminária Conforme a Tabela 5.3																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Bloco A – Tér.	4		3		55						2							
Bloco A – 1ªA	SEM OCUPAÇÃO																	
Bloco A – 2ªA		1	4		48													
Bloco A – 3ªA	SEM OCUPAÇÃO																	
Bloco B – Tér.									59		4							
Bloco B – 1ªA									53		12							
Bloco B – 2ªA									51		13							
Bloco B – 3ªA									52		12							
Bloco C – Tér.	1	14	4		78						10		6	11				
Bloco C – 1ªA					9		7	4	92		24			102				
Bloco C – 2ªA	11	26			73								4					
Bloco C – 3ªA	11	29			79								5					
Bloco C – 4ªA	1	2	1		87						2		10					
Bloco C – 5ªA	1	2	5		114								11					
Bloco C – 6ªA		15	4		110								4					
Bloco C – 7ªA	2		6		69								10					
Bloco D Gráfica			2		13	12												
Bloco D Refeitório	2		1		31													
Bloco E	8	5	8		117	8					2							
Bloco F	SEM OCUPAÇÃO																	
Bloco G					6													
Bloco H	7		7										3		2			
Bloco I							10		57									
Bloco J Esp. Cultural				23														
Bloco J Auditório										39				40			41	18
Área Externa, Guaritas e Recepção			10		7							2			17	12		
Total de Luminárias	48	94	55	23	896	20	17	4	364	39	81	2	53	153	19	12	41	18
Total de Lâmpadas	48	94	110	92	1792	80	34	16	728	39	81	2	53	306	19	12	82	18

Fonte: Autor

Figura 5.6 – Carga de Iluminação por Tipo de Lâmpada nas Dependências da SUDAM.



Fonte: Autor

Com o levantamento foi possível determinar que a carga de iluminação total instalada é de aproximadamente 139,6 kW, considerando as perdas existentes nos reatores eletromagnéticos e nos reatores eletrônicos de baixo fator de potência e elevada taxa de distorção harmônica, conforme abaixo:

- *Lâmpada Fluorescente de 20 W + reator = 21,62 W;*
- *Lâmpada Fluorescente de 40 W + reator = 42,56 W; e,*
- Para as lâmpadas fluorescentes compactas foi sugerido um acréscimo de 1 W à potência nominal; e para os demais tipos de lâmpadas as perdas foram desprezadas.

Na pesquisa também foi possível identificar os seguintes pontos de fragilidade descritos a seguir:

- 65,6% das luminárias são ineficientes em razão da inexistência de refletores em seu design construtivo, fazendo com que o fecho luminoso difunda-se, não convergindo para o plano de trabalho, conforme a figura 5.7;

Figura 5.7 – Luminárias Ineficientes



Fonte: (a) Adaptado de CEPEL (2015) e (b) Autor

- Medições realizadas em várias salas, com o uso de um luxímetro, indicaram iluminância menor do que a mínima admitida pela NBR 5413-1992 para ambientes de escritório que é de 500 lux (NISKIER, 2013).
- Ainda há um emprego elevado de reatores eletromagnéticos convencionais, dispositivos em que ocorrem grandes perdas de potência por efeito joule (podendo atingir temperaturas da ordem de 100°C), histereses e *foucault*, em razão da elevada resistência do fio relativamente fino do enrolamento e também da qualidade do material ferromagnético empregada no núcleo, além de apresentarem também baixo fator de potência;
- Algumas lâmpadas fluorescentes compactas e alguns reatores eletrônicos de lâmpadas fluorescentes tubulares apresentam baixo fator de potência e alta taxa de distorção harmônica (THD) na forma de onda da corrente.
- Com exceção de algumas luminárias externas que dispõem de relé fotoelétrico, o prédio não dispõe ainda de sensores de presença para acionamento automático das lâmpadas em corredores e banheiros, por exemplo;
- Existência de um quantitativo de 53 lâmpadas incandescentes, instaladas principalmente nas cabines sanitárias dos banheiros;
- Apesar de boa parte da área construída do Complexo Predial da SUDAM possuir uma envoltória com a presença de grandes janelas com esquadrias, conforme pode ser observado nas imagens presentes nas figuras 5.8 e 5.9, boa parte das persianas, em razão do grande tempo de uso estão danificadas, impedindo a utilização da iluminação natural, o que poderia promover uma boa redução no consumo de energia;

Figura 5.8 – Envoltória de Alguns Blocos da SUDAM



Fonte: Autor

Figura 5.9 – Pavimentos com Divisórias e Forros com Baixa Refletância



Fonte: Autor

- Nos projetos elétricos dos blocos, não houve a preocupação em separar o acionamento das luminárias que ficam mais próximas das janelas das demais luminárias,

diminuindo, sobremaneira, a contribuição da iluminação natural. A figura 5.9 auxilia na percepção do exposto;

- Existe um contingente muito elevado de divisórias de madeira, com a tonalidade muito escura, além de forro, tipo paraline, também com cores de baixa refletância, reduzindo desta forma o rendimento do sistema de iluminação, conforme evidenciado na figura 5.10.

Figura 5.10 – Pavimentos com Divisórias e Forros com Baixa Refletância



Fonte: Autor

- As luminárias provenientes das reformas mais recentes são eficientes, em razão de incorporar refletores metálicos em seu *design* construtivo, entretanto as inspeções realizadas mostraram que não um cronograma de limpeza, devido à existência de muita poeira nas superfícies refletoras e nas próprias lâmpadas, fazendo com que, o conjunto, perca consideravelmente sua eficiência.
- A densidade de servidores é notavelmente baixa frente à área construída. Isso faz com que não exista um aproveitamento adequado do espaço, o que acaba gerando a necessidade de iluminar uma área maior, culminando em maiores gastos com energia, manutenção, etc.
- O descarte das lâmpadas fluorescente também é um grande problema, pois devido a presença de metais pesados, principalmente do mercúrio na composição da lâmpada, o descarte não pode ser efetuado de qualquer modo, o que provoca acumulação das lâmpadas defeituosas, enquanto não se estabelece uma alternativa ambientalmente correta de descarte.

5.4 Aplicação do M&V na SUDAM

5.4.1 Estimativa *ex ante* com o uso do RETScreen

Com base no diagnóstico energético apresentado, onde foi definido que a AEE seria a modernização do sistema de iluminação artificial, procurou-se, por meio do RETScreen, apresentar uma análise de viabilidade técnico-econômica da solução proposta.

Dessa forma, frente ao cenário suscitado no diagnóstico, buscou-se no mercado lâmpadas de LED que viessem a substituir, satisfatoriamente, as lâmpadas atualmente instaladas. A tabela 5.5 apresenta algumas lâmpadas LED e indica qual lâmpada do sistema de iluminação atual pode ser substituída.

Tabela 5.5 – Apresentação de Algumas Lâmpadas LED e Indicação de Substituição

		Lâmpada LED comum: ✓ Substitui lâmpada incandescente, fluorescente compacta e também lâmpadas fluorescentes com reator não integrado de 26W.
		Lâmpada LED spot: ✓ Substitui lâmpada halógena dicroica.
		Lâmpada LED tubular: ✓ Substitui lâmpadas fluorescentes tubulares T12, T10, T8 e também lâmpadas fluorescentes com reator não integrado de 42W.
		Refletores de LED: ✓ Substitui lâmpadas incandescente, luz mista, fluorescente tubular e vapor metálico na iluminação de áreas externas.

Fonte: Adaptado de CEPEL (2014)

As escolhas das novas lâmpadas foram propostas de tal forma que não houvesse comprometimento do fluxo luminoso esperado para cada ambiente. Assim, a proposta de substituição das lâmpadas foi pensada conforme apresentado na tabela 5.6.

Tabela 5.6 – Proposta de Substituição das Lâmpadas Instaladas por Lâmpadas LED

CASO DE REFERÊNCIA	CASO PROPOSTO
Lâmpada Incandescente 60W	LED Bulbo 6W
Lâmpada Fluorescente Compactas 20W	LED Bulbo 10W
Lâmpada Fluorescente Compactas 26W	LED Bulbo 12W
Lâmpada Fluorescente compactas 42W	LED Tubular 25W
Lâmpada Fluorescente Tubular 16 e 20W	LED Tubular 9W
Lâmpada Fluorescente Tubular 32W e 40W	LED Tubular 18W
Lâmpada Halógena Dicroica 1x50W	LED Dicroica 5W
Lâmpada Fluorescente Compacta 135W	Refletor de LED 30W
Lâmpada Mista 160W	
Lâmpada Mista 250W	Refletor de LED 50W
Lâmpadas Vapor Metálico MHL 70W	

Fonte: Autor

O custo envolvido na implementação da solução em tela também precisou ser estimado. Para tanto, uma vez definidas os tipos de lâmpadas LED, buscou-se valores de mercado para os referidos dispositivos, assim como também o custo da mão de obra para execução do serviço, ambos com base no Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil – SINAPI de dezembro de 2016, na Planilha de Orçamentos e Custos, mantida pela Secretaria de Estado de Desenvolvimento Urbano e Obras Públicas do Pará – SEDOP/PA e pesquisas de preço na Internet. O Apêndice A e a tabela 5.7 trazem, respectivamente, os valores obtidos na composição unitária considerando a retirada das luminárias de baixa e eficiência, fornecimento e instalação de novas luminárias, fornecimento e instalação de cada tipo de lâmpada LED e a estimativa do valor a ser investido para troca completa do sistema de iluminação para LED.

Tabela 5.7 – Estimativa de Custos Baseado na Composição Unitária de Cada Serviço.

ITEM	DESCRIÇÃO	UNID.	QUANT.	VALOR UNIT. (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)
1	Elétrica				
1.1	Retirada de luminárias	UN	1267,00	13,21	16.737,07
1.2	Substituição de Soquete G24D-3 ou G24Q-3 por Soquete E27	UN	306,00	16,00	4.896,00
1.3	Fornecimento e instalação lâmpada LED 12W bivolt branca (base e27)	UN	306,00	48,17	14.738,80
1.4	Fornecimento e instalação lâmpada LED 10W bivolt branca (base e27)	UN	81,00	36,42	2.949,70
1.5	Fornecimento e instalação lâmpada LED 6W bivolt branca (base e27)	UN	53,00	27,42	1.453,05
1.6	Fornecimento e instalação de lâmpada LED Dicroica 5W (base GU 10)	UN	39,00	37,86	1.476,54
1.7	Fornecimento e instalação de luminária 1x16W com aleta branca e refletor de alumínio	UN	48,00	179,14	8.598,72
1.8	Fornecimento e instalação de luminária 1x32W com aleta branca e refletor de alumínio	UN	94,00	291,04	27.357,76
1.9	Fornecimento e instalação de luminária 2x16W com aleta branca e refletor de alumínio	UN	55,00	197,59	10.867,45
1.10	Fornecimento e instalação de luminária 2x32W com aleta branca e refletor de alumínio	UN	937,00	273,29	256.072,73
1.11	Fornecimento e instalação de luminária 4x16W com aleta branca e refletor de alumínio	UN	23,00	254,51	5.853,73
1.12	Fornecimento e instalação de luminária 4x32W com aleta branca e refletor de alumínio	UN	20,00	479,89	9.597,80
1.13	Fornecimento e instalação de lâmpada LED Tubular 25W	UN	82,00	115,33	9.457,02
1.14	Fornecimento e instalação de lâmpada LED Tubular 18W	UN	2694,00	61,85	166.622,55
1.15	Fornecimento e instalação de lâmpada LED Tubular 9W	UN	300,00	41,07	12.320,85
1.16	Fornecimento e instalação de Refletor de LED 30W	UN	14,00	174,79	2.447,06
1.17	Fornecimento e instalação de Refletor de LED 50W	UN	37,00	268,52	9.935,24
TOTAL					561.382,06

Fonte: Autor

Com a obtenção da estimativa de investimento, da carga instalada e da carga prevista, é possível, através do Software RETScreen (figura 5.11), checar a viabilidade técnica e econômica do caso proposto para a SUDAM.

Figura 5.11 – Tela Inicial do Software RETScreen.

The screenshot displays the 'Informação sobre o projeto' (Project Information) screen of the RETScreen International software. The interface includes a header with the Canadian flag and 'Natural Resources Canada' logo, and the software title 'RETScreen® International' with the website 'www.retscreen.net'. Below the header, there is a navigation bar with tabs for 'Iniciar', 'Modelo Energético', 'Análise de Custos', 'Análise de Emissões', 'Análise Financeira', 'Análise de Risco', and 'Ferramentas'. The main content area is a form with the following fields:

Informação sobre o projeto		Veja banco de Dados do projeto
Nome do Projeto	Iluminação Artificial com Lâmpadas de LED	
Localização do Projeto	Belém-PA	
Preparado para	SUDAM	
Preparado por	André Melo de Moraes	
Tipo de projeto	Ações de Eficiência energética	
Tipo de instalação	Institucional	
Tipo de análise	Método 2	
Poder calorífico de referência	Poder calorífico superior (PCS)	
Ver parâmetros	<input checked="" type="checkbox"/>	
Idioma	Portuguese - Português	
Manual do usuário	English - Anglais	
Moeda	Definido pelo usuário	
Símbolo	R\$	
Unidades	Unidades métricas	

Fonte: Autor

Assim, foram inseridos os dados apresentados a seguir na ferramenta. A figura 5.12 e as tabelas 5.9 e 5.10 indicam a inserção de algumas das informações elencadas:

- I. O custo total da energia ativa consumida, em R\$/kWh, que é de 0,416 centavos de real, conforme Resolução Homologatória nº 2.117, de 02 de agosto de 2016 (ANEEL, 2016);
- II. A tabela 5.8 apresenta os cinco sistemas inseridos no RETScreen e os dados atribuídos a cada sistema. É importante acrescentar que: para o sistema escritório, levaram-se em consideração as áreas de escritório e áreas comuns (salas, salas de reunião, almoxarifado, arquivo, biblioteca, copas, banheiros e corredores) em plena utilização; os dados de área podem ser verificados no Apêndice B; as informações referentes à carga total no caso de referência foram inseridas com base na figura 5.6 e para o caso proposto, foram levadas em consideração as tabelas 5.6 e 5.7; os valores para o custo inicial também utilizou as informações presentes na tabela 5.7; e, para estimar a economia anual de Operação e Manutenção (O&M) foi feito um levantamento dos

custos de manutenção corretiva na infraestrutura de iluminação artificial dos últimos dois anos com a devida atualização monetária.

Tabela 5.8 – Sistemas Inseridos no RETScreen e os Dados Atribuídos a Cada Sistema

	Escritório	Estacionamento	Eventos - Áuditório e Sala Vip do CONDEL	Eventos - Espaço Cultural	Refeitório
Área Total com Base no Apêndice B (m²)	11.533	4.026	628	388	357
Carga Total de Iluminação Caso de Referência (W)	113.856	6.942	14.610	1.989	2.480
Carga Total de Iluminação Caso Proposto (W)	50.376	1.370	6.817	828	1.116
W/m² - Caso de Referência	9,85	1,72	23,26	5,12	6,94
W/m² - Caso Proposto	4,37	0,34	10,85	2,13	3,12
Tempo de Operação (h/ano)	2540	4392	1000	1524	762
Custo Inicial com Base na Tab. 5.6 (R\$)	481.932,39	7.984,87	47.901,19	10.847,44	12.716,17
Economia Anual Estimada com O&M	8.000,00	300,00	900,00	200,00	300,00

Fonte: Autor

- III. A economia estimada com O&M (operação e manutenção) de R\$ 300,00 no custo da manutenção corretiva anual do sistema de iluminação na área do refeitório, com base nos últimos 2 anos;
- IV. Os parâmetros financeiros, sendo eles: a taxa de inflação de 6,8% com base na média do Índice de Preços ao Consumidor (IPCA) nos últimos 15 anos; o reajuste do custo

do combustível adotado foi de 10,7%, tendo como referência os reajustes aprovados pela ANEEL para a área de concessão da CELPA nos últimos dois anos; a taxa de desconto de 8%, assumida conforme percentual comum de chamadas públicas em 2016, como foi o caso da COSERN (2015) e da CPFL (2017); e, a vida do projeto foi estimada em 11 anos, com fulcro no tempo de vida das lâmpadas LED;

- V. Foi considerado, por último, a redução de 71 kW na demanda contratada, tomando por base a diferença entre a demanda do sistema atual, 138,6 kW, e a demanda do caso proposto, 60,5 kW, admitindo-se um erro de 10% para menos, a fim de conferir um resultado final mais conservador possível. Além disso, levou-se em consideração: o preço R\$/kW 27,90, a vida do projeto de 11 anos e admitiu-se a mesma taxa de reajuste do combustível citada anteriormente.

Figura 5.12 – Inserção dos dados técnicos no Software RETScreen.

		Caso de referência	Caso proposto	
Área do piso	m ²	11.533		
Carga de Iluminação por unidade de área	W/m ²	9,85	4,37	
Horas de operação	h/ano	2.540	2.540	
Custo inicial incremental	R\$		481.932,39	
Economia de O&M incremental	R\$		8.000	
Número de unidades		1	1	
Demanda de eletricidade	MWh	289	128	55,6%

Impacto climatização ambiental
 Sim Não

Impacto aquecimento ambiental
 Sim Não

Fonte: Autor

Tabela 5.9 – Inserção dos dados financeiros no Software RETScreen.

Parâmetros financeiros		
Geral		
Reajuste do custo do combustível	%	10,7%
Taxa de inflação	%	6,8%
Taxa de desconto	%	8,0%
Vida do projeto	Ano	11

Fonte: Autor

Tabela 5.10 – Inserção dos dados financeiros no *Software RETScreen*.

Outras receitas (custo)		
Capacidade	kW	71
Preço	R\$/kW	27,907
Outras receitas (custo)	R\$	1.981
Duração	Ano	11
Taxa de crescimento	%	10,7%

Fonte: Autor

Os resultados provenientes da simulação são apresentados nas tabelas de 5.10 a 5.12 a seguir e na figura 5.13, todas extraídas do RETScreen. A tabela 5.11 indica que o consumo de energia elétrica apresentaria uma economia anual estimada em 196MWh com a substituição das lâmpadas atuais para as de LED, o que representa uma redução de 57,8%. A tabela 5.12 apresenta os seguintes critérios de rentabilidade: o *payback* simples ou retorno simples que seria observado em, aproximadamente, 6 anos após instalação das lâmpadas LED; o Valor Presente Líquido (VPL) esperado para o final da vida do projeto, admitindo-se a taxa de desconto de R\$ 604.388,00, juntamente com o tempo de retorno do capital próprio de 4 anos e 5 meses, assumindo-se as variações de mercado como, por exemplo, taxa de inflação e reajustes previstos para o preço da energia; e, a taxa interna de retorno (TIR) de 23,2%, representando o valor máximo da taxa de desconto o qual exibiria um VPL nulo.

O gráfico da figura 5.13 apresenta o fluxo de caixa cumulativo ao longo do tempo de vida do projeto ao final da vida útil do projeto onde, para o décimo ano após a implementação, prevê-se que o Órgão teria um fluxo de caixa de R\$ 1.375.226,00, o que lhe daria disponibilidade de orçamento para ser aplicada em uma outra demanda.

Por último, contudo não menos importante, em razão da conjuntura atual que expressa um enorme apelo para a questão ambiental, o RETScreen[®] também apresenta como saída uma análise da redução de emissões dos Gases do Efeito Estufa (GEE), obtida com a implementação da solução proposta. A tabela 5.13 mostra que a redução anual líquida de emissões de GEE é de 17 tCO₂, o equivalente a quase 3,1 carros ou camionetes fora das ruas.

Tabela 5.11 – Comparação Caso de Referência x Caso Proposto e Resultados Energéticos Obtidos.

Tipo de Combustível	Combustível		Caso de referência	
	Consumo de combustível - unitário	Preço do combustível	Consumo de combustível	Custo do combustível
Eletricidade	MWh	415,906	338,5	140.776
Verificação do projeto	Combustível		Caso proposto	
Tipo de Combustível	Consumo de combustível - unitário	Preço do combustível	Consumo de combustível	Custo do combustível
Eletricidade	MWh	415,906	142,9	59.453
Verificação do projeto	Combustível		Economia - custo de combustível	
Tipo de Combustível	Consumo de combustível - unitário	Preço do combustível	Economia de combustível	Economia - custo de combustível
Eletricidade	MWh	415,906	195,5	81.323
	Aquecimento	Refrigeração	Eletricidade	Total
Consumo de combustível	MWh	MWh	MWh	MWh
Consumo de combustível - caso de referência			338	338
Consumo de combustível - caso proposto			143	143
Economia de combustível			196	196
Economia de combustível - %			57,8%	57,8%

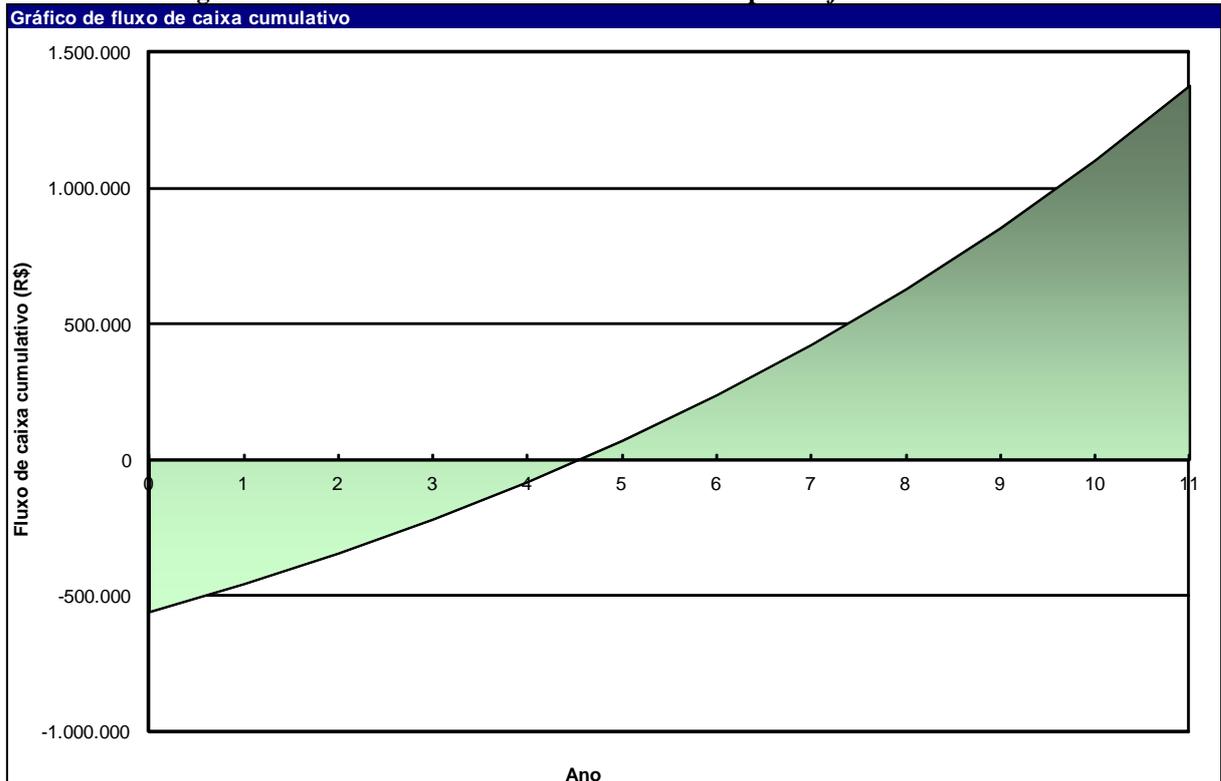
Fonte: Autor

Tabela 5.12 – Resultados Obtidos quanto a Viabilidade Financeira do AEE.

Viabil. Financeira		
TIR antes impostos-capital próprio	%	23,2%
TIR antes impostos - ativos	%	23,2%
TIR após impostos - capital	%	23,2%
TIR após impostos - ativos	%	23,2%
Retorno simples	ano	6,0
Retorno do capital próprio	ano	4,5
Valor Presente Líquido (VPL)	R\$	604.388
Economia anual no ciclo de vida	R\$/an	84.660
Razão custo benefício (C-B)		2,08
Custo de Redução de GEE	R\$/tCO2	(4.990)
Redução líquida de GEE - 11 anos	tCO2	187

Fonte: Autor

Figura 5.13 – Fluxo de Caixa Cumulativo Exibido pelo Software RETScreen.



Fonte: Autor

Tabela 5.13 – Análise de Emissões de GEE

Sumário da redução de emissões dos GEE						
Projeto de ações de eficiência energética	Emissões GEE		Redução anual bruta de emissões de GEE tCO2	Custo de transação dos créditos de GEE %	Redução anual líquida de emissões de GEE tCO2	
	Caso de referência tCO2	Emissões de GEE Caso Proposto tCO2				
	29,4	12,4	17,0		17,0	
Redução anual líquida de emissões de GEE	17,0	tCO2	é equivalente a	3,1		Carros e camionetes não utilizados

Fonte: Autor

Com relação aos resultados citados anteriormente, vale inferir que os custos evidenciados são conservadores, pois não se levou em consideração os seguintes aspectos:

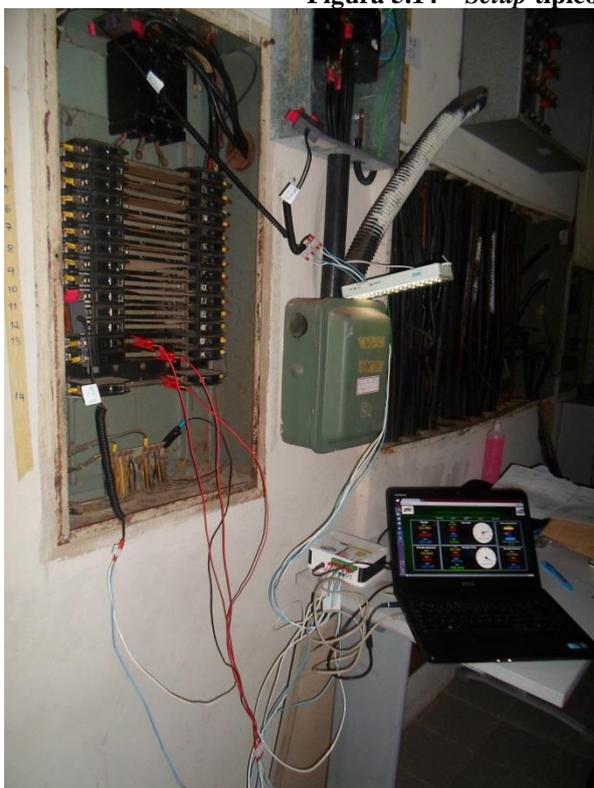
- ✓ Incidência do consumo no horário de ponta;
- ✓ Incidência das bandeiras tarifárias;
- ✓ Custos evitados com descarte das lâmpadas fluorescentes;
- ✓ Possibilidade real de desconto no capital previsto para a implementação da AEE, uma vez que a planilha orçamentária foi elaborada com base nos valores de referência para a administração pública, etapa necessária para inicializar um certame licitatório, e, por se tratar de uma contratação por Pregão Eletrônico, irá, certamente, perceber-se um valor menor do que o previsto, motivado pela concorrência entre as empresas participantes da licitação.

5.4.2 Estratégia de M&V, Medições do Período de Linha de Base e o Plano de M&V

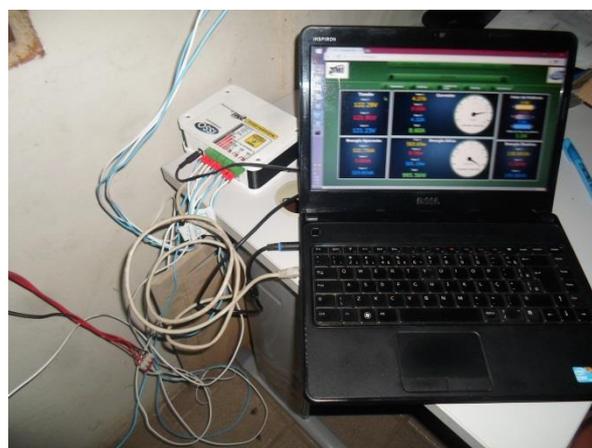
Conforme foi proposto neste trabalho, a “estratégia de M&V” é um “Plano de M&V” sem as medições da linha de base (ANEEL, 2013). O Apêndice C desta dissertação apresenta o Plano de M&V desenvolvido para a implementação do sistema de iluminação artificial totalmente a LED.

As medições do período de linha de base foram realizadas no período de 01/12/2016 a 10/02/2017, com o uso de um multimedidor de energia elétrica. Tais medições foram todas realizadas a partir dos diversos quadros de luz e força existentes no complexo. A figura 5.14 apresenta o *setup* típico para a aquisição dos dados. O equipamento é acessado por meio de uma interface física *fastethernet*, onde através de um *browser* qualquer e do endereço IP (Protocolo de Internet), é possível abrir a interface de aplicação do dispositivo de medição utilizado. A figura 5.15 mostra um *printscreen* da interface lógica do programa.

Figura 5.14 – *Setup* típico para a aquisição dos dados.



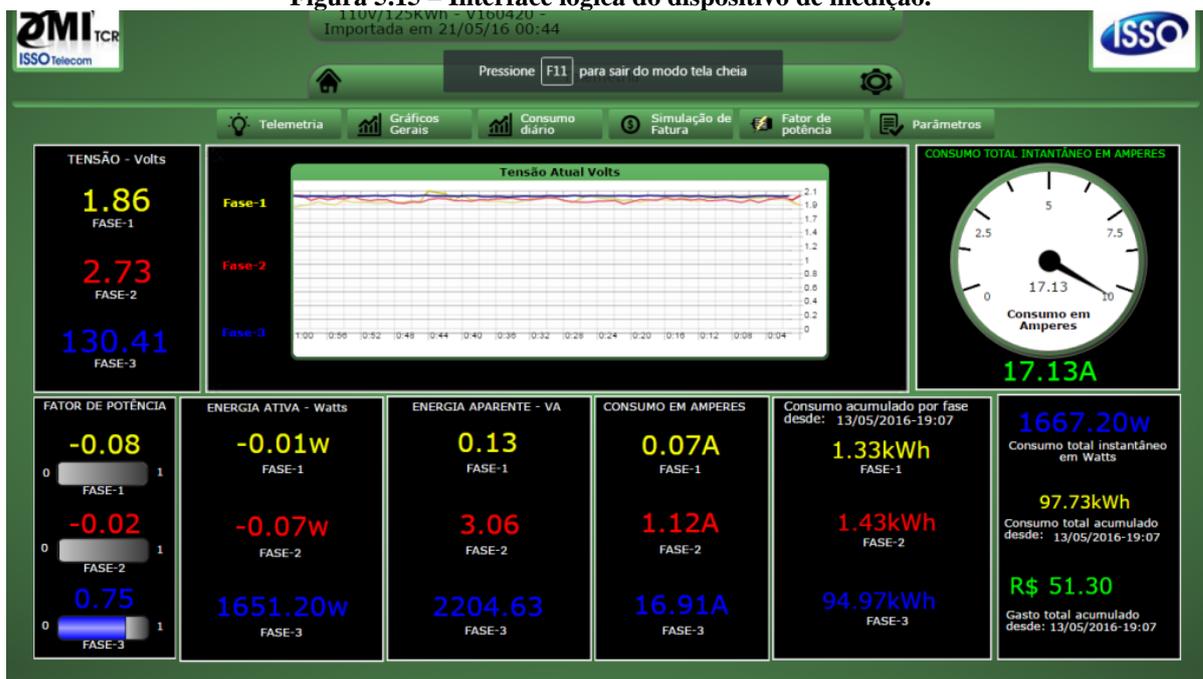
(a)



(b)

Fonte: Autor

Figura 5.15 – Interface lógica do dispositivo de medição.



Fonte: Autor

As medições no período de linha base aproximaram-se das estimas de consumo realizada para cada tipo de lâmpada, conforme o esperado. Por meio das medições foi possível constatar as perdas existentes nos reatores, conforme também pode ser observado na figura 5.15, onde o consumo de 1651W é resultante da ligação simultânea de 15 luminárias compostas de 2 lâmpadas fluorescentes tubulares cada, sugerindo que cada lâmpada estaria consumindo, em média, 55 W. Ainda com relação à figura citada, pode-se também constatar o baixo fator de potência desse conjunto de luminárias, em torno de 0,75 indutivo.

5.4.3 Medições do Período de Determinação da Economia no gabinete da Superintendência, Estimativa *ex post* e o Relatório de M&V

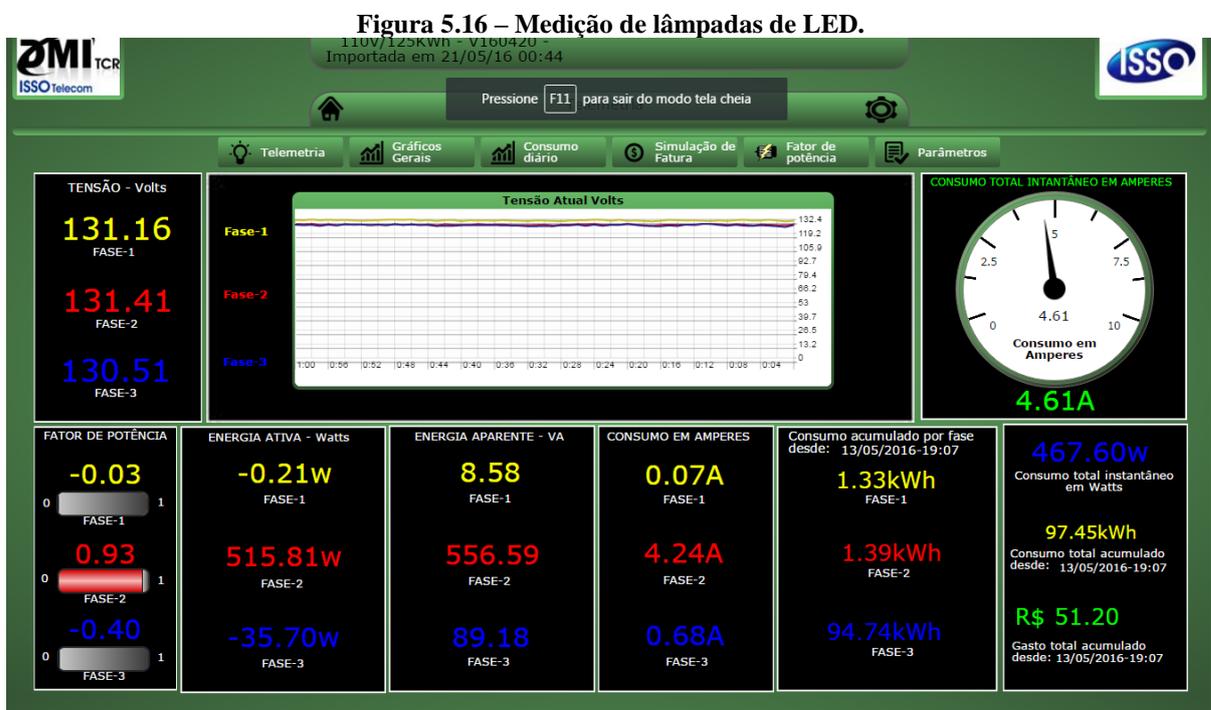
A determinação da economia foi realizada com base nos resultados da medição das lâmpadas de LED instaladas em parte da área do gabinete da Superintendência, compreendendo 3 ambientes do referido espaço: a sala do Superintendente, a sala de reunião da Superintendência e a sala da secretaria do gabinete. Foram substituídas 17 luminárias de baixa eficiência por outras de elevada eficiência, 32 lâmpadas fluorescentes tubulares de 40 W e seus respectivos reatores por outras 32 lâmpadas de LED de 18 W, com drive integrado, 2 lâmpadas de 20 W foram trocadas por 2 lâmpadas de LED de 9 W, também com

drive integrado e, por fim, 2 lâmpadas incandescente de 60 W por outras 2 lâmpadas de LED bulbo de 6 W, com drive integrado.

Considerando que as lâmpadas substituídas são utilizadas em 11 dos 19 sistemas do Plano de M&V e também assumindo os requisitos mínimos de eficiência energética para lâmpadas de LED dispostos no Regulamento Técnico de Qualidade (RTQ) para lâmpadas LED com dispositivos integrados à base, aprovado pela Portaria nº 389/2014, consegue-se uma boa aproximação na projeção de valores medidos para os outros 8 sistemas, considerando a substituição futura de todos os sistemas de iluminação artificial, dado que, segundo a regulamentação do INMETRO, a variação da potência nominal das lâmpadas LED é de, no máximo 10% (INMETRO, 2014).

De acordo com a figura 5.16, onde são apresentados os dados da medição simultânea de 30 lâmpadas de LED, nota-se que estas são bem mais econômicas, chegando a consumir menos que a potência nominal informada pelo fabricante, além de apresentar, no conjunto, um elevado fator de potência, que neste caso está em torno de 0,93 indutivo.

A Estimativa *ex post* e o Relatório de M&V são apresentados no Apêndice D, respectivamente, sendo um resumo dos principais resultados apresentado mais adiante, no item que trará da Análise dos Dados Obtidos.



Fonte: Autor

5.4.4 Análise dos Dados Obtidos

Inicialmente esta análise apresenta na figura 5.17 a seguir, o antes e o depois da instalação das luminárias com aletas brancas e refletor anodizado, juntamente com as lâmpadas de LED. Na citada imagem é possível observar que as antigas luminárias, por não possuírem refletores incorporados a sua estrutura, parte da incidência direta era perdida no teto, o que não ocorre no cenário com as novas luminárias, onde o fluxo luminoso é direcionado, prevalecendo a iluminação das áreas de execução de tarefas e a luminosidade observada no teto é fruto unicamente das reflexões do piso, paredes, móveis, etc.

Dessa forma, pode-se afirmar que o conjunto luminária e lâmpadas do novo sistema, além de consumir menos energia elétrica, propicia um melhor conforto visual. Além disso, medições com luxímetro, registraram iluminâncias nas estações de trabalho superiores 600 lux.

Figura 5.17 – Medição de lâmpadas de LED.



Fonte: Autor

A amostragem do período da determinação contou com um número reduzido de amostras para alguns sistemas, como é o caso dos sistemas que utilizam lâmpadas de 9 W, e até mesmo ausência de amostras realmente medidas como no caso dos sistemas que não utilizam lâmpadas de LED tubulares e nem lâmpada LED de bulbo 6 W, por motivação já

mencionada aqui. Contudo, visando utilizar-se de metodologia para geração de amostras virtuais por meio da fórmula ALEATÓRIO do Excel, assumindo um quantitativo de amostras qualquer tendo como limite inferior a potência nominal da lâmpada de LED e como limite superior o acréscimo de 10% sobre a potência citada, corroborando assim com o requisito do INMETRO para contornar o problema.

Assim, para justificar a metodologia empregada é imperioso ratificar a existência de requisitos mínimos de eficiência energética para as lâmpadas de LED e, sendo assim, considerando que esta Autarquia especificará adequadamente suas aquisições, baseando-se no RTQ vigente do INMETRO, certamente esta receberá equipamentos acreditados. Desse modo, é razoável então inferir que, de fato, as amostras medidas deverão estar compreendidas no mesmo intervalo das amostras virtuais.

Conforme pode ser observado no Apêndice D o fato exposto e descrito previamente, provocou incertezas na medição e na amostragem acima de 10%, as quais se optou por deixar aparente, ou seja, não foram elevadas os números das amostras virtuais para que as incertezas das medições e amostragem ficassem abaixo dos 10%, conferindo dessa forma ao trabalho uma maior proximidade da realidade.

No que diz respeito ao relatório da M&V, apresenta-se na tabela 5.14 os custos evitados caso a SUDAM venha, seja por meio de fontes de recursos próprio, seja por parceria firmada com a Celpa no âmbito do PEE ou qualquer outro meio de financiamento de projetos, concretizar o *retrofit* no sistema de iluminação artificial. Ainda com relação a tabela 5.14, observa-se que o custo da energia e demanda evitadas se apresenta um pouco elevado, entretanto se ressalta que este valor tende a cair em virtude da redução do preço dos insumos e mesmo também motivado pela competição de mercado bem comum em certames licitatórios.

Tabela 5.14 – Custos evitados.

Custo da energia evitada (investimento total)		
Energia evitada	367,12	R\$/MWh
Demanda reduzida na ponta	674,08	R\$/kW

Fonte: Autor

O relatório também apontou a vida útil do projeto de 10 anos e 10 meses, com base na vida útil informada pelo fabricante, e a economia monetária na ótica do sistema e da SUDAM (consumidor) que pode ser visualizada na tabela 5.15.

Tabela 5.15 – Economias provenientes da AEE

Economias		
Economia monetária (ótica do sistema)	126.305,61	R\$/ano
Economia monetária (ótica do consumidor)	182.733,82	R\$/ano

Fonte: Autor

Ainda conforme o relatório, a relação custo benefício (RCB) do projeto na ótica do sistema, 0,65, e na ótica da SUDAM, de 0,45, tornam o projeto proposto elegível conforme condições de participação presentes nas chamadas públicas da COSERN (2015) e CPFL (2017).

Devido apenas uma pequena parte do universo de lâmpadas e luminárias terem sido, efetivamente, substituídas, conforme explicado anteriormente, certamente deverão ser aplicadas medições após a substituição total do sistema de iluminação artificial da SUDAM, com vistas a validar a metodologia utilizada nessa dissertação para contornar o problema do pequeno número de amostras.

Ao considerar a hipótese da substituição de todas as lâmpadas e luminárias de uma única vez, a Administração pode optar pela doação das lâmpadas e reatores, ambos em bom estado de conservação, para outros Órgãos da Administração Pública ou mesmo para instituições filantrópicas ou ainda para Organizações de Sociedade Civil de Interesse Público. As luminárias, por sua vez, poderão ser encaminhadas para a coleta seletiva, estando, assim, em plena conformidade com o Decreto nº 99.658/90 que regulamenta sobre o desfazimento de material ocioso e antieconômico.

5.5 Conclusões Parciais

O estudo de caso que foi objeto de apreciação deste capítulo apresentou, em um primeiro momento, o pré-diagnóstico energético, onde foi possível constatar os resultados positivos provenientes da execução de algumas medidas técnico-administrativas e, posteriormente, o diagnóstico do sistema de iluminação artificial da SUDAM, permitiu conhecer os desafios que estão à frente no que diz respeito às possibilidades de Ações de Eficiência Energética no campo da iluminação. Além disso, comprovou-se, notadamente, a importância da utilização de ferramentas de auxílio na tomada de decisão na hora de investir em projetos de eficiência energética, como é o caso do RETScreen®.

O ápice do capítulo foi observado quando da utilização do Guia de M&V da ANEEL, onde no primeiro momento, com a emissão do Plano de M&V, já se dispunha de resultados que indicavam a plena viabilidade da AEE e no segundo momento, com a elaboração do

Relatório de M&V evidenciou-se os ganhos referentes à implementação da AEE, sobre os quais vale destacar os custos evitados, as economias provenientes da AEE e a Relação Custo Benefício do Projeto desenvolvido.

6 CONCLUSÃO

6.1 Considerações Finais

O progresso, autônomo e/ou induzido, em Eficiência Energética, tem sido almejado, e até certo ponto conquistado, por diversos países do globo, principalmente aqueles que estão na vanguarda do desenvolvimento tecnológico e metodológico, devido à necessidade de ampliar a oferta à energia de qualidade sem, no entanto, precisar fazer vultosos investimentos em geração de energia elétrica. Além disso, acrescentam-se ainda as pressões políticas para reduzir a emissão de gases de efeito estufa geradas pelas indústrias de energia elétrica.

Na perspectiva do progresso induzido, o governo brasileiro por meio de vários mecanismos como, por exemplo, planos, projetos e normativos, vem buscando empreender uma política forte e atuante, com metas e indicadores definidos, no que diz respeito às estratégias de EE.

No campo do progresso autônomo, o aprimoramento da tecnologia LED voltada para a aplicação em iluminação de ambientes, conforme se pode observar no estudo de caso apresentado na presente dissertação, surge como um elemento de forte contribuição para o consumo eficiente de energia e, conseqüentemente, redução da demanda por energia elétrica (Morais, 2015).

Segundo Leite (2010) para atender as expectativas do capital público e privado, o cálculo não fundamentado da energia elétrica evitada não seria mais uma opção e, é nesse contexto, que os protocolos de Medição e Verificação se tornam atores centrais na agenda de políticas e programas de EE com importância ímpar pela sua capacidade de dar credibilidade aos números mostrados em estudos, conferindo segurança e transparência aos envolvidos na realização de ações de eficiência energética.

Embora, conforme indicado na presente análise, os investimentos iniciais sejam elevados, o que poderia ensejar a inviabilidade do projeto, com efeito potencializado ainda mais pelo cenário de recessão e contingenciamento do orçamento dos Órgãos Públicos, é importante inferir sobre a existência de linhas de financiamento, disponíveis no Brasil, dedicadas a projetos de EE, tais como o Programa de Eficiência Energética (PEE) regulado pela ANEEL e linhas especiais de financiamento do BNDES, como é o caso do FINEM.

Por fim, as projeções embasadas na consagrada metodologia de M&V apresentadas nesta dissertação atribuem à proposta em tela uma gama de valores agregados, a citar: retorno financeiro garantido já no médio prazo, ganhos em conforto e modernização da infraestrutura,

redução nos impactos socioambientais, pois as instalações da SUDAM passariam a consumir menos energia elétrica deixando assim de adquirir materiais que possuem alto custo ambiental e difícil logística reversa. Ainda pode-se destacar a possibilidade real de obter a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia parcial para o sistema de iluminação, alcance de visibilidade Regional e, quiçá, nacional, servindo de referência e possibilitando o encorajamento de outros órgãos da Administração pública a promoverem também essa e, até mesmo, outras ações de eficiência energética, somando-se os efeitos em cadeia da redução da demanda de energia para o setor e, finalmente, contribuindo para a redução do custo de manutenção da máquina pública.

Finalmente, ressalta-se que a metodologia proposta neste trabalho cumpriu seu papel, uma vez que os resultados gerados pelo RETScreen[®], indicaram, de forma rápida, fácil e satisfatória, a viabilidade da AEE proposta. Também, a execução do Guia de M&V da ANEEL quantificou a energia e a demanda evitada de forma precisa e com elevado grau de confiança, o que irá auxiliar, sobremaneira, o processo decisório dos gestores públicos, no que diz respeito à adoção de estratégias para difundir o uso da tecnologia LED em todos os serviços da administração pública. Os resultados aqui obtidos estão prontos e formatados para compor o banco de dados nacional da ANEEL sobre o uso das instalações e sobre os resultados dos projetos de eficiência energética, que por sua vez, servirão de insumos para o Planejamento Energético Brasileiro em horizontes futuros.

6.2 Sugestões para Trabalhos Futuros

O estudo realizado apresentou algumas possibilidades de continuação e desenvolvimento no tema abordado e em assuntos relacionados, dentre os quais vale citar:

- Análise do potencial de contribuição da envoltória dos blocos na redução do consumo de energia elétrica no Complexo Predial da SUDAM, bem como proposição de melhorias para as estruturas de envoltória, tendo em vista a obtenção da ENCE parcial;
- Analisar e propor a instalação de um esquema de geração fotovoltaica, conectado à rede e com a utilização de inversores híbridos, no intuito de armazenar energia elétrica e tornar mínimo o consumo solicitado ao sistema no horário de ponta e ainda contribuir para redução do consumo de energia no horário fora ponta;
- Realizar estudo para propor método de climatização mais eficiente, do ponto de vista energético, considerando as instalações da SUDAM;

- Realizar estudo estimando o impacto da aplicação de eficiência energética da iluminação artificial de todo o Setor Público no Plano Decenal de Expansão da Energia, considerando os conceitos de Usinas Virtuais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABESCO – Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia disponível no site: <http://www.abesco.com.br/>, consulta em 05/03/2016.

ACEEE - *American Council for an Energy Efficient Economy – EXECUTIVE SUMMARY: THE 2016 INTERNATIONAL ENERGY EFFICIENCY SCORECARD JULY 2016*, consulta em 12/04/2017.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica, **Aprovar os Procedimentos do Programa de Eficiência Energética – PROPEE**. Resolução Normativa nº 556 de 18/06/2013.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica, **Guia de Medição & Verificação para o Programa de Eficiência Energética**, Brasília-DF, Julho 2014.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica, **Reajuste Tarifário Anual de 2016, as Tarifas de Energia – TE e as Tarifas de Uso do Sistema de Distribuição – TUSD referentes à Centrais Elétricas do Pará S/A. - CELPA**. Resolução Homologatória nº 2.117 de 02/08/16.

CANADÁ, *Clean Energy Project Analysis RETScreen® Engineering & Cases Textbook, 2001-2005*. 3. ed., Setembro 2015.

CARVALHO, Maria Fernanda Alves Monteiro Fontes de. *Eficiência Energética | A 4ª Energia*. 2013. 188f. Dissertação. Universidade Católica Portuguesa. Porto.

CB3E – Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações, **Estado da Arte em Eficiência Energética: Iluminação e Envoltória**. Universidade Federal de Santa Maria, Florianópolis, Julho 2013.

CB3E – Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações, INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia, ELETROBRAS – Centrais Elétricas Brasileiras. **Manual de Etiquetagem de Edificações Públicas**. Gestor Público. Florianópolis, 2014.

CELPE - Companhia Energética de Pernambuco. Disponível no site <http://www.celpe.com.br/>, consulta em 04/06/2015.

CEPEL – Centro de Pesquisas de Energia Elétrica, **Guia para Eficientização Energética nas Edificações Públicas**, Rio de Janeiro, 2014;

COSERN – Companhia Energética do Rio Grande do Norte, **Chamada Pública de Projetos – REE nº 02/2015**, Natal, Novembro 2015.

COSERN – Companhia Energética do Rio Grande do Norte, **Resultado da Chamada Pública de Projetos – REE nº 02/2015**. Disponível no site: <http://www.celpe.com.br/Pages/Efici%C3%Aancia%20Energ%C3%A9tica/Chamada-P%C3%Bablica-de-Projetos-REE%20002%202015.aspx>, consulta em 08/07/2016.

CPFL – Companhia Paulista de Força e Luz. Disponível no site: <https://www.cpfl.com.br/energias-sustentaveis/eficiencia-energetica/chamada-publica/Paginas/chamada-publica.aspx>, consulta em 10/01/2017.

DIAS – Marcelo Paschoal. **Avaliação do Emprego de um Pré-Regulador *Boost* de Baixa Frequência no Acionamento de LEDs de Iluminação**. 2012, 94f. Dissertação. Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora.

IBAM – Instituto Brasileiro de Administração Municipal, ELETROBRAS – Centrais Elétricas Brasileiras. **Manual de Prédios Eficientes em Energia Elétrica**. Rio de Janeiro, 2002.

ELETROBRAS – Centrais Elétricas Brasileiras, Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI. **Conservação de Energia**. Eficiência Energética de Equipamentos e Instalações. Itajubá, 2006

ELETROBRAS – Centrais Elétricas Brasileiras. **Resultados PROCEL 2016**. Ano Base 2015. Brasília, 2016.

ELETROBRAS – Centrais Elétricas Brasileiras. **PROCEL Info**. Disponível no site: <http://www.procelinfo.com.br/>, consulta em 17/11/2016.

EM ALTA. **Produção de lâmpadas LED no Brasil cresce com a proibição de incandescentes**. Disponível no site: <http://emalta.com.br/proibicao-de-lampadas-incandescentes-faz-producao-de-leds-crescer-no-brasil/>, consultado em 12/10/2016.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Boletim Energético Nacional 2016, Ano Base 2015**. Rio de Janeiro, 2015.

EVO – Organização para a Avaliação de Eficiência. **Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance**. Conceitos e Opções para Determinação de economias de Energia e de Água. Volume 1. Canadá, 2012.

FILADELFO, Fernando Ribeiro. **Desenvolvimento de um Conversor Estático Controlado por PWM para Luminária de iluminação Pública com LEDs**. 2010, 154f. Dissertação. Universidade Estadual Paulista. Guaratinguetá.

FOLLOW ENERGY. **Gerenciamento online de energia da SUDAM**. Disponível, mediante autenticação, no site: <http://followenergy.com>, consulta em 01/02/2017.

G1 NOTÍCIAS. **Hidrelétricas registram em 2015 o janeiro mais seco em 85 anos**. Disponível no site: <http://g1.globo.com/economia/noticia/2015/02/hidreletricas-registram-em-2015-o-janeiro-mais-seco-em-85-anos.html>, consulta em 20/04/2017.

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. **Aprovar o Regulamento Técnico da Qualidade para Lâmpadas LED com Dispositivo de Controle Integrado à Base**. Portaria n.º 389, de 25/08/2015.

KAWASAKI, Juliana Iwashita. Precauções no *Retrofit* com LED. **O Setor Elétrico**, São Paulo, ed. 65, p. 49-50, Junho 2011.

LEITE, Fábio Correa. **Modelamento da Eficiência Energética para o Gerenciamento Sustentável no Setor Indústria pela Medição e Verificação**. 2010, 94f. Dissertação. Universidade de São Paulo. São Paulo.

MMA – Ministério Meio Ambiente. Disponível no site <http://www.mma.gov.br/clima/energia/eficiencia-energetica>, consulta em 20/09/2015.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Capacitação sobre Medidores de Energia**. Brasília, Fevereiro 2017.

MME – Ministério de Minas e Energia, EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Nacional de Energia 2030**. Brasília, 2007.

MME – Ministério de Minas e Energia. **Plano Nacional de Eficiência Energética**. Premissas e Diretrizes Básicas. Brasília, 2011.

MORAIS, André Melo de; NUNES, Marcus Vinícius Alves; TOSTES, Maria Emília de Lima. **Análise da Eficiência Energética com o Uso do RETScreen Considerando Implementação de Iluminação a LED no Complexo Predial da SUDAM**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SISTEMAS ELÉTRICOS, 2016, Natal.

NISKIER, Júlio; MACINTYRE, Archibald Joseph. **Instalações Elétricas**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014. 443p.

MOREIRA, Bruno. O Desafio de Levar a Eficiência Energética a Edificações Públicas. **O Setor Elétrico**, São Paulo, ed. 117, Outubro 2015

PHILIPS. *Philips Hue*. Disponível no site: <http://www.meethue.com/en-us>, consulta em 20/08/2016.

PINTO, R. A. **Sistemas Eletrônicos Para Iluminação de Exteriores Empregando Diodos Emissores de Luz (LEDs)**. Exame de Qualificação. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

SHI, S., SADHU, V., MOUBAH, R., SCHMERBER, G., BAO, Q., & SILVA, S. R. P. *Solution-Processable Graphene Oxide as an Efficient Hole Injection Layer for High Luminance Organic Light-Emitting Diodes*. **Journal of Materials Chemistry C**, 1(9), 1708, 2013.

SILVA, Nuno Filipe Vasconcelos da. **Iluminação LED – Avaliação Econômica e Ambiental**. 2013. 93f. Dissertação. Universidade do Porto. Porto.

SOARES, Gerdson Tanaka. **Sistema de Gerenciamento de Energia como Ferramenta De Eficiência Energética na Indústria**. 2015. 116f. Dissertação. Universidade Federal do Pará. Belém.

ANEXO I



Presidência da República
Casa Civil
Subchefia para Assuntos Jurídicos

DECRETO Nº 99.656, DE 26 OUTUBRO DE 1990,

Dispõe sobre a criação, nos órgãos e entidades da Administração Federal direta e indireta, da Comissão Interna de Conservação de Energia (Cice), nos casos que menciona, e dá outras providências.

O PRESIDENTE DA REPÚBLICA, no uso da atribuição que lhe confere o art. 84, inciso IV, da Constituição, e considerando o disposto no Decreto nº 99.250, de 11 de maio de 1990,

DECRETA:

Art. 1º Fica criada uma Comissão Interna de Conservação de Energia (Cice), em cada estabelecimento pertencente a órgão ou entidade da Administração Federal direta e indireta, fundações, empresas públicas e sociedades de economia mista controladas direta ou indiretamente pela União, que apresente consumo anual de energia elétrica superior a 600.000 KWH (seiscentos mil Quilowatts Hora) ou consumo anual de combustível superior a 15 tep's (quinze toneladas equivalentes de petróleo),

Parágrafo único. A Cice será responsável pela elaboração, implantação e acompanhamento das metas do Programa de Conservação de Energia, e divulgação dos seus resultados nas dependências do estabelecimento.

Art. 2º São atribuições básicas da Cice:

I - Levantar o potencial de redução de despesas com energia, para o que poderá solicitar o suporte técnico do Grupo Executivo do Programa Nacional de Racionalização da Produção e Uso de Energia (Gere), instituído pelo Decreto nº 99.250, de 11 maio de 1990, e do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel), instituído pela Portaria Interministerial nº 1.877, de 30 de dezembro de 1985, dos extintos Ministérios das Minas e Energia e da Indústria e do Comércio, quando se tratar de energia elétrica;

II - Elaborar o Programa de Conservação de Energia, com suas metas e justificativas no sentido da redução de consumo, submetendo-o ao dirigente máximo do órgão ou entidade, e divulgá-lo após sua aprovação,

III - Empreender ações visando conscientizar e envolver todos os servidores no Programa de Conservação de Energia;

IV - Participar da elaboração das especificações técnicas para projetos, construção e aquisição de bens e serviços, bem assim das conseqüentes licitações que envolvam consumo de energia;

V - Manter permanente análise dos consumos de energéticos por intermédio das cópias dos comprovantes de pagamentos que lhe serão encaminhadas pelo setor responsável;

VI - calcular os consumos específicos dos diferentes energéticos e submetê-los ao Gere, que estabelecerá índices máximos de consumo a serem respeitados;

VII - Participar da elaboração do Programa de Manutenção Preventiva, com vistas à otimização do consumo de energéticos;

VIII - Promover avaliação anual dos resultados obtidos e propor programa para o ano subsequente.

Art. 3º A Cice será composta, no mínimo, de 6 (seis) membros do próprio estabelecimento integrante do órgão ou entidade, todos com mandato de 2 (dois) anos, sendo, pelo menos, um representante da Associação dos Servidores, e, na falta desta, um representante dos servidores, por eles escolhido, e, um da Comissão Interna de Prevenção de Acidente (Cipa), quando houver.

1º O ato do Dirigente do órgão ou entidade, que designar os membros da Cice, especificará, de logo, quem será o Presidente e o Vice-Presidente, sendo este o representante indicado pela Associação dos Servidores referido no *caput* deste artigo.

2º Os mandatos dos membros indicados pela Associação dos servidores e Cipa extinguir-se-ão, em qualquer hipótese, com os mandatos dos seus respectivos Presidentes,

3º As reuniões da Cice serão secretariadas por um dos seus membros, escolhido pelo Presidente.

4º Sempre que for possível, deverá haver entre os membros da Cice, não investidos nas funções de Presidente e Vice-Presidente, um Engenheiro ou Arquiteto com conhecimentos de conservação de energia, um especialista em Segurança do Trabalho, um Técnico em Comunicação Social e um Administrador.

Art. 4º A Cice reunir-se-á ordinariamente a cada três meses e, extraordinariamente, sempre que convocada por dois de seus membros,

Art. 5º Os órgãos e entidades da Administração Federal direta e indireta que se enquadrem nas condições previstas no artigo 1º terão o prazo de 45 (quarenta e cinco) dias, a partir da publicação deste decreto, para remeterem ao Gere a ata de instalação dos trabalhos da Cice e a relação de seus membros, com os respectivos cargos, qualificação profissional e endereços de trabalho,

Art. 6º O Gere, em conjunto com a Secretaria da Administração Federal (SAF), deverá organizar seminários regionais de conscientização e esclarecimentos para as Cice's, a se iniciarem até 120 (cento e vinte) dias, a contar da publicação deste decreto.

Art. 7º Cada Cice deverá encaminhar ao Gere, no prazo máximo de 15 (quinze) dias após a realização do seminário de que trata o artigo anterior, o seu Programa de Conservação de Energia no estabelecimento, com metas e justificativas, relativo ao seu mandato e, até 30 (trinta) dias após a realização das reuniões ordinárias, relatório de desenvolvimento do programa e cumprimento das metas,

Art. 8º A SAF, com orientação técnica do Gere, gerenciará o relacionamento entre as Cice's através das Secretarias de Administração Geral dos Ministérios e das Coordenações Gerais de Administração das Secretarias da Presidência da República, que promoverão a articulação entre Cice's dos órgãos e entidades que lhes são vinculados.

Art. 9º É vedada a remuneração pela participação em Comissão Interna de Conservação de Energia (Cice).

Art. 10. As despesas necessárias ao funcionamento da Cice serão custeadas com recursos provenientes da dotação orçamentária do respectivo órgão ou entidade.

Art. 11. Este decreto entra em vigor na data de sua publicação.

Art. 12. Revogam-se as disposições em contrário,

Brasília, 26 de outubro de 1990; 169º da Independência e 102º da República.

FERNANDO COLLOR
Jarbas Passarinho

ANEXO II



APÊNDICE A. PLANILHA DE CUSTOS UNITÁRIOS

PLANILHA DE COMPOSIÇÃO DE CUSTOS UNITÁRIOS						
EXTERNO	ITEM	DESCRICAÇÃO	UNID.	CONSUMO	CUSTO UNITARIO	CUSTO UNITARIO TOTAL
SEDOP 20855	1.1	Retirada de luminárias	UN			
SINAPI/PA - 88264		Eletricista	H	0,40	13,90	5,56
SINAPI/PA - 88247		Auxiliar de Eletricista	H	0,40	11,40	4,56
					Custo Direto	10,12
					BDI (30,51%)	3,09
					Total Geral	13,21
PRÓPRIA 001	1.2	Substituição de Soquete G24D-3 ou G24Q-3 por Soquete E27	UN			
SINAPI/PA - 88264		Eletricista	H	0,40	13,90	5,56
SINAPI/PA - 88247		Auxiliar de Eletricista	H	0,40	11,40	4,56
MERCADO/INTERNET		Soquete E27	UN	1,00	2,14	2,14
					Custo Direto	12,26
					BDI (30,51%)	3,74
					Total Geral	16,00

PLANILHA DE COMPOSIÇÃO DE CUSTOS UNITÁRIOS						
EXTERNO	ITEM	DESCRICAÇÃO	UNID.	CONSUMO	CUSTO UNITARIO	CUSTO UNITARIO TOTAL
SINAPI 93403	1.3	Lâmpada LED 12W bivolt branca, formato tradicional (base E27) - fornecimento e instalação	UN			
SINAPI/PA - 88247		Auxiliar de Eletricista	H	0,10	14,06	1,41
SINAPI/PA - 38194		Lâmpada LED Bulbo 12W	UN	1,00	35,50	35,50
					Custo Direto	36,91
					BDI (30,51%)	11,26
					Total Geral	48,17
SINAPI 93403	1.4	Lâmpada LED 10W bivolt branca, formato tradicional (base E27) - fornecimento e instalação	UN			
SINAPI/PA - 88247		Auxiliar de Eletricista	H	0,10	14,06	1,41
SINAPI/PA - 38194		Lâmpada LED Bulbo 10W	UN	1,00	26,50	26,50
					Custo Direto	27,91
					BDI (30,51%)	8,51
					Total Geral	36,42
SINAPI 93403	1.5	Lâmpada LED 6W bivolt branca, formato tradicional (base E27) - fornecimento e instalação	UN			
SINAPI/PA - 88247		Auxiliar de Eletricista	H	0,10	14,06	1,41
SINAPI/PA - 38194		Lâmpada LED Bulbo 6W	UN	1,00	19,60	19,60
					Custo Direto	21,01
					BDI (30,51%)	6,41
					Total Geral	27,42

PLANILHA DE COMPOSIÇÃO DE CUSTOS UNITÁRIOS						
EXTERNO	ITEM	DESCRICAÇÃO	UNID.	CONSUMO	CUSTO UNITARIO	CUSTO UNITARIO TOTAL
SINAPI 93402	1.6	Fornecimento e instalação de lâmpada LED Dicroica 5W (base GU 10)	UN			
SINAPI/PA - 88247		Auxiliar de Eletricista	H	0,10	11,40	1,14
SINAPI/PA - 39388		Lâmpada LED Dicroica 5W	UN	1,00	27,87	27,87
					Custo Direto	29,01
					BDI (30,51%)	8,85
					Total Geral	37,86
SEDOP 170992	1.7	Fornecimento e instalação de luminária 1x16W com aleta branca e refletor de alumínio	UN			
SINAPI/PA - 88264		Eletricista	H	1,50	13,90	20,85
SINAPI/PA - 88247		Auxiliar de Eletricista	H	0,75	11,40	8,55
MERCADO/INTERNET		Luminária 1x16W com aleta branca e refletor de alumínio	UN	1,00	107,86	107,86
					Custo Direto	137,26
					BDI (30,51%)	41,88
					Total Geral	179,14

PLANILHA DE COMPOSIÇÃO DE CUSTOS UNITÁRIOS						
EXTERNO	ITEM	DESCRICAÇÃO	UNID.	CONSUMO	CUSTO UNITARIO	CUSTO UNITARIO TOTAL
SEDOP 170976	1.8	Fornecimento e instalação de luminária 1x32W com aleta branca e refletor de alumínio	UN			
SINAPI/PA - 88264		Eletricista	H	1,50	13,90	20,85
SINAPI/PA - 88247		Auxiliar de Eletricista	H	0,75	11,40	8,55
SEDOP E00593		Luminária 1x32W com aleta branca e refletor de alumínio	UN	1,00	193,60	193,60
					Custo Direto	223,00
					BDI (30,51%)	68,04
					Total Geral	291,04
SEDOP 170992	1.9	Fornecimento e instalação de luminária 2x16W com aleta branca e refletor de alumínio	UN			
SINAPI/PA - 88264		Eletricista	H	1,50	13,90	20,85
SINAPI/PA - 88247		Auxiliar de Eletricista	H	0,75	11,40	8,55
SEDOP E00592		Luminária 2x16W com aleta branca e refletor de alumínio	UN	1,00	122,00	122,00
					Custo Direto	151,40
					BDI (30,51%)	46,19
					Total Geral	197,59

PLANILHA DE COMPOSIÇÃO DE CUSTOS UNITÁRIOS						
EXTERNO	ITEM	DESCRICAÇÃO	UNID.	CONSUMO	CUSTO UNITARIO	CUSTO UNITARIO TOTAL
SEDOP 170976	1.10	Fornecimento e instalação de luminária 2x32W com aleta branca e refletor de alumínio	UN			
SINAPI/PA - 88264		Eletricista	H	1,50	13,90	20,85
SINAPI/PA - 88247		Auxiliar de Eletricista	H	0,75	11,40	8,55
SEDOP E00593		Luminária 2x32W com aleta branca e refletor de alumínio	UN	1,00	180,00	180,00
					Custo Direto	209,40
					BDI (30,51%)	63,89
					Total Geral	273,29
SEDOP 170976	1.11	Fornecimento e instalação de luminária 4x16W com aleta branca e refletor de alumínio	UN			
SINAPI/PA - 88264		Eletricista	H	1,50	13,90	20,85
SINAPI/PA - 88247		Auxiliar de Eletricista	H	0,75	11,40	8,55
MERCADO/INTERNET		Luminária 4x16W com aleta branca e refletor de alumínio	UN	1,00	165,61	165,61
					Custo Direto	195,01
					BDI (30,51%)	59,50
					Total Geral	254,51

PLANILHA DE COMPOSIÇÃO DE CUSTOS UNITÁRIOS						
EXTERNO	ITEM	DESCRICAÇÃO	UNID.	CONSUMO	CUSTO UNITARIO	CUSTO UNITARIO TOTAL
SEDOP 170976	1.12	Fornecimento e instalação de luminária 4x32W com aleta branca e refletor de alumínio	UN			
SINAPI/PA - 88264		Eletricista	H	1,50	13,90	20,85
SINAPI/PA - 88247		Auxiliar de Eletricista	H	0,75	11,40	8,55
MERCADO/INTERNET		Luminária 4x32W com aleta branca e refletor de alumínio	UN	1,00	338,30	338,30
					Custo Direto	367,70
					BDI (30,51%)	112,19
					Total Geral	479,89
SINAPI 83469	1.13	Fornecimento e instalação de lâmpada LED Tubular 25W	UN			
SINAPI/PA - 88264		Eletricista	H	0,015	13,90	0,21
SINAPI/PA - 88247		Auxiliar de Eletricista	H	0,015	11,40	0,17
MERCADO/INTERNET		Lâmpada LED Tubular 25W	UN	1,00	87,99	87,99
					Custo Direto	88,37
					BDI (30,51%)	26,96
					Total Geral	115,33

PLANILHA DE COMPOSIÇÃO DE CUSTOS UNITÁRIOS						
EXTERNO	ITEM	DESCRICAÇÃO	UNID.	CONSUMO	CUSTO UNITARIO	CUSTO UNITARIO TOTAL
SINAPI 83469	1.14	Fornecimento e instalação de lâmpada LED Tubular 18W	UN			
SINAPI/PA - 88264		Eletricista	H	0,015	13,90	0,21
SINAPI/PA - 88247		Auxiliar de Eletricista	H	0,015	11,40	0,17
SINAPI 39387		Lâmpada LED Tubular 18W	UN	1,00	47,01	47,01
					Custo Direto	47,39
					BDI (30,51%)	14,46
					Total Geral	61,85
SINAPI 83469	1.15	Fornecimento e instalação de lâmpada LED Tubular 9W	UN			
SINAPI/PA - 88264		Eletricista	H	0,015	13,90	0,21
SINAPI/PA - 88247		Auxiliar de Eletricista	H	0,015	11,40	0,17
SINAPI - 39386		Lâmpada LED Tubular 9W	UN	1,00	31,09	31,09
					Custo Direto	31,47
					BDI (30,51%)	9,60
					Total Geral	41,07

PLANILHA DE COMPOSIÇÃO DE CUSTOS UNITÁRIOS						
EXTERNO	ITEM	DESCRICAÇÃO	UNID.	CONSUMO	CUSTO UNITARIO	CUSTO UNITARIO TOTAL
SINAPI 74082	1.16	Fornecimento e instalação de Refletor LED 30W	UN			
SINAPI/PA - 88264		Eletricista	H	2,00	13,90	27,80
SINAPI/PA - 88247		Auxiliar de Eletricista	H	2,00	11,40	22,80
SINAPI 39390		Refletor LED 30W	UN	1,00	83,33	83,33
					Custo Direto	133,93
					BDI (30,51%)	40,86
					Total Geral	174,79
SINAPI 74082	1.17	Fornecimento e instalação de Refletor LED 50W	UN			
SINAPI/PA - 88264		Eletricista	H	2,00	13,90	27,80
SINAPI/PA - 88247		Auxiliar de Eletricista	H	2,00	11,40	22,80
SINAPI 39391		Refletor LED 50W	UN	1,00	155,15	155,15
					Custo Direto	205,75
					BDI (30,51%)	62,77
					Total Geral	268,52

APÊNDICE B. QUADRO DE ÁREAS DO COMPLEXO PREDIAL DA SUDAM

Andar	Empresas ou locatários	Tipo de uso	Área privativa (m ²)	Área comum (m ²)	Área útil (m ²)	Área técnica (m ²)	Área de estacion. coberto (m ²)	Área de estacion. externo (m ²)	Área total edifício (m ²)
BLOCO A TÉRREO	SUDAM	ESCRITORIO	-	101	338	20	-	-	459
BLOCO A 1º PAVIMENTO	SUDAM	ESCRITORIO	-	111	346	2	-	-	459
BLOCO A 2º PAVIMENTO	SUDAM	ESCRITORIO	-	111	346	2	-	-	459
BLOCO A 3º PAVIMENTO	SUDAM	ESCRITORIO	-	111	346	2	-	-	459
BLOCO A 4º PAVIMENTO	SUDAM	ÁREA TÉCNICA	-	-	-	53,4	-	-	53,4
BLOCO B TÉRREO	MINISTERIO DA INTEGRAÇÃO	ESCRITORIO	-	111,9	221,6	92,5	-	-	426
BLOCO B 1º PAVIMENTO	MINISTERIO DA INTEGRAÇÃO	ESCRITORIO	-	105,3	324,7	3	-	-	433
BLOCO B 2º PAVIMENTO	MINISTERIO DA INTEGRAÇÃO	ESCRITORIO	-	105,3	324,7	3	-	-	433
BLOCO B 3º PAVIMENTO	MINISTERIO DA INTEGRAÇÃO	ESCRITORIO	-	105,3	324,7	3	-	-	433
BLOCO B 4º PAVIMENTO	MINISTERIO DA INTEGRAÇÃO	ÁREA TÉCNICA	-	-	-	53,4	-	-	53,4
BLOCO C TERREO	SUDAM	ESCRITORIO	-	328,83	85,67	162	-	-	576,5
BLOCO C 1º PAVIMENTO	SUDAM	ESCRITORIO	-	277,81	517,96	137,1	-	-	932,87
BLOCO C 2º PAVIMENTO	SUDAM	ESCRITORIO	-	219,6	342,9	14	-	-	576,5

Andar	Empresas ou locatários	Tipo de uso	Área privativa (m ²)	Área comum (m ²)	Área útil (m ²)	Área técnica (m ²)	Área de estacion. coberto (m ²)	Área de estacion. externo (m ²)	Área total edifício (m ²)
BLOCO C 3º PAVIMENTO	SUDAM	ESCRITORIO	-	219,6	342,9	14	-	-	576,5
BLOCO C 4º PAVIMENTO	SUDAM	ESCRITORIO	-	209,6	571,4	14	-	-	795
BLOCO C 5º PAVIMENTO	SUDAM	ESCRITORIO	-	209,6	571,4	14	-	-	795
BLOCO C 6º PAVIMENTO	SUDAM	ESCRITORIO	-	185,6	565,4	14	-	-	765
BLOCO C 7º PAVIMENTO	SUDAM	ESCRITORIO	-	226,9	546,1	22	-	-	795
BLOCO C 8º PAVIMENTO	SUDAM	ÁREA TÉCNICA	-	-	-	350,5	-	-	350,5
BLOCO D TÉRREO	SUDAM	GRAFICA	-	44,79	318,64	-	-	-	363,43
BLOCO D 1º PAVIMENTO	SUDAM	RESTAURANTE	-	11,62	345,52	-	-	-	357,14
BLOCO E TERREO	SUDAM	BIBLIOTECA ALMOXARIFAD O	-	304,67	1.265,67	-	-	-	1.570,34
BLOCO E BASA	BANCO DA AMAZÔNIA	BASA	-	4,33	129,3	4,37	-	-	138
BLOCO E 1º PAVIMENTO	SUDAM	SEM USO	-	-	-	1.209	-	-	1.209
BLOCO F TERREO (APOIO À CONSERVAÇÃO AMBIENTAL)	SUDAM	APOIO À CONSERVAÇÃO PREDIAL	-	34,6	81,4	12	-	-	128
BLOCO F TERREO	SUDAM	SEM USO	-	-	-	436	-	-	436

Andar	Empresas ou locatários	Tipo de uso	Área privativa (m ²)	Área comum (m ²)	Área útil (m ²)	Área técnica (m ²)	Área de estacion. coberto (m ²)	Área de estacion. externo (m ²)	Área total edifício (m ²)
BLOCO F 1º PAVIMENTO	SUDAM	SEM USO	-	-	-	585	-	-	585
BLOCO G	SUDAM	DEPOSITO	-	-	-	130	-	-	130
BLOCO H TERREO	SUDAM	ESTACIONAMENTO	-	12,82	20,91	-	-	157,04	190,77
BLOCO H 1º PAVIMENTO	SUDAM	APOIO MOTORISTAS/AUXILIAR DE ESCRITORIO	-	4,17	50,98	-	-	-	55,15
BLOCO I TERREO	SUDAM	ARQUIVO GERAL	-	19,76	317,04	-	-	-	336,8
BLOCO I 1º PAVIMENTO	SUDAM	ARQUIVO GERAL	-	20,36	317,04	-	-	-	337,4
BLOCO J TÉRREO ESPAÇO CULTURAL	SUDAM	AUDITORIO	-	80,26	300	7,5	-	-	387,76
BLOCO J 1º PAV. AUDITÓRIO	SUDAM	AUDITORIO	-	37,5	298,83	51,43	-	-	387,76
ESTACIONAMENTO	SUDAM	ESTACIONAMENTO	-	-	-	-	-	3.868,7	3.868,7
RECEPÇÃO E GUARITAS	SUDAM	RECEPÇÃO/GUARITAS	-	3,2	28,1	-	-	-	31,3
TOTAL				3.317,42	9.588,86	3.411,20		4.025,74	20.343,22

APÊNDICE C. PLANO DE MEDIÇÃO E VERIFICAÇÃO (M&V)

Este documento foi elaborado com base no Guia de M&V, que por sua vez levou em consideração o PIMVP (EVO, 2012), PROPEE (ANEEL, 2013) e o relatório de requisitos mínimos (ICF, PUC-RIO e JORDÃO, 2011).

C.1. OBJETIVO DA AEE

C.1.1. Descrição da AEE

C.1.1.1. Identificação do Projeto

Local	Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia
Endereço	Tv. Antônio Baena, 1113. Belém/PA
Contatos	André Melo de Moraes
Telefones	(91) 4008-5709
E-mails	andre.morais@sudam.gov.br

C.1.1.2. Ação de Eficiência Energética

Este projeto consiste na substituição do sistema de iluminação artificial, que atualmente é misto composto de lâmpadas fluorescentes tubulares e compactas, incandescentes, halógenas dicróicas, luz mista e vapor metálico, por um novo sistema composto, em sua totalidade, por lâmpadas com tecnologia de LED e luminárias de elevada eficiência.

É acompanhado por ações de conscientização para que haja permanência do hábito de uso de equipamentos e práticas de uso eficientes.

As luminárias existentes foram agrupadas em sistemas, de acordo com o tipo, potência e hábitos de uso nos ambientes que iluminam. Os sistemas são apresentados na tabela C.2 e, na tabela C.1, são elucidadas as siglas sugeridas para cada tipo de ambiente do Complexo Predial da SUDAM.

Tabela C.1 – Siglas sugeridas para cada tipo de ambiente.

Item	Siglas	Ambiente	Item	Siglas	Ambientes
1	AC	Áreas de Circulação	10	CP	Copas
2	ACA	Áreas de Circulação Auditório	11	CS	Cabine Sanitária
3	AE	Área Externa	12	EC	Espaço Cultural
4	AG	Arquivo Geral	13	GT	Guarita
5	AT	Auditório	14	RT	Refeitório
6	AVP	Área Vip do CONDEL	15	SL	Salas
7	AX	Almoxarifado	16	STI	Salas da Tecn. da Inform.
8	BB	Biblioteca	17	WC	Banheiros
9	CE	Cabines dos Elevadores			

Fonte: Autor

Tabela C.2 – Sistemas sob análise no Plano de M&V

Sistema	Lâmpada existente	Lâmpada proposta	Quantidade linha de base	Quantidade determinação	Horas/ano funcionamento	FCP
1 AC, CP e WC	FT 1x20W	LED Tubular - 1x9W	48	48	2.540	0,33
2 AC, CP, WC e HE	FT 1x40W	LED Tubular - 1x18W	94	94	2.540	0,33
3 GT, CP, SL e AC	FT 2x20W	LED Tubular - 2x9W	110	110	2.540	0,00
4 EC	FT 4x20W	LED Tubular - 4x9W	92	92	1.524	0,00
5 SL e AC	FT 2x40W	LED Tubular - 2x18W	1.730	1.730	2.540	0,00
6 SL, GF e BB	FT 4x40W	LED Tubular - 4x18W	80	80	2.540	0,16
7 TI e AG	FT 2x16W	LED Tubular - 2x9W	34	34	2.540	0,33
8 SL	FT 4x16W	LED Tubular - 4x9W	16	16	2.540	0,33
9 SL e AC	FT 2x32W	LED Tubular - 2x18W	728	728	2.540	0,00
10 ACA	DCR 1x50W	LED Dicroica 1x5W	39	39	1.000	0,16
11 WC, CS e CE	FC 1x20W	LED Bulbo -1x10W	81	81	2.540	0,16
12 AE	FC 1x135W	Refletor de LED - 30W	2	2	4.392	1,00
13 CS	INC 1x60W	LED Bulbo -1x6W	53	53	2.540	0,00
14 SL, AC, AVC e AT	FRNI 2x26W	LED Bulbo -2x12W	306	306	1.000	0,33
15 AE	LM 1x250W	Refletor de LED - 50W	19	19	4.392	1,00
16 AE	LM 1x160W	Refletor de LED - 30W	12	12	4.392	1,00
17 AT	MHL 1x70W	Refletor de LED - 50W	18	18	1.000	0,00
18 AT	FRNI 2x42W	LED Tubular - 2x25W	82	82	1.000	0,00
19 RT	FT 2x40W	LED Tubular - 2x18W	62	62	762	0,00

Fonte: Autor

C.1.1.3. Resultado Pretendido

A AEE deve propiciar a redução do consumo de energia elétrica na instalação em questão, bem como a redução de demanda no horário de ponta da distribuidora conforme a tabela C.6 presente no final deste apêndice, em razão do seu tamanho. Abaixo um resumo dos resultados esperados, os quais não são iguais (embora aproximados) aos resultados obtidos

com o uso do RETScreen, pois neste caso é considerado o potencial de redução de demanda e consumo de energia no horário de ponta.

- Redução de Demanda na Ponta (kW | %): 8,80 | 69,72%
- Energia Economizada (MWh/ano | %): 195,32 | 57,75%

C.1.1.4. Verificação Operacional

Após a troca das luminárias e instalação dos acessórios em determinado ambiente, será verificada a potência consumida e iluminância do local, para garantir que a AEE atenderá ao proposto.

C.1.1.5. Alterações Planejadas

Atualmente a SUDAM, por meio do Pregão Eletrônico nº 11/2016, está em vista de contratar empresa especializada em elaboração de projetos de engenharia para reforma do Bloco C. Como um dos requisitos de aceitação e pagamento dos serviços, os projetos devem receber ENCE (Etiqueta Nacional de Conservação de Energia) de projeto nível A emitida por um dos Organismos de Inspeção Acreditados (OIA) pelo INMETRO.

C.2. OPÇÃO DO PIMVP E FRONTEIRA DE MEDIÇÃO

C.2.1. Variáveis Independentes

Por se tratar de um projeto de iluminação não foram consideradas variáveis independentes, pois se considera que a potência consumida pela lâmpada é constante sob todo o tempo estimado de funcionamento. Na hipótese futura de utilização de sistemas com sensores de presença nas áreas comuns uma boa variável independente seria a ocupação do prédio.

C.2.2. Fronteira de Medição

A fronteira de medição será o conjunto dos circuitos de alimentação das luminárias.

C.2.2.1. Efeitos Interativos

As lâmpadas de LED possuem baixa emissão de calor, pois não emitem calor pelo encapsulamento (infravermelho), contudo devido à complexidade em avaliar a emissão de

calor dos sistemas antigos e o impacto no sistema de climatização no ambiente no qual a lâmpada está inserida, preferiu-se adotar uma postura conservadora, onde despreza-se os efeitos sobre o sistema de climatização.

C.2.2.2. Opção do PIMVP

Serão adotadas as seguintes opções para determinação das economias:

- Consumo de energia: Opção A – Medição isolada de parâmetros chave
- RDP: Opção A – Medição isolada de parâmetros chave

Ambas de acordo com o Volume I do PIMVP, EVO 10000-1:2012. Estas Opções se justificam porque a determinação das economias será feita a curto prazo, no âmbito de cada projeto, para ser viável economicamente. A extrapolação destas economias para o longo prazo será feita através de estudos específicos. O processo terá a seguinte definição de parâmetros:

- Potência: será medida por um multimedidor de energia, em uma amostra das lâmpadas substituídas.
- Tempo: será estimado por uma medição do acendimento das luminárias, em todos os horários e no horário de ponta.
- Energia: será obtida pela multiplicação da potência medida pelo tempo de funcionamento estimado, em ambos os períodos de medição.
- Demanda na ponta: será obtida pela multiplicação da potência pela parcela de tempo de funcionamento na ponta.

C.3. PERÍODO, ENERGIA E CONDIÇÕES DA LINHA DE BASE

C.3.1. Período da Linha de Base

No período de linha de base mediu-se a potência das luminárias da amostra e o tempo de funcionamento em alguns ambientes.

Período da linha de base					
Datas	Início	01/12/2016			
	Término	10/02/2017			

C.3.2. Energia e Condições da Linha de Base

Os dados medidos encontram-se na tabela C.8, disponibilizada no final deste apêndice. Apresentam-se aqui os resultados mais importantes para a determinação da economia.

C.3.2.1. Amostras

O universo de luminárias abrangidas pelo projeto foi dividido em Sistemas de acordo com as luminárias utilizadas e os horários de funcionamento dos ambientes.

O número de amostras efetivamente medidas para cada sistema, encontram-se disponibilizadas na tabela C.3.

Tabela C.3 – Universo e amostra dos sistemas definidos no Plano de M&V.

	Sistema	Quantidade linha de base	Número de Amostras
1	AC, CP e WC	48	8
2	AC, CP, WC e HE	94	15
3	GT, CP, SL E AC	110	15
4	EC	92	15
5	SL e AC	1.730	60
6	SL, GF e BB	80	10
7	TI e AG	34	10
8	SL	16	3
9	SL e AC	728	40
10	ACA	39	40
11	WC, CS e CE	81	10
12	AE	2	2
13	CS	53	2
14	SL, AC, AVC e AT	306	30
15	AE	19	3
16	AE	12	3
17	AT	18	3
18	AT	82	10
19	RT	62	10

Fonte: Autor

C.3.2.2. Potência Medida

As medições de potência realizadas encontram-se na tabela C.7 no final deste apêndice.

Foram registrados, conforme tabela C.8, os períodos de tempo com as luminárias acesas. Vale ressaltar que o tempo declarado na planilha é o quociente do tempo total de funcionamento estimado (conforme tabela C.2) por 365 (nº dos dias de um ano não bissexto).

C.3.2.3. Demanda

Os FCPs (fatores de coincidência na ponta), disponíveis na tabela C.8, foram estimados com base em medições e no comportamento dos servidores, pois algo em torno de 5% do número total de servidores, por algumas vezes, ficam algum tempo depois das 18h30min.

C.3.3. Fatores Estáticos

Não serão considerados fatores estáticos, por ser muito curto o período de determinação da economia.

No entanto, serão anotados os seguintes parâmetros para futuro estudo de fatores estáticos de longo prazo:

Fatores estáticos (longo prazo)	
Área total em uso no Complexo Predial da SUDAM (excluindo-se as áreas técnicas)	16.932 m ²
Percentual de lâmpadas não operativas	5%

C.4. PERÍODO DE DETERMINAÇÃO DA ECONOMIA

A determinação da economia foi realizada no período de 11/02/2017 a 01/03/2017, com base nos resultados das medições nos circuitos que alimentam as lâmpadas de LED instaladas em parte da área do gabinete do Superintendente, compreendendo 3 ambientes do referido espaço: a sala do Superintendente, a sala de reunião do Superintendente e a sala da secretaria do gabinete. Foram substituídas 17 luminárias de baixa eficiência por outras de elevada eficiência, 32 lâmpadas fluorescentes tubulares de 40 W e seus respectivos reatores por outras 32 lâmpadas de LED de 18 W, com drive integrado, 2 lâmpadas de 20 W foram

trocadas por 2 lâmpadas de LED de 9 W, também com drive integrado e, por fim, 2 lâmpadas incandescente de 60 W por outras 2 lâmpadas de LED bulbo de 6 W, com drive integrado.

Para determinar a economia dos demais sistemas que não foram substituídos, foram consideradas:

- A replicação dos resultados das medições das lâmpadas do gabinete para os demais sistemas que utilizarão as mesmas lâmpadas substituídas; e,
- As amostras virtuais geradas por meio da fórmula ALEATÓRIO do Excel, assumindo um quantitativo de amostras qualquer tendo como limite inferior a potência nominal da lâmpada de LED e como limite superior o acréscimo de 10% sobre a potência citada, corroborando com o requisito do INMETRO para contornar o problema. Para justificar a metodologia empregada é imperioso ratificar a existência de requisitos mínimos de eficiência energética para as lâmpadas de LED e, sendo assim, considerando que esta Autarquia especificará adequadamente suas aquisições, baseando-se nos Requisitos Técnicos de Qualidade vigentes do INMETRO para lâmpadas de LED, certamente receberá equipamentos acreditados. Desse modo é razoável então inferir que, de fato, as amostras medidas deverão estar compreendidas no mesmo intervalo das amostras virtuais.

C.5. BASE DE AJUSTE

Não aplicável, já que não há variáveis independentes.

C.6. PROCEDIMENTO DE ANÁLISE

C.6.1. Consumo de Energia

O consumo de energia será calculado por meio da Equação 1d) do PIMVP 2010:

$$\begin{aligned} \text{Opção A Economia de energia} \\ &= \text{Tempo estimado} \times (\text{Potência da linha de base medida} \\ &\quad - \text{Potência no período de determinação da economia media}) \end{aligned}$$

C.6.2. Redução de Demanda na Ponta (RDP)

Será usada a seguinte equação para cada Sistema:

$$\begin{aligned} \text{RDP} = \text{FCP estimado} \times (\text{Potência da linha de base} \\ - \text{Potência do período de determinação da economia}) \end{aligned}$$

A RDP do projeto será a soma da RDP dos Sistemas.

C.7. PREÇO DA ENERGIA

Os preços da energia e demanda foram calculados conforme o Módulo 7 do PROPEE (ANEEL, 2013), bem como ainda tendo como referência a Resolução Homologatória nº 2.117, de 02 de agosto de 2016 (ANEEL, 2016), conforme tabela C.4 apresentada a seguir:

Tabela C.4 – Custos da energia para consumidores classe A4 da CELPA.

C1	Custo unitário da demanda no horário de ponta	R\$/kW.mês	76,02
C2	Custo unitário da demanda no horário fora de ponta	R\$/kW.mês	19,43
Cp	Custo unitário da energia no horário de ponta na bandeira verde	R\$/MWh	2.225,62
Cfp	Custo unitário da energia no horário fora de ponta na bandeira verde	R\$/MWh	288,59
FC	Fator de carga do segmento elétrico imediatamente a montante daquele considerado ou que sofreu a intervenção, ou ainda, na falta deste, admitir-se-á o médio da distribuidora dos últimos 12 meses	1	0,70

Fonte: Autor

Os resultados dos custos evitados levando em consideração os valores da tabela imediatamente acima são apresentados na tabela C.5.

Tabela C.5 – Custos evitados de energia e demanda.

Valores adotados			Sistema	Consumidor
CEE	Custo Unitário Evitado de Energia	R\$/MWh	566,38	819,42
CED	Custo Unitário Evitado de Demanda	R\$/kW-ano	1.039,97	1.504,58

Fonte: Autor

C.8. ESPECIFICAÇÃO DAS MEDIÇÕES

C.8.1. Potência

C.8.1.1 Período da Linha de Base

Foi medida a potência das lâmpadas sem amostras selecionadas.

C.8.1.2. Período de Determinação da Economia

Será feito igual procedimento após a troca e verificação operacional (item 1.1.4 acima), considerada adequada, das luminárias e acessórios.

C.8.1.3. Medidores

O medidor utilizado e suas especificações são apresentados na tabela C.8.

C.8.2. Tempo

C.8.2.1. Período da Linha de Base

Foi estimado o tempo de funcionamento total e no horário de ponta.

C.8.2.2. Período de Determinação da Economia

Foi considerado igual ao período de linha de base, já que não houve mudança de hábitos de utilização.

C.9. RESPONSABILIDADE DO MONITORAMENTO

Responsável	Engº Eletricista André Melo de Morais
-------------	---------------------------------------

C.10. PRECISÃO ESPERADA

Todas as incertezas relativas aos processos de amostragem, medição e modelagem deverão ficar abaixo de 10% e 95% de confiabilidade.

Os dados obtidos do período de linha de base estão disponíveis na tabela C.8.

C.11. ORÇAMENTO

Como a SUDAM dispõe de mão de obra própria, será considerado, para efeitos de custos, 3 salários do servidor responsável pelo monitoramento, acrescido dos valores legais percebidos pela Autarquia para um servidor com Cargo de Engenheiro, nível A2.

C.12. FORMATO DO RELATÓRIO DE M&V

O formato do Relatório de M&V seguirá o mesmo padrão de formatação apresentado no documento do Relatório de M&V – Iluminação, cujo referido documento é o Apêndice D do Guia de M&V da ANEEL (ANEEL, 2013).

C.13. GARANTIA DE QUALIDADE

A medição de cada circuito deve ser confrontada com a potência nominal das lâmpadas para verificar sua compatibilidade.

Idealmente, a planilha de cálculos deve, caso possível, ser verificada por pessoa, com conhecimento em medições elétricas, não envolvida diretamente com o projeto.

C.14. TÓPICOS DA OPÇÃO A

C.14.1. Justificativa das estimativas

C.14.1.1 Tempo de funcionamento

Para estimativa do tempo de funcionamento de cada Sistema, foi feita uma medição em alguns ambientes dos períodos com luminárias acesas, considerado todo o período e somente o horário de ponta.

C.14.1.2 Inspeções periódicas

As inspeções periódicas serão feitas através dos estudos de longo prazo para se avaliar a persistência das AEEs.

Tabela C.6 – Avaliação *ex ante* por meio Guia de M&V da ANEEL.

SISTEMA ATUAL									
	AC, CP e WC	AC, CP, WC e HE	GT, CP, SL E AC	EC	SL e AC	SL, GF e BB	TI e AG	SL	SL e AC
1	FT 1x20W	FT 1x40W	FT 2x20W	FT 4x20W	FT 2x40W	FT 4x40W	FT 2x16W	FT 4x16W	FT 2x32W
2	21,62	42,56	21,62	21,62	42,56	42,56	16,0	16,0	32,0
3	48	94	110	92	1.730	80	34	16	728
4	1,04	4,00	2,38	1,99	73,63	3,40	0,54	0,26	23,30
5	2.540	2.540	2.540	1.524	2.540	2.540	2.540	2.540	2.540
6	0,33	0,33				0,16	0,33	0,33	
7	2,64	10,16	6,04	3,03	187,02	8,65	1,38	0,65	59,17
8	0,34	1,32				0,54	0,18	0,08	
SISTEMA PROPOSTO									
10	LED Tubular - 1x9W	LED Tubular - 1x18W	LED Tubular - 2x9W	LED Tubular - 4x9W	LED Tubular - 2x18W	LED Tubular - 4x18W	LED Tubular - 2x9W	LED Tubular - 4x9W	LED Tubular - 2x18W
11	9	18	9	9	18	18	9	9	18
13	48	94	110	92	1.730	80	34	16	728
14	0,43	1,69	0,99	0,83	31,14	1,44	0,31	0,14	13,10
15	2.540	2.540	2.540	1.524	2.540	2.540	2.540	2.540	2.540
16	0,33	0,33				0,16	0,33	0,33	
17	1,10	4,30	2,51	1,26	79,10	3,66	0,78	0,37	33,28
18	0,14	0,56				0,23	0,10	0,05	
RESULTADOS ESPERADOS									
20	AC, CP e WC	AC, CP, WC e HE	GT, CP, SL E AC	EC	SL e AC	SL, GF e BB	TI e AG	SL	SL e AC
21	0,20	0,76				0,31	0,08	0,04	
22	58,37%	57,71%				57,71%	43,75%	43,75%	
23	1,54	5,86	3,53	1,77	107,93	4,99	0,60	0,28	25,89
24	58,37%	57,71%	58,37%	58,37%	57,71%	57,71%	43,75%	43,75%	43,75%

Fonte: Adaptado de ANEEL (2013)

Tabela C.6 – Avaliação *ex ante* por meio Guia de M&V da ANEEL.

SISTEMA ATUAL									
	ACA	WC, CS e CE	AE	CS	SL, AC, AVC e AT	AE	AE	AT	AT
1 Tipo de lâmpada	DCR 1x50W	FC 1x20W	FC 1x135W	INC 1x60W	FRNI 2x26W	LM 1x250W	LM 1x160W	MHL 1x70W	FRNI 2x42W
2 Potência (lâmpada + reator) (W)	50	21	136	60	26	250	160	70	42
3 Quantidade	39	81	2	53	306	19	12	18,00	82,00
4 Potência Instalada (kW)	1,95	1,70	0,27	3,18	7,96	4,75	1,92	1,26	3,44
5 Funcionamento (h/ano)	1.000	2.540	4.392	2.540	1.000	4.392	4.392	1.000	1.000,00
6 FCP (fator de coincidência na ponta)	0,16	0,16	1,00		0,33	1,00	1,00		
7 Energia Consumida (MWh/ano)	1,95	4,32	1,19	8,08	7,96	20,86	8,43	1,26	3,44
8 Demanda média na ponta (kW)	0,31	0,27	0,27		2,63	4,75	1,92		
SISTEMA PROPOSTO									
10									
11 Tipo de lâmpada	LED Diclórica 1x5W	LED Bulbo - 1x10W	Refletor de LED - 30W	LED Bulbo - 1x6W	LED Bulbo - 2x12W	Refletor de LED - 50W	Refletor de LED - 30W	Refletor de LED - 50W	LED Tubular - 2x25W
12 Potência (lâmpada + Driver) (W)	5	10	30	6	12	50	30	50	25
13 Quantidade	39	81	2	53	306	19	12	18	82
14 Potência Instalada (kW)	0,20	0,81	0,06	0,32	3,67	0,95	0,36	0,90	2,05
15 Funcionamento (h/ano)	1.000	2.540	4.392	2.540	1.000	4.392	4.392	1.000	1.000,00
16 FCP (fator de coincidência na ponta)	0,16	0,16	1,00		0,33	1,00	1,00		
17 Energia Consumida (MWh/ano)	0,20	2,06	0,26	0,81	3,67	4,17	1,58	0,90	2,05
18 Demanda média na ponta (kW)	0,03	0,13	0,06		1,21	0,95	0,36		
RESULTADOS ESPERADOS									
20	ACA	WC, CS e CE	AE	CS	SL, AC, AVC e AT	AE	AE	AT	AT
21 Redução de Demanda na Ponta (kW)	0,28	0,14	0,21		1,41	3,80	1,56		
22 Redução de Demanda na Ponta (%)	90,00%	52,38%	77,94%		53,85%	80,00%	81,25%		
23 Energia Economizada (MWh/ano)	1,76	2,26	0,93	7,27	4,28	16,69	6,85	0,36	1,39
24 Energia Economizada (%)	90,00%	52,38%	77,94%	90,00%	53,85%	80,00%	81,25%	28,57%	40,48%

Fonte: Adaptado de ANEEL (2013)

Tabela C.6 – Avaliação *ex ante* por meio Guia de M&V da ANEEL.

SISTEMA ATUAL									
	ACA	WC, CS e CE	AE	CS	SL, AC, AVC e AT	AE	AE	AT	AT
1 Tipo de lâmpada	DCR 1x50W	FC 1x20W	FC 1x135W	INC 1x60W	FRNI 2x26W	LM 1x250W	LM 1x160W	MHL 1x70W	FRNI 2x42W
2 Potência (lâmpada + reator) (W)	50	21	136	60	26	250	160	70	42
3 Quantidade	39	81	2	53	306	19	12	18,00	82,00
4 Potência Instalada (kW)	1,95	1,70	0,27	3,18	7,96	4,75	1,92	1,26	3,44
5 Funcionamento (h/ano)	1.000	2.540	4.392	2.540	1.000	4.392	4.392	1.000	1.000,00
6 FCP (fator de coincidência na ponta)	0,16	0,16	1,00		0,33	1,00	1,00		
7 Energia Consumida (MWh/ano)	1,95	4,32	1,19	8,08	7,96	20,86	8,43	1,26	3,44
8 Demanda média na ponta (kW)	0,31	0,27	0,27		2,63	4,75	1,92		
SISTEMA PROPOSTO									
10									
11 Tipo de lâmpada	LED Diclórica 1x5W	LED Bulbo - 1x10W	Refletor de LED - 30W	LED Bulbo - 1x6W	LED Bulbo - 2x12W	Refletor de LED - 50W	Refletor de LED - 30W	Refletor de LED - 50W	LED Tubular - 2x25W
12 Potência (lâmpada + Driver) (W)	5	10	30	6	12	50	30	50	25
13 Quantidade	39	81	2	53	306	19	12	18	82
14 Potência Instalada (kW)	0,20	0,81	0,06	0,32	3,67	0,95	0,36	0,90	2,05
15 Funcionamento (h/ano)	1.000	2.540	4.392	2.540	1.000	4.392	4.392	1.000	1.000,00
16 FCP (fator de coincidência na ponta)	0,16	0,16	1,00		0,33	1,00	1,00		
17 Energia Consumida (MWh/ano)	0,20	2,06	0,26	0,81	3,67	4,17	1,58	0,90	2,05
18 Demanda média na ponta (kW)	0,03	0,13	0,06		1,21	0,95	0,36		
RESULTADOS ESPERADOS									
20	ACA	WC, CS e CE	AE	CS	SL, AC, AVC e AT	AE	AE	AT	AT
21 Redução de Demanda na Ponta (kW)	0,28	0,14	0,21		1,41	3,80	1,56		
22 Redução de Demanda na Ponta (%)	90,00%	52,38%	77,94%		53,85%	80,00%	81,25%		
23 Energia Economizada (MWh/ano)	1,76	2,26	0,93	7,27	4,28	16,69	6,85	0,36	1,39
24 Energia Economizada (%)	90,00%	52,38%	77,94%	90,00%	53,85%	80,00%	81,25%	28,57%	40,48%

Fonte: Adaptado de ANEEL (2013)

Tabela C.6 – Avaliação *ex ante* por meio Guia de M&V da ANEEL.

SISTEMA ATUAL			
	RT	TOTAL	
1	Tipo de lâmpada	FT 2x40W	
2	Potência (lâmpada + reator) (W)	42,56	
3	Quantidade	62,00	3.606
4	Potência Instalada (kW)	2,64	139,61
5	Funcionamento (h/ano)	762,00	
6	FCP (fator de coincidência na ponta)		
7	Energia Consumida (MWh/ano)	2,01	338,25
8	Demanda média na ponta (kW)		12,62

SISTEMA PROPOSTO			
10		TOTAL	
11	Tipo de lâmpada	LED Tubular - 2x18W	
12	Potência (lâmpada + Driver) (W)	18	
13	Quantidade	62	3.606
14	Potência Instalada (kW)	1,12	60,51
15	Funcionamento (h/ano)	762,00	
16	FCP (fator de coincidência na ponta)		
17	Energia Consumida (MWh/ano)	0,85	142,90
18	Demanda média na ponta (kW)		3,82

RESULTADOS ESPERADOS			
20		RT	TOTAL
21	Redução de Demanda na Ponta (kW)		8,80
22	Redução de Demanda na Ponta (%)		69,72%
23	Energia Economizada (MWh/ano)	1,16	195,35
24	Energia Economizada (%)	57,71%	57,75%

Fonte: Adaptado de ANEEL (2013)

Tabela C.7 – Dados Medidos Linha de Base.

Medição de potência - Sistema 1		Medição de potência - Sistema 3		Medição de potência - Sistema 4		Medição de potência - Sistema 5		Medição de potência - Sistema 5	
Ambiente	W	Ambiente	W	Ambiente	W	Ambiente	W	Ambiente	W
Bl. A Térreo AC	21,0	Guarita P1	21,9	EC	21,8	Bl. C Térreo Ouvidoria	45,6	Bl. C 4º Andar CGA	42,6
Bl. C 7º Andar AC	21,5	Guarita P2	21,3	EC	21,1	Bl. C Térreo Ouvidoria	42,5	Bl. C 4º Andar CLC	43,4
Bl. E Almoz. AC	21,2	Bl. E Almoz. CP	21,8	EC	22,9	Bl. C Térreo Protocolo	42,3	Bl. C 4º Andar CLC	41,3
Bl. E Almoz. CP	22,6	Bl. E Biblio. AC	21,2	EC	21,0	Bl. C Térreo Protocolo	45,0	Bl. C 4º Andar CLC	41,9
Bl. E Biblio. AC	21,3	Bl. D Recep. Gráfica	21,7	EC	21,1	Bl. C Térreo Acessor	44,9	Bl. C 4º Andar CGP	44,0
Bl. E Biblio. AC	22,6	Bl. C Térreo AC	22,5	EC	21,5	Bl. C 2º Andar CPOR	43,5	Bl. C 4º Andar DGP	44,0
Bl. H Apoio CP	22,8	Bl. C Térreo CP	21,8	EC	22,2	Bl. C 2º Andar DACOR	41,2	Bl. C 4º Andar DGP	43,2
Bl. H Apoio WC	21,1	Bl. C 5º Andar AC	22,9	EC	21,4	Bl. C 2º Andar CCOM	43,6	Bl. C 5º Andar CGIF	44,6
		Bl. C 5º Andar AC	21,6	EC	22,7	Bl. C 2º Andar CCOM	44,6	Bl. C 5º Andar CGIF	42,9
		Bl. C 6º Andar AC	22,4	EC	21,7	Bl. C 2º Andar CCOM	41,6	Bl. C 5º Andar CIF	41,7
		Bl. C 6º Andar AC	21,8	EC	21,2	Bl. C 2º Andar CGCOM	44,7	Bl. C 5º Andar CGFIN	44,3
		Bl. C 7º Andar AC	22,0	EC	21,1	Bl. C 2º Andar CGCOM	44,9	Bl. C 5º Andar CGFIN	42,1
		Bl. C 7º Andar AC	21,9	EC	22,4	Bl. C 3º Andar CGEAP	44,4	Bl. C 5º Andar CGFIN	45,2
		Bl. H Apoio SL	22,7	EC	22,4	Bl. C 3º Andar CGAP	46,0	Bl. C 5º Andar CGFIN	42,0
		Bl. H Apoio CP	22,5	EC	21,7	Bl. C 3º Andar COGPE	41,4	Bl. C 5º Andar CGFIN	45,0
						Bl. C 3º Andar COGPE	45,7	Bl. C 6º Andar AUDITORIA	41,4
						Bl. C 3º Andar CORDEC	43,9	Bl. C 6º Andar AUDITORIA	43,9
						Bl. C 3º Andar CORDEC	42,1	Bl. C 6º Andar AUDITORIA	43,2
						Bl. C 3º Andar CORDEC	45,3	Bl. C 6º Andar PFE	44,6
						Bl. C 4º Andar COGAF	42,5	Bl. C 6º Andar PFE	45,3
						Bl. C 4º Andar COGAF	44,6	Bl. C 6º Andar COJUR	43,4
						Bl. C 4º Andar COFI	42,0	Bl. C 6º Andar COJUR	43,0
						Bl. C 4º Andar COFI	44,9	Bl. C 6º Andar ASCOM	41,6
						Bl. C 4º Andar DOFI	43,0	Bl. C 6º Andar ASCOM	42,2
						Bl. C 4º Andar DOFI	42,9	Bl. C 7º Andar SL REUNIÃO	41,8
						Bl. C 4º Andar PATRIMÔNIO	45,8	Bl. C 7º Andar SL REUNIÃO	43,0
						Bl. C 4º Andar CGA ENG ^a	43,3	Bl. C 7º Andar SECRET. DIR	41,3
						Bl. C 4º Andar CGA ENG ^a	43,2	Bl. C 7º Andar DGFAI	42,8
						Bl. C 4º Andar CGA	45,0	Bl. C 7º Andar DIPLAN	42,3
						Bl. C 4º Andar CGA	43,6	Bl. C 7º Andar DA	44,7

Fonte: Autor

Tabela C.7 – Dados Medidos Linha de Base.

Medição de potência - Sistema 15		Medição de potência - Sistema 19	
Ambiente	W	Ambiente	W
AE	252,0	BL. D RT	43,9
AE	254,0	BL. D RT	42,1
AE	252,5	BL. D RT	45,3
		BL. D RT	42,5
		BL. D RT	44,6
		BL. D RT	42,0
		BL. D RT	44,9
		BL. D RT	43,0

Medição de potência - Sistema 16	
Ambiente	W
AE	160,0
AE	161,0

Medição de potência - Sistema 17	
Ambiente	W
BL. J AT	70,6
BL. J AT	72,3
BL. J AT	73,0

Medição de potência - Sistema 18	
Ambiente	W
BL. J AT	70,9
BL. J AT	73,3
BL. J AT	74,1
BL. J AT	74,3
BL. J AT	74,5
BL. J AT	75,0
BL. J AT	74,1
BL. J AT	73,3
BL. J AT	73,2
BL. J AT	73,3

Fonte: Autor

Tabela C.8 – Análise das Medições Linha de Base.

Sistema	AC, CP e WC	AC, CP, WC e HE	GT, CP, SLE e AC
Número de amostras	8	15	15
Potência	AC, CP e WC	AC, CP, WC e HE	GT, CP, SLE e AC
Média	21,8 W	43,2 W	22,0 W
Desvio padrão	0,8 W	1,4 W	0,5 W
CV	4%	3%	2%
Erro padrão	0,3 W	0,4 W	0,1 W
Incerteza	0,6 W 2,9%	0,8 W 1,8%	0,3 W 1,3%
Tempo de funcionamento (diário)	AC, CP e WC	AC, CP, WC e HE	GT, CP, SLE e AC
Estimativa	6,958 h/dia	6,958 h/dia	6,958 h/dia
Incerteza tipo B	0,5 h/dia	0,5 h/dia	0,5 h/dia
Erro padrão	0,3 h/dia	0,3 h/dia	0,3 h/dia
Incerteza	0,6 h/dia 8,3%	0,6 h/dia 8,3%	0,6 h/dia 8,3%
Fator de coincidência na ponta	AC, CP e WC	AC, CP, WC e HE	GT, CP, SLE e AC
Estimativa	33%	33%	0%
Incerteza tipo B	7%	7%	10%
Incerteza	4% 12,2%	4% 12,2%	6% 0,0%
Período da linha de base	AC, CP e WC	AC, CP, WC e HE	GT, CP, SLE e AC
Datas	Início 01/12/2016 Término 10/02/2017	Início 01/12/2016 Término 10/02/2017	Início 01/12/2016 Término 10/02/2017
Medição de energia	AC, CP e WC	AC, CP, WC e HE	GT, CP, SLE e AC
Medidores	Fabric. ISSO TELECOM Mod/série DMI TCR-MC TRIFASICO	Fabric. ISSO TELECOM Mod/série DMI TCR-MC TRIFASICO	Fabric. ISSO TELECOM Mod/série DMI TCR-MC TRIFASICO
Última calibração	Data 15/04/2016 Validade 15/04/2017	Data 15/04/2016 Validade 15/04/2017	Data 15/04/2016 Validade 15/04/2017
Precisão medidor	%VM 5% dms 5 Valor dms 0,01	%VM 5% dms 5 Valor dms 0,01	%VM 5% dms 5 Valor dms 0,01
Erro padrão	0,6 W	1,1 W	0,6 W
Incerteza	1,37 W 6,3%	2,42 W 5,6%	1,26 W 5,7%

Fonte: Adaptado de ANEEL (2013)

Tabela C.8 – Análise das Medições Linha de Base.

Sistema	EC			SL e AC			SL, GF e BB		
Número de amostras	15			60			10		
Potência	EC			SL e AC			SL, GF e BB		
Média	21,7	W		43,4	W		44,1	W	
Desvio padrão	0,6	W		1,4	W		1,7	W	
CV	3%			3%			4%		
Erro padrão	0,2	W		0,2	W		0,5	W	
Incerteza	0,4	W		0,4	W		1,2	W	
	1,6%			0,8%			2,7%		
Tempo de funcionamento (diário)	EC			SL e AC			SL, GF e BB		
Estimativa	4,175	h/dia		6,958	h/dia		6,958	h/dia	
Incerteza tipo B	0,3	h/dia		0,5	h/dia		0,5	h/dia	
Erro padrão	0,2	h/dia		0,3	h/dia		0,3	h/dia	
Incerteza	0,3	h/dia		0,6	h/dia		0,6	h/dia	
	6,3%			8,3%			8,3%		
Fator de coincidência na ponta	EC			SL e AC			SL, GF e BB		
Estimativa	0%			0%			16%		
Incerteza tipo B	10%			10%			3%		
Incerteza	6%			6%			2%		
	0,0%			0,0%			10,6%		
Período da linha de base	EC			SL e AC			SL, GF e BB		
Datas									
Início	01/12/2016			01/12/2016			01/12/2016		
Término	10/02/2017			10/02/2017			10/02/2017		
Medição de energia	EC			SL e AC			SL, GF e BB		
Medidores									
Fabric.	ISSO TELECOM			ISSO TELECOM			ISSO TELECOM		
Mod/série	DMI TCR-MC TRIFÁSICO			DMI TCR-MC TRIFÁSICO			DMI TCR-MC TRIFÁSICO		
Última calibração									
Data	15/04/2016			15/04/2016			15/04/2016		
Validade	15/04/2017			15/04/2017			15/04/2017		
Precisão medidor	%VM	dms	Valor dms	%VM	dms	Valor dms	%VM	dms	Valor dms
	5%	5	0,01	5%	5	0,01	5%	5	0,01
Erro padrão	0,6	W		1,1	W		1,2	W	
Incerteza	1,24	W		2,27	W		2,60	W	
	5,7%			5,2%			5,9%		

Fonte: Adaptado de ANEEL (2013)

Tabela C.8 – Análise das Medições Linha de Base.

Sistema	Ti e AG			SL			SL e AC		
Número de amostras	10			3			40		
Potência	Ti e AG			SL			SL e AC		
Média	17,0	W		16,7	W		33,0	W	
Desvio padrão	0,7	W		0,6	W		0,6	W	
CV	4%			4%			2%		
Erro padrão	0,3	W		0,4	W		0,1	W	
Incerteza	0,6	W		1,5	W		0,2	W	
	3,7%			9,1%			0,6%		
Tempo de funcionamento (diário)	Ti e AG			SL			SL e AC		
Estimativa	6,958	h/dia		6,958	h/dia		6,958	h/dia	
Incerteza tipo B	0,5	h/dia		0,5	h/dia		0,5	h/dia	
Erro padrão	0,3	h/dia		0,3	h/dia		0,3	h/dia	
Incerteza	0,6	h/dia		0,6	h/dia		0,6	h/dia	
	8,3%			8,3%			8,3%		
Fator de coincidência na ponta	Ti e AG			SL			SL e AC		
Estimativa	33%			33%			0%		
Incerteza tipo B	7%			7%			10%		
Incerteza	4%			4%			6%		
	12,2%			12,2%			0,0%		
Período da linha de base	Ti e AG			SL			SL e AC		
Datas	Início	01/12/2016		Início	01/12/2016		Início	01/12/2016	
	Término	10/02/2017		Término	10/02/2017		Término	10/02/2017	
Medição de energia	Ti e AG			SL			SL e AC		
Medidores	Fabric.	ISSO TELECOM		Fabric.	ISSO TELECOM		Fabric.	ISSO TELECOM	
	Mod/série	DMI TCR-MC TRIFÁSICO		Mod/série	DMI TCR-MC TRIFÁSICO		Mod/série	DMI TCR-MC TRIFÁSICO	
Última calibração	Data	15/04/2016		Data	15/04/2016		Data	15/04/2016	
	Validade	15/04/2017		Validade	15/04/2017		Validade	15/04/2017	
Precisão medidor	%VM	dms	Valor dms	%VM	dms	Valor dms	%VM	dms	Valor dms
	5%	5	0,01	5%	5	0,01	5%	5	0,01
Erro padrão	0,5	W		0,5	W		0,9	W	
Incerteza	1,08	W		1,05	W		1,76	W	
	6,4%			11,6%			5,3%		

Fonte: Adaptado de ANEEL (2013)

Tabela C.8 – Análise das Medições Linha de Base.

Sistema	ACA		WC, CS e CE		AE
Número de amostras	40		10		2
Potência	ACA		WC, CS e CE		AE
Média	51,0 W		21,0 W		136,5 W
Desvio padrão	1,0 W		0,6 W		0,7 W
CV	2%		3%		1%
Erro padrão	0,4 W		0,2 W		0,5 W
Incerteza	0,9 W 1,7%		0,4 W 2,0%		6,4 W 4,7%
Tempo de funcionamento (diário)	ACA		WC, CS e CE		AE
Estimativa	2,739 h/dia		6,958 h/dia		12,032 h/dia
Incerteza tipo B	0,2 h/dia		0,5 h/dia		1,0 h/dia
Erro padrão	0,1 h/dia		0,3 h/dia		0,6 h/dia
Incerteza	0,2 h/dia 8,4%		0,6 h/dia 8,3%		1,2 h/dia 9,6%
Fator de coincidência na ponta	ACA		WC, CS e CE		AE
Estimativa	16%		16%		100%
Incerteza tipo B	3%		3%		1%
Incerteza	2% 10,8%		2% 10,8%		1% 0,6%
Período da linha de base	ACA		WC, CS e CE		AE
Datas	Início 01/12/2016 Término 10/02/2017		Início 01/12/2016 Término 10/02/2017		Início 01/12/2016 Término 10/02/2017
Medição de energia	ACA		WC, CS e CE		AE
Medidores	Fabric. ISSO TELECOM Mod/série DMI TCR-MC TRIFÁSICO		Fabric. ISSO TELECOM Mod/série DMI TCR-MC TRIFÁSICO		Fabric. ISSO TELECOM Mod/série DMI TCR-MC TRIFÁSICO
Última calibração	Data 15/04/2016 Validade 15/04/2017		Data 15/04/2016 Validade 15/04/2017		Data 15/04/2016 Validade 15/04/2017
Precisão medidor	%VM dms Valor dms 5% 5 0,01		%VM dms Valor dms 5% 5 0,01		%VM dms Valor dms 5% 5 0,01
Erro padrão	1,3 W		0,8 W		3,5 W
Incerteza	3,14 W 6,2%		1,27 W 6,0%		44,67 W 32,7%

Fonte: Adaptado de ANEEL (2013)

Tabela C.8 – Análise das Medições Linha de Base.

Sistema	CS			SL, AC, AVC e AT			AE		
Número de amostras	2			30			3		
Potência	CS			SL, AC, AVC e AT			AE		
Média	60,0	W		27,8	W		252,8	W	
Desvio padrão	1,3	W		0,8	W		1,0	W	
CV	2%			3%			0%		
Erro padrão	0,5	W		0,1	W		0,6	W	
Incerteza	1,1	W		0,3	W		2,6	W	
	1,8%			1,0%			1,0%		
Tempo de funcionamento (diário)	CS			SL, AC, AVC e AT			AE		
Estimativa	6,958	h/dia		2,739	h/dia		12,032	h/dia	
Incerteza tipo B	0,5	h/dia		0,2	h/dia		1,0	h/dia	
Erro padrão	0,3	h/dia		0,1	h/dia		0,6	h/dia	
Incerteza	0,6	h/dia		0,2	h/dia		1,2	h/dia	
	8,3%			8,4%			9,6%		
Fator de coincidência na ponta	CS			SL, AC, AVC e AT			AE		
Estimativa	0%			33%			100%		
Incerteza tipo B	10%			7%			1%		
Incerteza	6%			4%			1%		
	0,0%			12,2%			0,6%		
Período da linha de base	CS			SL, AC, AVC e AT			AE		
Datas									
Início	01/12/2016			01/12/2016			01/12/2016		
Término	10/02/2017			10/02/2017			10/02/2017		
Medição de energia	CS			SL, AC, AVC e AT			AE		
Medidores									
Fabric.	ISSO TELECOM			ISSO TELECOM			ISSO TELECOM		
Mod/série	DMI TCR-MC TRIFASICO			DMI TCR-MC TRIFASICO			DMI TCR-MC TRIFASICO		
Última calibração									
Data	15/04/2016			15/04/2016			15/04/2016		
Validade	15/04/2017			15/04/2017			15/04/2017		
Precisão medidor	%VM	dms	Valor dms	%VM	dms	Valor dms	%VM	dms	Valor dms
	5%	5	0,01	5%	5	0,01	5%	5	0,01
Erro padrão	1,6 W			0,7 W			6,5 W		
Incerteza	3,68 W			1,50 W			27,88 W		
	6,1%			5,4%			11,0%		

Fonte: Adaptado de ANEEL (2013)

Tabela C.8 – Análise das Medições Linha de Base.

Sistema	AE			AT			AT		
Número de amostras	3			3			10		
Potência	AE			AT			AT		
Média	160,5	W		72,0	W		73,6	W	
Desvio padrão	0,7	W		1,2	W		1,1	W	
CV	0%			2%			2%		
Erro padrão	0,5	W		0,7	W		0,4	W	
Incerteza	6,4	W		3,1	W		0,8	W	
	4,0%			4,3%			1,1%		
Tempo de funcionamento (diário)	AE			AT			AT		
Estimativa	12.032	h/dia		2.739	h/dia		2.739	h/dia	
Incerteza tipo B	1,0	h/dia		0,2	h/dia		0,2	h/dia	
Erro padrão	0,6	h/dia		0,1	h/dia		0,1	h/dia	
Incerteza	1,2	h/dia		0,2	h/dia		0,2	h/dia	
	9,6%			8,4%			8,4%		
Fator de coincidência na ponta	AE			AT			AT		
Estimativa	100%			0%			0%		
Incerteza tipo B	1%			10%			10%		
Incerteza	1%			6%			6%		
	0,6%			0,0%			0,0%		
Período da linha de base	AE			AT			AT		
Datas	Início	01/12/2016		Início	01/12/2016		Início	01/12/2016	
	Término	10/02/2017		Término	10/02/2017		Término	10/02/2017	
Medição de energia	AE			AT			AT		
Medidores	Fabric.	ISSO TELECOM		Fabric.	ISSO TELECOM		Fabric.	ISSO TELECOM	
	Mod/série	DMI TCR-MC TRIFASICO		Mod/série	DMI TCR-MC TRIFASICO		Mod/série	DMI TCR-MC TRIFASICO	
Última calibração	Data	15/04/2016		Data	15/04/2016		Data	15/04/2016	
	Validade	15/04/2017		Validade	15/04/2017		Validade	15/04/2017	
Precisão medidor	%VM	dms	Valor dms	%VM	dms	Valor dms	%VM	dms	Valor dms
	5%	5	0,01	5%	5	0,01	5%	5	0,01
Erro padrão	4,1	W		1,9	W		1,9	W	
Incerteza	52,35	W		8,01	W		4,31	W	
	32,6%			11,1%			5,8%		

Fonte: Adaptado de ANEEL (2013)

Tabela C.8 – Análise das Medições Linha de Base.

Sistema	RT		
Número de amostras	10		
Potência	RT		
Média	43,5	W	
Desvio padrão	1,3	W	
CV	3%		
Erro padrão	0,5	W	
Incerteza	1,1	W	
	2,5%		
Tempo de funcionamento (diário)	RT		
Estimativa	2,087	h/dia	
Incerteza tipo B	0,1	h/dia	
Erro padrão	0,1	h/dia	
Incerteza	0,1	h/dia	
	5,5%		
Fator de coincidência na ponta	RT		
Estimativa	0%		
Incerteza tipo B	10%		
Incerteza	6%		
	0,0%		
Período da linha de base	RT		
Datas	Início	01/12/2016	
	Término	10/02/2017	
Medição de energia	RT		
Medidores	Fabric.	ISSO TELECOM	
	Mod/série	DMI TCR-MC TRIFASICO	
Última calibração	Data	15/04/2016	
	Validade	15/04/2017	
Precisão medidor	%VM	dms	Valor dms
	5%	5	0,01
Erro padrão	1,1	W	
Incerteza	2,69	W	
	6,2%		

Fonte: Adaptado de ANEEL (2013)

APÊNDICE D. RELATÓRIO DE M&V

D.1. DADOS OBSERVADOS DURANTE O PERÍODO DE DETERMINAÇÃO DA ECONOMIA

Os dados observados durante o período de determinação da economia são apresentados nas tabelas de D.1 a D.2, as quais se encontram no final do apêndice. Os dados medidos da potência das lâmpadas instaladas na área do Gabinete do Superintendente e os dados obtidos por meio da metodologia sugerida no Plano de M&V (item 4), estão disponibilizados na tabela D.1.

A tabela D.2 apresenta os resultados obtidos a partir da inserção dos dados “medidos” no período de determinação da economia.

D.2. DESCRIÇÃO E JUSTIFICAÇÃO DE QUAISQUER CORREÇÕES FEITAS AOS DADOS OBSERVADOS

Não houve necessidade de realizar nenhuma correção aos dados observados.

D.3. VALORES ESTIMADOS ACORDADOS

Estes valores estão disponibilizados na tabela D.2.

D.4. PREÇO DA ENERGIA E DEMANDA UTILIZADOS

O preço da energia e demanda utilizada para fins de determinação da economia são os mesmos que foram utilizados no Plano de M&V, conforme tabela C.5.

D.5. AJUSTES DA LINHA DE BASE

Não houve a necessidade de recorrer a ajustes na linha de base, pois não foi observado nenhum fato superveniente.

D.6. ECONOMIA

Todos os resultados referentes às economias de energia e demanda e às economias financeiras a serem obtidas na hipótese de *retrofit* total no sistema de iluminação da SUDAM, estão contidos, respectivamente, nas tabelas D.3 e D.4, inseridas ao final deste apêndice.

Tabela D.1 – Dados Medidos no Período de Determinação da Economia.

Medição de potência - Sistema 1		Medição de potência - Sistema 3		Medição de potência - Sistema 10		Medição de potência - Sistema 15	
Ambiente	W	EQUIVALE AO SISTEMA 1		Ambiente	W	Ambiente	W
BL. C 7º Andar GABINETE AC	8,0			BL. J ACA	5,1	AE	55,0
BL. C 7º Andar GABINETE AC	7,8			BL. J ACA	4,9	AE	53,0
				BL. J ACA	5,3	AE	52,0
				BL. J ACA	5,1		
				BL. J ACA	4,5		
				BL. J ACA	4,9		
				BL. J ACA	4,7		
				BL. J ACA	4,8		
Medição de potência - Sistema 2		Medição de potência - Sistema 4		Medição de potência - Sistema 11		Medição de potência - Sistema 17	
Ambiente	W	EQUIVALE AO SISTEMA 1		Ambiente	W	EQUIVALE AO SISTEMA 15	
BL. C 7º Andar SECRET. GAB	17,1			BL. B TÉR. WC	9,9		
BL. C 7º Andar SECRET. GAB	17,6			BL. B TÉR. WC	10,4		
BL. C 7º Andar SECRET. GAB	18,9			BL. B 1º AND. WC	9,6		
BL. C 7º Andar SECRET. GAB	17,3			BL. B 1º AND. WC	10,2		
BL. C 7º Andar SL REUNIÃO	17,1			BL. B 1º AND. WC	10,0		
BL. C 7º Andar SL REUNIÃO	18,3			BL. B 2º AND. WC	10,1		
BL. C 7º Andar SL REUNIÃO	18,1			BL. B 2º AND. WC	9,9		
BL. C 7º Andar SL REUNIÃO	17,3			BL. B 2º AND. WC	10,0		
BL. C 7º Andar SL REUNIÃO	17,4			BL. C TÉR. WC	10,4		
BL. C 7º Andar SL REUNIÃO	17,3			BL. C TÉR. WC	10,3		
BL. C 7º Andar SL REUNIÃO	17,7						
BL. C 7º Andar GAB. SUPERINT	17,2						
BL. C 7º Andar GAB. SUPERINT	18,8						
BL. C 7º Andar GAB. SUPERINT	18,5						
BL. C 7º Andar GAB. SUPERINT	18,10						
BL. C 7º Andar GAB. SUPERINT	17,70						
BL. C 7º Andar GAB. SUPERINT	19,00						
BL. C 7º Andar GAB. SUPERINT	18,50						
BL. C 7º Andar GAB. SUPERINT	18,60						
BL. C 7º Andar GAB. SUPERINT	17,40						
BL. C 7º Andar GAB. SUPERINT	17,90						
BL. C 7º Andar GAB. SUPERINT	17,50						
BL. C 7º Andar GAB. SUPERINT	17,2						
BL. C 7º Andar GAB. SUPERINT	18,5						
BL. C 7º Andar GAB. SUPERINT	17,3						
BL. C 7º Andar GAB. SUPERINT	18,3						
BL. C 7º Andar GAB. SUPERINT	18,9						
BL. C 7º Andar GAB. SUPERINT	17						
BL. C 7º Andar GAB. SUPERINT	18,5						
		Medição de potência - Sistema 5		Medição de potência - Sistema 12		Medição de potência - Sistema 18	
		EQUIVALE AO SISTEMA 2		Ambiente	W	Ambiente	W
				AE	33,0	BL. J AT	26,9
				AE	32,0	BL. J AT	25,4
						BL. J AT	27,2
						BL. J AT	27,0
						BL. J AT	25,5
						BL. J AT	27,0
						BL. J AT	25,5
						BL. J AT	27,3
						BL. J AT	25,9
						BL. J AT	25,1
		Medição de potência - Sistema 6		Medição de potência - Sistema 13		Medição de potência - Sistema 16	
		EQUIVALE AO SISTEMA 2		Ambiente	W	EQUIVALE AO SISTEMA 2	
				RECEPÇÃO WC	3,6		
				BL. C TÉR. WC	3,4		

Fonte: Autor

Tabela D.2 – Análise das Medições do Período de Determinação Economia.

Sistema	AC, CP e WC	AC, CP, WC e HE	GT, CP, SL E AC
Numero de amostras	2	30	2
Potência	AC, CP e WC	AC, CP, WC e HE	GT, CP, SL E AC
Media	7,9 W	17,9 W	7,9 W
Desvio padrão	0,1 W	0,6 W	0,1 W
CV	2%	4%	2%
Erro padrão	0,1 W	0,1 W	0,1 W
Incerteza	1,3 W 16,1%	0,2 W 1,4%	1,3 W 16,1%
Tempo de funcionamento (diário)	AC, CP e WC	AC, CP, WC e HE	GT, CP, SL E AC
Estimativa	6,958 h/dia	6,958 h/dia	6,958 h/dia
Incerteza tipo B	0,5 h/dia	0,5 h/dia	0,5 h/dia
Incerteza	0,3 h/dia 4,1%	0,3 h/dia 4,1%	0,3 h/dia 4,1%
Fator de coincidência na ponta	AC, CP e WC	AC, CP, WC e HE	GT, CP, SL E AC
Estimativa	33%	33%	0%
Incerteza tipo B	10%	10%	10%
Incerteza	6% 17,6%	6% 17,6%	6% 0,0%
Período de determinação	AC, CP e WC	AC, CP, WC e HE	GT, CP, SL E AC
Datas	Início 11/02/2017 Término 01/03/2017	Início 11/02/2017 Término 01/03/2017	Início 11/02/2017 Término 01/03/2017
Medição de energia	AC, CP e WC	AC, CP, WC e HE	GT, CP, SL E AC
Medidores	Fabric. I550 TELECOM Mod/série DMI TCR-MC TRIFASICO	Fabric. I550 TELECOM Mod/série DMI TCR-MC TRIFASICO	Fabric. I550 TELECOM Mod/série DMI TCR-MC TRIFASICO
Última calibração	Data 15/04/2016 Validade 15/04/2017	Data 15/04/2016 Validade 15/04/2017	Data 15/04/2016 Validade 15/04/2017
Precisão medidor	%VM dms Valor dms 5% 5 0,01	%VM dms Valor dms 5% 5 0,01	%VM dms Valor dms 5% 5 0,01
Erro padrão	0,2 W	0,5 W	0,2 W
Incerteza	2,88 W 36,5%	0,98 W 5,5%	2,88 W 36,5%

Fonte: Adaptado de ANEEL (2013)

Tabela D.2 – Análise das Medições do Período de Determinação Economia.

Sistema	EC	SL e AC	SL, GF e BB
Número de amostras	2	30	30
Potência	EC	SL e AC	SL, GF e BB
Media	7,9 W	17,9 W	17,9 W
Desvio padrão	0,1 W	0,6 W	0,6 W
CV	2%	4%	4%
Erro padrão	0,1 W	0,1 W	0,1 W
Incerteza	1,3 W 16,1%	0,2 W 1,4%	0,2 W 1,4%
Tempo de funcionamento (diário)	EC	SL e AC	SL, GF e BB
Estimativa	4,175 h/dia	6,958 h/dia	6,958 h/dia
Incerteza tipo B	0,3 h/dia	0,6 h/dia	0,6 h/dia
Incerteza	0,2 h/dia 4%	0,3 h/dia 4,1%	0,3 h/dia 4%
Fator de coincidência na ponta	EC	SL e AC	SL, GF e BB
Estimativa	0%	0%	0%
Incerteza tipo B	10%	10%	10%
Incerteza	6% 0,0%	6% 0,0%	6% 0,0%
Período de determinação	EC	SL e AC	SL, GF e BB
Datas	Início 11/02/2017 Término 01/03/2017	Início 11/02/2017 Término 01/03/2017	Início 11/02/2017 Término 01/03/2017
Medição de energia	EC	SL e AC	SL, GF e BB
Medidores	Fabric. ISSO TELECOM Mod/série DMI TCR-MC TRIFÁSICO	Fabric. ISSO TELECOM Mod/série DMI TCR-MC TRIFÁSICO	Fabric. ISSO TELECOM Mod/série DMI TCR-MC TRIFÁSICO
Última calibração	Data 15/04/2016 Validade 15/04/2017	Data 15/04/2016 Validade 15/04/2017	Data 15/04/2016 Validade 15/04/2017
Precisão medidor	%VM dms Valor dms 5% 5 0,01	%VM dms Valor dms 5% 5 0,01	%VM dms Valor dms 5% 5 0,01
Erro padrão	0,2 W	0,6 W	0,6 W
Incerteza	2,88 W 36,5%	0,98 W 5,5%	0,98 W 5,5%

Fonte: Adaptado de ANEEL (2013)

Tabela D.2 – Análise das Medições do Período de Determinação Economia.

Sistema	TI e AG	SL	SL e AC
Número de amostras	2	2	30
Potência	TI e AG	SL	SL e AC
Media	7,9 W	7,9 W	17,9 W
Desvio padrão	0,1 W	0,1 W	0,6 W
CV	2%	2%	4%
Erro padrão	0,1 W	0,1 W	0,1 W
Incerteza	1,3 W 16,1%	1,3 W 16,1%	0,2 W 1,4%
Tempo de funcionamento (diário)	TI e AG	SL	SL e AC
Estimativa	6.958 h/dia	6.958 h/dia	6.958 h/dia
Incerteza tipo B	0,5 h/dia	0,5 h/dia	0,5 h/dia
Incerteza	0,3 h/dia 4,1%	0,3 h/dia 4%	0,3 h/dia 4,1%
Fator de coincidência na ponta	TI e AG	SL	SL e AC
Estimativa	0%	0%	0%
Incerteza tipo B	10%	10%	10%
Incerteza	6% 0,0%	6% 0,0%	6% 0,0%
Período de determinação	TI e AG	SL	SL e AC
Datas	Início 11/02/2017 Término 01/03/2017	Início 11/02/2017 Término 01/03/2017	Início 11/02/2017 Término 01/03/2017
Medição de energia	TI e AG	SL	SL e AC
Medidores	Fabric. ISSO TELECOM Mod/série DMI TCR-MC TRIFASICO	Fabric. ISSO TELECOM Mod/série DMI TCR-MC TRIFASICO	Fabric. ISSO TELECOM Mod/série DMI TCR-MC TRIFASICO
Última calibração	Data 15/04/2016 Validade 15/04/2017	Data 15/04/2016 Validade 15/04/2017	Data 15/04/2016 Validade 15/04/2017
Precisão medidor	%VM dms Valor dms 5% 5 0,01	%VM dms Valor dms 5% 5 0,01	%VM dms Valor dms 5% 5 0,01
Erro padrão	0,2 W	0,2 W	0,5 W
Incerteza	2,88 W 36,5%	2,88 W 36,5%	0,98 W 5,5%

Fonte: Adaptado de ANEEL (2013)

Tabela D.2 – Análise das Medições do Período de Determinação Economia.

Sistema	ACA			WC, CS e CE			AE		
Número de amostras	8			10			2		
Potência	ACA			WC, CS e CE			AE		
Média	4,9	W		10,1	W		32,8	W	
Desvio padrão	0,3	W		0,3	W		0,7	W	
CV	5%			3%			2%		
Erro padrão	0,1	W		0,1	W		0,5	W	
Incerteza	0,2	W		0,2	W		6,4	W	
	4,3%			1,8%			19,5%		
Tempo de funcionamento (diário)	ACA			WC, CS e CE			AE		
Estimativa	2.739	h/dia		6.958	h/dia		12.032	h/dia	
Incerteza tipo B	0,2	h/dia		0,5	h/dia		1,0	h/dia	
Incerteza	0,1	h/dia		0,3	h/dia		0,6	h/dia	
	4%			4,1%			5%		
Fator de coincidência na ponta	ACA			WC, CS e CE			AE		
Estimativa	0%			0%			0%		
Incerteza tipo B	10%			10%			10%		
Incerteza	5%			5%			5%		
	0,0%			0,0%			0,0%		
Período de determinação	ACA			WC, CS e CE			AE		
Datas	Início	11/02/2017		Início	11/02/2017		Início	11/02/2017	
	Término	01/03/2017		Término	01/03/2017		Término	01/03/2017	
Medição de energia	ACA			WC, CS e CE			AE		
Medidores	Fabric.	ISSO TELECOM		Fabric.	ISSO TELECOM		Fabric.	ISSO TELECOM	
	Mod/série	DMI TCR-MC TRIFÁSICO		Mod/série	DMI TCR-MC TRIFÁSICO		Mod/série	DMI TCR-MC TRIFÁSICO	
Última calibração	Data	15/04/2016		Data	15/04/2016		Data	15/04/2016	
	Validade	15/04/2017		Validade	15/04/2017		Validade	15/04/2017	
Precisão medidor	%VM	dms	Valor dms	%VM	dms	Valor dms	%VM	dms	Valor dms
	5%	5	0,01	5%	5	0,01	5%	5	0,01
Erro padrão	0,2	W		0,3	W		0,9	W	
Incerteza	0,36	W		0,64	W		10,86	W	
	7,3%			6,3%			33,4%		

Fonte: Adaptado de ANEEL (2013)

Tabela D.2 – Análise das Medições do Período de Determinação Economia.

Sistema	CS			SL, AC, AVC e AT			AE		
Número de amostras	2			30			3		
Polência	CS			SL, AC, AVC e AT			AE		
Média	3,5	W		12,5	W		53,3	W	
Desvio padrão	0,1	W		0,3	W		1,5	W	
CV	4%			2%			3%		
Erro padrão	0,1	W		0,1	W		0,9	W	
Incerteza	1,3	W		0,1	W		3,8	W	
	36,3%			0,8%			7,1%		
Tempo de funcionamento (diário)	CS			SL, AC, AVC e AT			AE		
Estimativa	6,958	h/dia		2,739	h/dia		12,032	h/dia	
Incerteza tipo B	0,5	h/dia		0,2	h/dia		1,0	h/dia	
Incerteza	0,3	h/dia		0,1	h/dia		0,6	h/dia	
	4,1%			4%			4,8%		
Fator de coincidência na ponta	CS			SL, AC, AVC e AT			AE		
Estimativa	0%			0%			0%		
Incerteza tipo B	10%			10%			10%		
Incerteza	6%			6%			6%		
	0,0%			0,0%			0,0%		
Período de determinação	CS			SL, AC, AVC e AT			AE		
Datas	Início	11/02/2017		Início	11/02/2017		Início	11/02/2017	
	Término	01/03/2017		Término	01/03/2017		Término	01/03/2017	
Medição de energia	CS			SL, AC, AVC e AT			AE		
Medidores	Fabric.	ISSO TELECOM		Fabric.	ISSO TELECOM		Fabric.	ISSO TELECOM	
	Mod/série	DMI TCR-MC TRIFÁSICO		Mod/série	DMI TCR-MC TRIFÁSICO		Mod/série	DMI TCR-MC TRIFÁSICO	
Última calibração	Data	15/04/2016		Data	15/04/2016		Data	15/04/2016	
	Validade	15/04/2017		Validade	15/04/2017		Validade	15/04/2017	
Precisão medidor	%VM	dms	Valor dms	%VM	dms	Valor dms	%VM	dms	Valor dms
	5%	5	0,01	5%	5	0,01	5%	5	0,01
Erro padrão	0,1	W		0,3	W		1,4	W	
Incerteza	1,46	W		0,71	W		5,96	W	
	41,7%			5,6%			11,2%		

Fonte: Adaptado de ANEEL (2013)

Tabela D.2 – Análise das Medições do Período de Determinação Economia.

Sistema	AE			AT			AT		
Número de amostras	2			3			10		
Potência	AE			AT			AT		
Média	32,5	W		53,3	W		26,3	W	
Desvio padrão	0,7	W		1,5	W		0,9	W	
CV	2%			3%			3%		
Erro padrão	0,5	W		0,9	W		0,3	W	
Incerteza	6,4	W		3,8	W		0,6	W	
	19,5%			7,1%			2,4%		
Tempo de funcionamento (diário)	AE			AT			AT		
Estimativa	12,032	h/dia		2,739	h/dia		2,739	h/dia	
Incerteza tipo B	1,0	h/dia		0,2	h/dia		0,2	h/dia	
Incerteza	0,6	h/dia		0,1	h/dia		0,1	h/dia	
	5%			4%			4,2%		
Fator de coincidência na ponta	AE			AT			AT		
Estimativa	0%			0%			0%		
Incerteza tipo B	10%			10%			10%		
Incerteza	6%			6%			6%		
	0,0%			0,0%			0,0%		
Período de determinação	AE			AT			AT		
Datas	Início 11/02/2017			Início 11/02/2017			Início 11/02/2017		
	Término 01/03/2017			Término 01/03/2017			Término 01/03/2017		
Medição de energia	AE			AT			AT		
Medidores	Fabr. 1550 TELECOM			Fabr. 1550 TELECOM			Fabr. 1550 TELECOM		
	Mod/série DMI TCR-MC TRIFÁSICO			Mod/série DMI TCR-MC TRIFÁSICO			Mod/série DMI TCR-MC TRIFÁSICO		
Última calibração	Data 15/04/2016			Data 15/04/2016			Data 15/04/2016		
	Validade 15/04/2017			Validade 15/04/2017			Validade 15/04/2017		
Precisão medidor	%VM	dms	Valor dms	%VM	dms	Valor dms	%VM	dms	Valor dms
	5%	5	0,01	5%	5	0,01	5%	5	0,01
Erro padrão	0,9	W		1,4	W		0,7	W	
Incerteza	10,86	W		5,96	W		1,57	W	
	33,4%			11,2%			6,0%		

Fonte: Adaptado de ANEEL (2013)

Tabela D.2 – Análise das Medições do Período de Determinação Economia.

Sistema	RT		
Número de amostras	30		
Potência	RT		
Média	17,9	W	
Desvio padrão	0,6	W	
CV	4%		
Erro padrão	0,1	W	
Incerteza	0,2	W	
	1,4%		
Tempo de funcionamento (diário)	RT		
Estimativa	2,087	h/dia	
Incerteza tipo B	0,1	h/dia	
Incerteza	0,1	h/dia	
	3%		
Fator de coincidência na ponta	RT		
Estimativa	0%		
Incerteza tipo B	10%		
Incerteza	6%		
	0,0%		
Período de determinação	RT		
Datas	Início	11/02/2017	
	Término	01/03/2017	
Medição de energia	RT		
Medidores	Fabric.	1550 TELECOM	
	Mod/série	DMI TCR-MC TRIFÁSICO	
Última calibração	Data	15/04/2016	
	Validade	15/04/2017	
Precisão medidor	%VM	dms	Valor dms
	5%	5	0,01
Erro padrão	0,5	W	
Incerteza	0,98	W	
	5,5%		

Fonte: Adaptado de ANEEL (2013)

Tabela D.3 – Resultados das Economias de Energia e Demanda.

Sistema	AC, CP e WC			AC, CP, WC e HE		
	base		determ.	base		determ.
Lâmpadas	48		48	94		94
Potência linha de base	21,8	W		43,2	W	
Potência determinação	7,9	W		17,9	W	
Tempo operação		6,96	h/dia		6,96	h/dia
FCP		33%			33%	h/dia
Energia linha de base	por lâmpada	55,3	kWh/ano	por lâmpada	109,8	kWh/ano
	do projeto	2,65	MWh/ano	do projeto	10,32	MWh/ano
Energia determinação	por lâmpada	20,06	kWh/ano	por lâmpada	45,39	kWh/ano
	do projeto	0,96	MWh/ano	do projeto	4,27	MWh/ano
Demanda ponta linha de base	por lâmpada	7,18	W	por lâmpada	14,26	W
	do projeto	0,34	kW	do projeto	1,34	kW
Demanda ponta determinação	por lâmpada	2,61	kW	por lâmpada	5,90	kW
	do projeto	0,13	kW	do projeto	0,55	kW
Economia energia	AC, CP e WC			AC, CP, WC e HE		
Energia - Sistemas	1,69		MWh/ano	6,05		MWh/ano
Energia - total	206		MWh/ano			
RDP - Sistemas	0		kW	1		kW
RDP - Total	9		kW			

Fonte: Adaptado de ANEEL (2013)

Tabela D.3 – Resultados das Economias de Energia e Demanda.

Sistema	GT, CP, SL E AC		EC		SL e AC	
	base	determ.	base	determ.	base	determ.
Lâmpadas	110	110	92	92	1.730	1.730
Potência linha de base	22,0	W	21,7	W	43,4	W
Potência determinação	7,9	W	7,9	W	17,9	W
Tempo operação	6,96	h/dia	4,18	h/dia	6,96	h/dia
FCP	0%	h/dia	0%	h/dia	0%	h/dia
Energia linha de base	por lâmpada 55,9	kWh/ano	por lâmpada 33,1	kWh/ano	por lâmpada 110,3	kWh/ano
	do projeto 6,15	MWh/ano	do projeto 3,05	MWh/ano	do projeto 190,88	MWh/ano
Energia determinação	por lâmpada 20,06	kWh/ano	por lâmpada 12,04	kWh/ano	por lâmpada 45,39	kWh/ano
	do projeto 2,21	MWh/ano	do projeto 1,11	MWh/ano	do projeto 78,53	MWh/ano
Demanda ponta linha de base	por lâmpada 0,00	W	por lâmpada 0,00	W	por lâmpada 0,00	W
	do projeto 0,00	kW	do projeto 0,00	kW	do projeto 0,00	kW
Demanda ponta determinação	por lâmpada 0,00	kW	por lâmpada 0,00	kW	por lâmpada 0,00	kW
	do projeto 0,00	kW	do projeto 0,00	kW	do projeto 0,00	kW
Economia energia	GT, CP, SL E AC		EC		SL e AC	
Energia - Sistemas	3,94	MWh/ano	1,94	MWh/ano	112,35	MWh/ano
Energia - total						
RDP - Sistemas	0	kW	0	kW	0	kW
RDP - Total						

Fonte: Adaptado de ANEEL (2013)

Tabela D.3 – Resultados das Economias de Energia e Demanda.

Sistema	SL, GF e BB		TI e AG		SL	
	base	determ.	base	determ.	base	determ.
Lâmpadas	80	80	34	34	16	16
Potência linha de base	44,1	W	17,0	W	16,7	W
Potência determinação	17,9	W	7,9	W	7,9	W
Tempo operação	6,96	h/dia	6,96	h/dia	6,96	h/dia
FCP	16%	h/dia	33%	h/dia	33%	h/dia
Energia linha de base	por lâmpada 112,0	kWh/ano	por lâmpada 43,0	kWh/ano	por lâmpada 42,5	kWh/ano
	do projeto 8,96	MWh/ano	do projeto 1,46	MWh/ano	do projeto 0,68	MWh/ano
Energia determinação	por lâmpada 45,39	kWh/ano	por lâmpada 20,06	kWh/ano	por lâmpada 20,06	kWh/ano
	do projeto 3,63	MWh/ano	do projeto 0,68	MWh/ano	do projeto 0,32	MWh/ano
Demanda ponta linha de base	por lâmpada 7,06	W	por lâmpada 5,59	W	por lâmpada 5,52	W
	do projeto 0,56	kW	do projeto 0,19	kW	do projeto 0,09	kW
Demanda ponta determinação	por lâmpada 2,86	kW	por lâmpada 2,61	kW	por lâmpada 2,61	kW
	do projeto 0,23	kW	do projeto 0,09	kW	do projeto 0,04	kW
Economia energia	SL, GF e BB		TI e AG		SL	
Energia - Sistemas	5,33	MWh/ano	0,78	MWh/ano	0,36	MWh/ano
Energia - total						
RDP - Sistemas	0	kW	0	kW	0	kW
RDP - Total						

Fonte: Adaptado de ANEEL (2013)

Tabela D.3 – Resultados das Economias de Energia e Demanda.

Sistema	SL e AC		ACA		WC, CS e CE	
	base	determ.	base	determ.	base	determ.
Lâmpadas	728	728	39	39	81	81
Potência linha de base	33,0	W	51,0	W	21,0	W
Potência determinação	17,9	W	4,9	W	10,1	W
Tempo operação	6,96	h/dia	2,74	h/dia	6,96	h/dia
FCP	0%	h/dia	16%	h/dia	16%	h/dia
Energia linha de base	por lâmpada 83,9	kWh/ano	por lâmpada 51,0	kWh/ano	por lâmpada 53,3	kWh/ano
	do projeto 61,05	MWh/ano	do projeto 1,99	MWh/ano	do projeto 4,32	MWh/ano
Energia determinação	por lâmpada 45,39	kWh/ano	por lâmpada 4,91	kWh/ano	por lâmpada 25,60	kWh/ano
	do projeto 33,05	MWh/ano	do projeto 0,19	MWh/ano	do projeto 2,07	MWh/ano
Demanda ponta linha de base	por lâmpada 0,00	W	por lâmpada 8,17	W	por lâmpada 3,36	W
	do projeto 0,00	kW	do projeto 0,32	kW	do projeto 0,27	kW
Demanda ponta determinação	por lâmpada 0,00	kW	por lâmpada 0,79	kW	por lâmpada 1,61	kW
	do projeto 0,00	kW	do projeto 0,03	kW	do projeto 0,13	kW
Economia energia	SL e AC		ACA		WC, CS e CE	
Energia - Sistemas	28,00	MWh/ano	1,80	MWh/ano	2,24	MWh/ano
Energia - total						
RDP - Sistemas	0	kW	0	kW	0	kW
RDP - Total						

Fonte: Adaptado de ANEEL (2013)

Tabela D.3 – Resultados das Economias de Energia e Demanda.

Sistema	AE		CS		SL, AC, AVC e AT	
	base	determ.	base	determ.	base	determ.
Lâmpadas	2	2	53	53	306	306
Potência linha de base	136,5	W	60,0	W	27,8	W
Potência determinação	32,5	W	3,5	W	12,5	W
Tempo operação	12,03	h/dia	6,96	h/dia	2,74	h/dia
FCP	100%	h/dia	0%	h/dia	33%	h/dia
Energia linha de base	por lâmpada 599,5	kWh/ano	por lâmpada 152,4	kWh/ano	por lâmpada 27,8	kWh/ano
	do projeto 1,20	MWh/ano	do projeto 8,08	MWh/ano	do projeto 8,50	MWh/ano
Energia determinação	por lâmpada 142,73	kWh/ano	por lâmpada 8,89	kWh/ano	por lâmpada 12,53	kWh/ano
	do projeto 0,29	MWh/ano	do projeto 0,47	MWh/ano	do projeto 3,83	MWh/ano
Demanda ponta linha de base	por lâmpada 136,50	W	por lâmpada 0,00	W	por lâmpada 9,17	W
	do projeto 0,27	kW	do projeto 0,00	kW	do projeto 2,80	kW
Demanda ponta determinação	por lâmpada 32,50	kW	por lâmpada 0,00	kW	por lâmpada 4,13	kW
	do projeto 0,07	kW	do projeto 0,00	kW	do projeto 1,27	kW
Economia energia	AE		CS		SL, AC, AVC e AT	
Energia - Sistemas	0,91	MWh/ano	7,61	MWh/ano	4,66	MWh/ano
Energia - total						
RDP - Sistemas	0	kW	0	kW	2	kW
RDP - Total						

Fonte: Adaptado de ANEEL (2013)

Tabela D.3 – Resultados das Economias de Energia e Demanda.

Sistema	AE		AE		AT				
	base	determ.	base	determ.	base	determ.			
Lâmpadas	19	19	12	12	18	18			
Potência linha de base	252,8	W	160,5	W	72,0	W			
Potência determinação	53,3	W	32,5	W	53,3	W			
Tempo operação	12,03	h/dia	12,03	h/dia	2,74	h/dia			
FCP	100%	h/dia	100%	h/dia	0%	h/dia			
Energia linha de base	por lâmpada	1.110,4	kWh/ano	por lâmpada	704,9	kWh/ano	por lâmpada	71,9	kWh/ano
	do projeto	21,10	MWh/ano	do projeto	8,46	MWh/ano	do projeto	1,30	MWh/ano
Energia determinação	por lâmpada	234,22	kWh/ano	por lâmpada	142,73	kWh/ano	por lâmpada	53,32	kWh/ano
	do projeto	4,45	MWh/ano	do projeto	1,71	MWh/ano	do projeto	0,96	MWh/ano
Demanda ponta linha de base	por lâmpada	252,83	W	por lâmpada	160,50	W	por lâmpada	0,00	W
	do projeto	4,80	kW	do projeto	1,93	kW	do projeto	0,00	kW
Demanda ponta determinação	por lâmpada	53,33	kW	por lâmpada	32,50	kW	por lâmpada	0,00	kW
	do projeto	1,01	kW	do projeto	0,39	kW	do projeto	0,00	kW
Economia energia	AE		AE		AT				
Energia - Sistemas	16,65	MWh/ano	6,75	MWh/ano	0,34	MWh/ano			
Energia - total									
RDP - Sistemas	4	kW	2	kW	0	kW			
RDP - Total									

Fonte: Adaptado de ANEEL (2013)

Tabela D.3 – Resultados das Economias de Energia e Demanda.

Sistema	AT		RT			
	base	determ.	base	determ.		
Lâmpadas	82	82	62	62		
Potência linha de base	73,6	W	43,5	W		
Potência determinação	26,3	W	17,9	W		
Tempo operação	2,74	h/dia	2,09	h/dia		
FCP	0%	h/dia	0%	h/dia		
Energia linha de base	por lâmpada	73,6	kWh/ano	por lâmpada	33,2	kWh/ano
	do projeto	6,03	MWh/ano	do projeto	2,06	MWh/ano
Energia determinação	por lâmpada	26,27	kWh/ano	por lâmpada	13,62	kWh/ano
	do projeto	2,15	MWh/ano	do projeto	0,84	MWh/ano
Demanda ponta linha de base	por lâmpada	0,00	W	por lâmpada	0,00	W
	do projeto	0,00	kW	do projeto	0,00	kW
Demanda ponta determinação	por lâmpada	0,00	kW	por lâmpada	0,00	kW
	do projeto	0,00	kW	do projeto	0,00	kW
Economia energia	AT		RT			
Energia - Sistemas	3,88	MWh/ano	1,21	MWh/ano		
Energia - total						
RDP - Sistemas	0	kW	0	kW		
RDP - Total						

Fonte: Adaptado de ANEEL (2013)

Tabela D.4 – Resultados das Economias Monetárias.

Economia monetária (ótica do sistema)	AC, CP e WC		AC, CP, WC e HE		GT, CP, SL E AC	
Energia Sistemas	957,13	R\$/ano	3.427,17	R\$/ano	2.231,00	R\$/ano
Energia total	116.953,16	R\$/ano				
RDP Sistemas	228,36	R\$/ano	817,68	R\$/ano	0,00	R\$/ano
RDP total	9.352,46	R\$/ano				
Sistemas total	1.185,49	R\$/ano	4.244,85	R\$/ano	2.231,00	R\$/ano
Projeto total	126.305,61	R\$/ano				
Economia monetária (ótica do consumidor)	AC, CP e WC		AC, CP, WC e HE		GT, CP, SL E AC	
Energia Sistemas	1.384,73	R\$/ano	4.958,30	R\$/ano	3.227,72	R\$/ano
Energia total	169.203,06	R\$/ano				
RDP Sistemas	330,38	R\$/ano	1.182,98	R\$/ano	0,00	R\$/ano
RDP total	13.530,75	R\$/ano				
Sistemas total	1.715,11	R\$/ano	6.141,28	R\$/ano	3.227,72	R\$/ano
Projeto total	182.733,82	R\$/ano				
Investimento total	AC, CP e WC		AC, CP, WC e HE		GT, CP, SL E AC	
Total anualizado	1.619,76	R\$	4.975,07	R\$	2.329,23	R\$
Total projeto anualizado	81.868,62	R\$				
RCB investimento total	AC, CP e WC		AC, CP, WC e HE		GT, CP, SL E AC	
Sistemas	1,37		1,17		1,04	
Total	0,65					
RCB investimento total (ótica do consumidor)	AC, CP e WC		AC, CP, WC e HE		GT, CP, SL E AC	
Sistemas	0,94		0,81		0,72	
Total	0,45					

Fonte: Adaptado de ANEEL (2013)

Tabela D.4 – Resultados das Economias Monetárias.

	EC		SL e AC		SL, GF e BB
Economia energia					
Energia - Sistemas	1,94	MWh/ano	112,35	MWh/ano	5,33 MWh/ano
Energia - total					
RDP - Sistemas	0	kW	0	kW	0 kW
RDP - Total					
Economia monetária (ótica do sistema)					
Energia Sistemas	1.099,49	R\$/ano	63.634,51	R\$/ano	3.019,16 R\$/ano
Energia total					
RDP Sistemas	0,00	R\$/ano	0,00	R\$/ano	349,25 R\$/ano
RDP total					
Sistemas total	1.099,49	R\$/ano	63.634,51	R\$/ano	3.368,41 R\$/ano
Projeto total					
Economia monetária (ótica do consumidor)					
Energia Sistemas	1.590,70	R\$/ano	92.063,81	R\$/ano	4.368,00 R\$/ano
Energia total					
RDP Sistemas	0,00	R\$/ano	0,00	R\$/ano	505,28 R\$/ano
RDP total					
Sistemas total	1.590,70	R\$/ano	92.063,81	R\$/ano	4.873,28 R\$/ano
Projeto total					
Investimento total					
Total anualizado	1.436,42	R\$	51.295,94	R\$	2.141,05 R\$
Total projeto anualizado					
RCB investimento total					
Sistemas	1,31		0,81		0,64
Total					
RCB investimento total (ótica do consumidor)					
Sistemas	0,90		0,56		0,44
Total					

Fonte: Adaptado de ANEEL (2013)

Tabela D.4 – Resultados das Economias Monetárias.

Economia monetária (ótica do sistema)	TI e AG		SL		SL e AC	
Energia Sistemas	442,60	R\$/ano	203,30	R\$/ano	15.861,20	R\$/ano
Energia total						
RDP Sistemas	105,60	R\$/ano	48,50	R\$/ano	0,00	R\$/ano
RDP total						
Sistemas total	548,20	R\$/ano	251,80	R\$/ano	15.861,20	R\$/ano
Projeto total						
Economia monetária (ótica do consumidor)	TI e AG		SL		SL e AC	
Energia Sistemas	640,34	R\$/ano	294,12	R\$/ano	22.947,34	R\$/ano
Energia total						
RDP Sistemas	152,78	R\$/ano	70,17	R\$/ano	0,00	R\$/ano
RDP total						
Sistemas total	793,12	R\$/ano	364,30	R\$/ano	22.947,34	R\$/ano
Projeto total						
Investimento total	TI e AG		SL		SL e AC	
Total anualizado	201,87	R\$	95,00	R\$	6.509,42	R\$
Total projeto anualizado						
RCB investimento total	TI e AG		SL		SL e AC	
Sistemas	0,37		0,38		0,41	
Total						
RCB investimento total (ótica do consumidor)	TI e AG		SL		SL e AC	
Sistemas	0,25		0,26		0,28	
Total						

Fonte: Adaptado de ANEEL (2013)

Tabela D.4 – Resultados das Economias Monetárias.

Economia monetária (ótica do sistema)	ACA		WC, CS e CE		AE	
Energia Sistemas	1.018,58	R\$/ano	1.269,99	R\$/ano	517,37	R\$/ano
Energia total						
RDP Sistemas	299,32	R\$/ano	146,91	R\$/ano	216,31	R\$/ano
RDP total						
Sistemas total	1.317,91	R\$/ano	1.416,90	R\$/ano	733,69	R\$/ano
Projeto total						
Economia monetária (ótica do consumidor)	ACA		WC, CS e CE		AE	
Energia Sistemas	1.473,64	R\$/ano	1.837,36	R\$/ano	748,52	R\$/ano
Energia total						
RDP Sistemas	433,05	R\$/ano	212,54	R\$/ano	312,95	R\$/ano
RDP total						
Sistemas total	1.906,69	R\$/ano	2.049,91	R\$/ano	1.061,47	R\$/ano
Projeto total						
Investimento total	ACA		WC, CS e CE		AE	
Total anualizado	287,94	R\$	426,48	R\$	74,41	R\$
Total projeto anualizado						
RCB investimento total	ACA		WC, CS e CE		AE	
Sistemas	0,22		0,30		0,10	
Total						
RCB investimento total (ótica do consumidor)	ACA		WC, CS e CE		AE	
Sistemas	0,15		0,21		0,07	
Total						

Fonte: Adaptado de ANEEL (2013)

Tabela D.4 – Resultados das Economias Monetárias.

Economia monetária (ótica do sistema)	CS		SL, AC, AVC e AT		AE	
Energia Sistemas	4.307,37	R\$/ano	2.641,75	R\$/ano	9.428,39	R\$/ano
Energia total						
RDP Sistemas	0,00	R\$/ano	1.601,14	R\$/ano	3.941,99	R\$/ano
RDP total						
Sistemas total	4.307,37	R\$/ano	4.242,89	R\$/ano	13.370,38	R\$/ano
Projeto total						
Economia monetária (ótica do consumidor)	CS		SL, AC, AVC e AT		AE	
Energia Sistemas	6.231,72	R\$/ano	3.821,97	R\$/ano	13.640,61	R\$/ano
Energia total						
RDP Sistemas	0,00	R\$/ano	2.316,47	R\$/ano	5.703,11	R\$/ano
RDP total						
Sistemas total	6.231,72	R\$/ano	6.138,44	R\$/ano	19.343,72	R\$/ano
Projeto total						
Investimento total	CS		SL, AC, AVC e AT		AE	
Total anualizado	210,09	R\$	2.838,73	R\$	1.066,58	R\$
Total projeto anualizado						
RCB investimento total	CS		SL, AC, AVC e AT		AE	
Sistemas	0,05		0,67		0,08	
Total						
RCB investimento total (ótica do consumidor)	CS		SL, AC, AVC e AT		AE	
Sistemas	0,03		0,46		0,06	
Total						

Fonte: Adaptado de ANEEL (2013)

Tabela D.4 – Resultados das Economias Monetárias.

Economia monetária (ótica do sistema)	AE		AT		AT	
Energia Sistemas	3.820,61	R\$/ano	189,91	R\$/ano	2.197,12	R\$/ano
Energia total						
RDP Sistemas	1.597,39	R\$/ano	0,00	R\$/ano	0,00	R\$/ano
RDP total						
Sistemas total	5.417,99	R\$/ano	189,91	R\$/ano	2.197,12	R\$/ano
Projeto total						
Economia monetária (ótica do consumidor)	AE		AT		AT	
Energia Sistemas	5.527,50	R\$/ano	274,76	R\$/ano	3.178,70	R\$/ano
Energia total						
RDP Sistemas	2.311,04	R\$/ano	0,00	R\$/ano	0,00	R\$/ano
RDP total						
Sistemas total	7.838,53	R\$/ano	274,76	R\$/ano	3.178,70	R\$/ano
Projeto total						
Investimento total	AE		AT		AT	
Total anualizado	446,49	R\$	2.377,63	R\$	1.698,16	R\$
Total projeto anualizado						
RCB investimento total	AE		AT		AT	
Sistemas	0,08		12,52		0,77	
Total						
RCB investimento total (ótica do consumidor)	AE		AT		AT	
Sistemas	0,06		8,65		0,53	
Total						

Fonte: Adaptado de ANEEL (2013)

Tabela D.4 – Resultados das Economias Monetárias.

Economia monetária (ótica do sistema)	RT	
Energia Sistemas	686,51	R\$/ano
Energia total		
RDP Sistemas	0,00	R\$/ano
RDP total		
Sistemas total	686,51	R\$/ano
Projeto total		
Economia monetária (ótica do consumidor)	RT	
Energia Sistemas	993,21	R\$/ano
Energia total		
RDP Sistemas	0,00	R\$/ano
RDP total		
Sistemas total	993,21	R\$/ano
Projeto total		
Investimento total	RT	
Total anualizado	1.838,35	R\$
Total projeto anualizado		
RCB investimento total	RT	
Sistemas	2,68	
Total		
RCB investimento total (ótica do consumidor)	RT	
Sistemas	1,85	
Total		

Fonte: Adaptado de ANEEL (2013)