



UFBA

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA INDUSTRIAL - PEI

MESTRADO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL

MARIA FABIANA BALDOINO DA PAIXÃO

SISTEMA DE GESTÃO DE ENERGIA EM UNIVERSIDADES
FEDERAIS BRASILEIRAS:
UM ESTUDO DE CASO NA ESCOLA POLITÉCNICA DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA



SALVADOR
2020



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL**

MARIA FABIANA BALDOINO DA PAIXÃO

**SISTEMA DE GESTÃO DE ENERGIA EM UNIVERSIDADES
FEDERAIS BRASILEIRAS: UM ESTUDO DE CASO NA ESCOLA
POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA**

Salvador
2020

MARIA FABIANA BALDOINO DA PAIXÃO

**SISTEMA DE GESTÃO DE ENERGIA EM UNIVERSIDADES FEDERAIS
BRASILEIRAS: UM ESTUDO DE CASO NA ESCOLA POLITÉCNICA DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA**

Dissertação de Mestrado Acadêmico apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Industrial da Universidade Federal da Bahia, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Industrial - Área de Concentração: Eficiência Energética.

Orientadores: Prof. Dr. Miguel Angel Iglesias Duro
Prof. Dr. Antonio Santos Sánchez

Salvador
2020

P149 Paixão, Maria Fabiana Baldoino da.

Sistema de Gestão de Energia em Universidades Federais Brasileiras: um estudo de caso na Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia / Maria Fabiana Baldoino da Paixão. – Salvador, 2020.

228 f.: il. color.

Orientador: Prof. Dr. Miguel Angel Iglesias Duro.

Coorientador: Prof. Dr. Antonio Santos Sánchez.

Dissertação (mestrado - Programa de pós-graduação em Engenharia Industrial) – Universidade Federal da Bahia. Escola Politécnica, 2020.

1. Eficiência energética. 2. ABNT NBR ISO 50001. 3. Revisão energética. 4. Universidades federais brasileiras. I. Iglesias Duro, Miguel Angel. II. Santos Sánchez, Antonio. III. Universidade Federal da Bahia. IV. Título.

CDD: 333.79

**SISTEMA DE GESTÃO DE ENERGIA EM UNIVERSIDADES FEDERAIS
BRASILEIRAS: UM ESTUDO DE CASO NA ESCOLA POLITÉCNICA DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA”.**

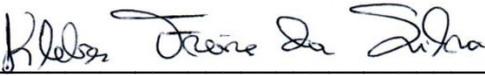
MARIA FABIANA BALDOINO DA PAIXÃO

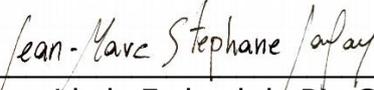
Dissertação submetida ao corpo docente do programa de pós-graduação em Engenharia Industrial da Universidade Federal da Bahia como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de mestre em Engenharia Industrial.

Examinada por:

Prof. Dr. Miguel Angel Iglesias Duro 
Doutor em Simulação de Processos Químicos, pela *Universidad de Vigo*, Espanha, 2000.

Prof. Dr. Antonio Santos Sánchez 
Doutor em Engenharia Industrial, pela Universidade Federal da Bahia, Brasil, 2017.

Prof. Dr. Kléber Freire da Silva 
Doutor em Engenharia Elétrica, pela Universidade de São Paulo, Brasil, 2006.

Prof. Dr. Jean-Marc Stephane Lafay 
Doutor em Engenharia Mecânica, pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil, 2005.

Salvador, BA - BRASIL
Dezembro/2020

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus orientadores, o prof. Dr. Antonio Santos Sánchez e o prof. Dr. Miguel Angel Iglesias Duro, pela confiança, direcionamento e estímulo. E principalmente, por acreditarem neste trabalho quando tudo era apenas uma intenção.

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) pelo suporte financeiro para a realização deste estudo.

Aos Engenheiros João Ramos, Eduardo Siqueira e Jomar Fadigas (Superintendência de Meio Ambiente e Infraestrutura da UFBA) pelo compartilhamento de informações técnicas pertinentes a esta pesquisa.

Ao José Mariano da Silva e ao Hélio Sérgio de Oliveira (Equipe de Manutenção da Escola Politécnica da UFBA), pela contribuição nesta pesquisa, desde o acompanhamento nas visitas de campo, ao compartilhamento dos conhecimentos sobre a Escola Politécnica.

À Darislene Bastos (Memorial Arlindo Coelho Fragoso), pela disponibilidade, paciência e auxílio no acesso aos arquivos documentais da Escola Politécnica.

A todos os funcionários da Escola Politécnica que de forma direta ou indireta auxiliaram este trabalho e colaboraram com a coleta de dados.

Aos professores, colegas e amigos do PEI/UFBA e do PPEC/UFBA, por partilharem e agregarem conhecimentos ao longo desta jornada. Agradeço especialmente à Júlia L., Júlia B., Jenyfer e Tarssio pelo apoio contínuo.

Ao Gabriel pelo amor e parceria nos dias de sol e nos dias de chuva.

À Erica e Naiara pelo direcionamento e acolhimento.

À minha família, aos amigos e amigas, aos mentores e mentoras pelo apoio, cuidado, incentivo e amor. Agradeço especialmente à minha Mãe Romilza Medrado, por me ajudar a conhecer e reconhecer a minha trajetória, e pelo exemplo de força e determinação.

RESUMO

No Brasil, o setor de edificações é o maior consumidor de energia elétrica, sendo responsável por 50% de toda a energia elétrica consumida. Nas edificações universitárias federais brasileiras, a despesa com energia elétrica é uma das maiores dentre os itens de despesas mensais, o que indica a necessidade de melhoria no uso da energia, sobretudo, considerando-se o crescente contingenciamento orçamentário enfrentado por essas instituições. Diante desse cenário, esta pesquisa com estudo de caso na Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia propõe uma investigação sobre a eficiência energética em edificações universitárias, identificando as principais oportunidades de utilização racional da energia elétrica. Realizou-se uma revisão da literatura com foco na análise de métodos de gestão energética aplicados a edificações universitárias. Em seguida, realizou-se uma revisão energética da edificação seguindo a norma ABNT NBR ISO 50001. A análise do uso e consumo de energia indicou que a energia elétrica é a principal fonte de energia da instituição, e que o consumo está concentrado na climatização, com uma participação de 73%. Os laboratórios de pesquisa e ensaio respondem por 45% do consumo de energia elétrica. Foram elaborados indicadores energéticos visando o monitoramento permanente do desempenho energético através da comparação com a linha de base. O indicador de desempenho energético “Consumo Médio por m²” resultou 55 kWh/m²/ano, ao passo que o indicador “Consumo Médio por Aluno” resultou 62 kWh/aluno/mês. Foram identificadas duas oportunidades significativas de melhoria do desempenho energético na edificação: o *retrofit* da iluminação (substituição de lâmpadas fluorescentes por LEDs), e o *retrofit* da climatização dos laboratórios (substituição dos equipamentos existentes por outros novos do tipo *inverter*). Ambas medidas, em conjunto, resultariam na redução de consumo elétrico anual de 24%, o que corresponde a uma redução de custo de R\$ 379.573/ano. O tempo de retorno de investimento dessas medidas foi calculado em dezessete meses. Com base nos resultados obtidos, observa-se que Escola Politécnica da UFBA apresenta potencial para melhorar seu desempenho energético a partir de propostas factíveis e economicamente viáveis. Recomenda-se que a instituição implemente um Sistema de Gestão de Energia (SGE) nos moldes da norma ABNT NBR ISO 50001.

Palavras Chaves: Eficiência energética, ABNT NBR ISO 50001, Revisão energética, Universidades Federais Brasileiras.

ABSTRACT

In Brazil, the building sector is the highest electricity consumer, accounting for 50% of all electricity consumed. In Brazilian Federal University buildings, the electric expenses are one of the highest among the items of monthly expenses. It indicates the need for improvement in the use of energy, especially, considering the increasing budgetary constraints faced by these institutions. Due to this fact, this research with a case study at the Polytechnic School of the Federal University of Bahia proposes an investigation into energy efficiency in university buildings, identifying the main opportunities for the rational use of electric energy. It was carried out a literature review focusing on the analysis of energy management methods applied to university buildings. Then, an energy review of the building was carried out following the ABNT NBR ISO 50001 standard. The analysis of energy use and energy consumption indicated that electricity is the institution's main source of energy and that the electricity consumption is concentrated on air conditioning systems, with 73% of representativeness. It was identified that the building's laboratories are responsible for 45% of electricity consumption. The energy indicators were calculated to permanently monitor energy performance through comparisons with the baseline. The energy performance indicator "Energy Use Intensity" resulted in 55 kWh /sf /year, while the indicator "Average Consumption per Student" resulted in 62 kWh/student /month. Two significant opportunities for improving energy performance in the building were identified: the retrofit of lighting (replacement of fluorescent lamps with LEDs), and the retrofit of the laboratories' air conditioning (replacement of existing equipment with inverter air conditioning). Together both measures would result in a 24% reduction in annual electrical consumption, which corresponds to a cost reduction of R\$ 379,573/year. The payback time of investment for these measures was calculated at seventeen months. Based on the results obtained, it was observed that the Polytechnic School of UFBA has the potential to improve its energy performance based on feasible and economically viable proposals. It is recommended for the institution to implement an Energy Management System (EMG) according to ABNT NBR ISO 50001 standard.

Palavras-Chave: Energy efficiency, ABNT NBR ISO 50001, Energy review, Brazilian Federal Universities.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	– Redução global de emissões: Cenário de novas políticas X Cenário projeção.	19
Figura 2	– Matriz elétrica brasileira (Ano base 2019).....	20
Figura 3	– Despesas correntes Escola Politécnica da UFBA (2019).....	25
Figura 4	– Consumo elétrico por setor (Ano base 2019).....	28
Figura 5	– <i>Ranking</i> internacional de eficiência energética.....	31
Figura 6	– Modelo Conceitual para conservação de energia e água em edificações	33
Figura 7	– Número de certificações da ISO 50001 no Brasil - 2011 a 2019.....	38
Figura 8	– Modelo de Sistema de Gestão de Energia conforme a ISO 50001	40
Figura 9	– Família das ISOs	44
Figura 10	– Diagrama do Planejamento Energético.....	44
Figura 11	– Relação entre desempenho energético, IDE, LBE e metas energéticas.....	47
Figura 12	– Fluxograma do processo de auditoria energética.....	53
Figura 13	– Resultados de auditoria energética por nível	54
Figura 14	– Uso final de energia elétrica em edificações públicas brasileiras.....	56
Figura 15	– Fluxograma da metodologia do trabalho	66
Figura 16	– Medidor eletrônico da COELBA	68
Figura 17	– Auditoria energética (Análise).....	71
Figura 18	– Instrumentação - Luxímetro digital	77
Figura 19	– Instrumentação - Câmera térmica	80
Figura 20	– Instrumentação - Termo-higroanemômetro digital.....	81
Figura 21	– Área da Escola Politécnica da UFBA	92
Figura 22	– Localização da Escola Politécnica da UFBA.....	94
Figura 23	– Gráfico da temperatura e zona de conforto na cidade de Salvador/BA	95
Figura 24	– Precipitação média da chuva na cidade de Salvador/BA (2017 a 2019)	95
Figura 25	– Zoneamento Bioclimático Brasileiro	96
Figura 26	– Carta bioclimática de Salvador.	97
Figura 27	– Fachada principal Escola Politécnica.....	99
Figura 28	– Fachada posterior Escola Politécnica.....	99
Figura 29	– Demanda medida (2019).....	105
Figura 30	– Demanda medida na ponta e fora da ponta (2019)	106
Figura 31	– Consumo medido	107
Figura 32	– Consumo medido na ponta e fora da ponta.....	108
Figura 33	– Consumo de energia reativa na ponta e fora da ponta	111
Figura 34	– Faturamento de Energia Elétrica da EPUFBA.....	116
Figura 35	– Potência instalada - Edificação da EPUFBA	117
Figura 36	– Consumo de energia por uso final	126
Figura 37	– Evolução do consumo de energia por uso final (2004 – 2019).....	126
Figura 38	– Consumo elétrico X Dias úteis e letivos	136
Figura 39	– Consumo elétrico X Dias úteis e não letivos	137
Figura 40	– Consumo elétrico X Dias não úteis e feriados	137
Figura 41	– LBE e melhoria de desempenho energético.....	141
Figura 42	– Fluxo de energia na fronteira do IDE.....	142
Figura 43	– IDE da Fronteira 1	143
Figura 44	– <i>Benchmarking</i> do indicador CMM em universidades	144
Figura 45	– Consumo Médio por m ² dos laboratórios – Climatização	145
Figura 46	– Pontos de escape de ar (sala 8.3.4 climatizada)	154
Figura 47	– Perdas térmicas por má vedação das esquadrias.....	155
Figura 48	– Perdas térmicas por esquadrias em mau estado de vedação e manutenção ..	155

Figura 49 – Conforto térmico nos ambientes ventilados naturalmente	158
Figura 50 – Limitação na abertura das esquadrias (sala 7.3.5)	159
Figura 51 – Iluminância média Escola Politécnica	163
Figura 52 – <i>Layout</i> atual e proposto (sala 7.1.1)	168
Figura 53 – Comparações tarifárias entre as opções horo-sazonais verde e azul.....	173
Figura 54 – Potência instalada das salas de aula	212
Figura 55 – Detalhamento da potência instalada salas de aula	212
Figura 56 – Consumo elétrico nas salas de aula (ano base 2019)	217

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Projeção do Consumo de Eletricidade por Setor (TWh)	28
Tabela 2 – Metodologia do Programa de Gestão de Energia	36
Tabela 3 – Principais atribuições da CICE	36
Tabela 4 – Lista de países com certificação na norma ISO 50001 (2011 - 2019).....	38
Tabela 5 – Classificação de Medidas de Eficiência Energética em função do custo	46
Tabela 6 – Indicadores Desempenho Energético (edificações de ensino superior).....	52
Tabela 7 – Fenômenos térmicos que influenciam nas cargas térmicas de uma edificação	57
Tabela 8 – Iluminância mantida para iluminação artificial em construções educacionais (ABNT NBR ISO/CIE 8995)	59
Tabela 9 – Subdivisão dos grupos tarifários.....	63
Tabela 10 – Relação de informações institucionais da Escola Politécnica da UFBA	69
Tabela 11 – Tipos de ambientes e espaçamentos das medições da iluminância	77
Tabela 12 – Índice de refletância das superfícies	78
Tabela 13 – População fixa da Escola Politécnica (semestre 2019.2).....	93
Tabela 14 – Estratégias bioclimáticas para a cidade de Salvador	98
Tabela 15 – Relação de despesas UFBA e EPUFBA 2019	103
Tabela 16 – Composição da fatura de energia elétrica da EPUFBA.....	115
Tabela 17 – Potência instalada Climatização	118
Tabela 18 – Quantidade de equipamentos - Climatização.....	119
Tabela 19 – Potência instalada Informática.....	119
Tabela 20 – Potência instalada Iluminação	121
Tabela 21 – Potência instalada Eletrodomésticos.....	122
Tabela 22 – Potência instalada Destiladores de Laboratório.....	123
Tabela 23 – Potência instalada Elevadores.....	124
Tabela 24 – Potência instalada Sistema de Bombas.....	124
Tabela 25 – Potência instalada da edificação da EPUFBA por pavimento	125
Tabela 26 – Consumo elétrico por pavimento	127
Tabela 27 – Consumo elétrico por ambiente	128
Tabela 28 – Consumo de energia por uso final dos Laboratórios	129
Tabela 29 – Variáveis associadas ao conforto térmico e aclimação.....	131
Tabela 30 – Intervalo de variação das variáveis (2017 - 2019).....	132
Tabela 31 – Dependência do consumo elétrico mensal com as variáveis estudadas.....	135
Tabela 32 – Resumo dos resultados da regressão para modelo de linha de base	140
Tabela 33 – Alternativas propostas para Climatização.....	147
Tabela 34 – Sistema de climatização atual e sistema proposto - <i>Retrofit</i> edificação	148
Tabela 35 – Resultados do sistema de climatização proposto - <i>Retrofit</i> edificação.....	151
Tabela 36 – Sistema de climatização atual e sistema proposto - <i>Retrofit</i> laboratórios	152
Tabela 37 – Resultados do sistema de climatização proposto - <i>Retrofit</i> laboratórios	153
Tabela 38 – Variáveis ambientais de conforto térmico nos espaços ventilados naturalmente	157
Tabela 39 – Indicadores econômicos climatização - <i>Retrofit</i> laboratórios.....	160
Tabela 40 – Etapas para implementação do retrofit da climatização dos laboratórios.....	161
Tabela 41 – Alternativas propostas para Iluminação.....	164
Tabela 42 – Sistema de iluminação atual e sistema proposto - <i>Retrofit</i> edificação.....	164
Tabela 43 – Resultados do sistema de iluminação proposto - <i>Retrofit</i> edificação	165
Tabela 44 – Proposta para readequação da iluminância.....	166
Tabela 45 – Indicadores econômicos iluminação - <i>Retrofit</i> edificação	169
Tabela 46 – Etapas para implementação do <i>retrofit</i> da iluminação da edificação	170

Tabela 47	– Resultados das alternativas propostas.....	171
Tabela 48	– Lista de Apêndices.....	191
Tabela 49	– Resultados anuais do PROCEL (2014 -2018)	198
Tabela 50	– Investimentos e custeios dos programas do PROCEL (2014 - 2018).....	198
Tabela 51	– Universidades Federais participantes do A3P	201
Tabela 52	– Programa de eficiência energética concessionárias	204
Tabela 53	– Lista de anexos	207
Tabela 54	– Potência instalada Climatização - Salas de Aula	210
Tabela 55	– Potência instalada Informática - Salas de aula	210
Tabela 56	– Potência instalada Iluminação - Salas de Aula	211
Tabela 57	– Investimento necessário para climatização - <i>Retrofit</i> laboratórios	218
Tabela 58	– Indicadores econômicos climatização - <i>Retrofit</i> laboratórios.....	219
Tabela 59	– Investimento necessário para climatização - <i>Retrofit</i> edificação.....	220
Tabela 60	– Indicadores econômicos climatização - <i>Retrofit</i> edificação	221
Tabela 61	– Investimento necessário para iluminação - <i>Retrofit</i> edificação	227
Tabela 62	– Indicadores econômicos iluminação - <i>Retrofit</i> edificação	228

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A3P	Agenda Ambiental na Administração Pública
ABESCO	Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACEEE	<i>American Council for an Energy-Efficiency Economy</i>
AGERBA	Agência Estadual de Regulação de Serviços Públicos de Energia, Transportes e Comunicações da Bahia
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANP	Agência Nacional do Petróleo
ASHRAE	<i>American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers</i>
BEN	Balanco Energético Nacional
CBCS	Conselho Brasileiro de Construções Sustentáveis
CBPM	Companhia Baiana de Pesquisa Mineral
CEAMAZON	Centro de Excelência em Eficiência Energética da Amazônia
CERB	Companhia de Engenharia Hídrica e de Saneamento do Estado da Bahia
CGIEE	Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética
CIBSE	<i>Chartered Institution of Building Services Engineers</i>
CICE	Comissão Interna de Conservação de Energia
CIP	Contribuição para Custeio do Serviço de Iluminação Pública
CMA	Consumo Médio por Alunos
CMM	Consumo Médio Mensal por m ²
CMU	Consumo Médio Mensal por Usuários
CNPE	Conselho Nacional de Política Energética
COELBA	Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia
COFINS	Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social
DEA	Departamento de Engenharia Ambiental
DEO	Desempenho Energético Operacional de Edificações
DMM	Demanda Média Mensal por m ²
DMU	Demanda Máxima Mensal por Usuário

DPI	Densidade de Potência de Iluminação
ENCE	Etiqueta Nacional de Conservação de Energia
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
EPUFBA	Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia
ESCO	<i>Energy Services Company</i>
EXCEN	Centro de Excelência em Eficiência Energética
FC	Fator de Carga
FDR	Faturamento de Demanda Reativa
FER	Faturamento da Energia Reativa
FNDCT	Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
GEE	Gases de Efeito Estufa
GLP	Gás Liquefeito do Petróleo
IDE	Indicador de Desempenho Energético
IEA	<i>International Energy Agency</i>
IES	Instituição de Ensino Superior
IF	Instituto Federal
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
INOVEE	Centro de Inovação em Eficiência Energética
IoT	<i>Internet of Things</i>
IPCA	Índice Nacional de Preços ao Consumidor
IRENA	<i>International Renewable Energy Agency</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
LBE	Linha de Base Energética
M&V	Medição e Verificação
MDS	Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome
MEC	Ministério da Educação
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MME	Ministério das Minas e Energia
MP	Ministério do Planejamento
MPOG	Ministério de Planejamento Orçamento e Gestão
OECD	<i>Organisation for Economic Co-operation and Development</i>
OIA	Organismo de Inspeção Acreditado

PBE	Programa Brasileiro de Energia
PCT	Percentual de Consumo Total
PDCA	<i>Plan-Do-Check-Act</i>
PEE	Programa de Eficiência Energética
PEG	Programa de Eficiência de Gasto
PGE	Programa de Gestão de Energia
PGS	Plano de Gestão Ambiental
PIS	Programas de Integração Social
PMOC	Plano de Manutenção, Operação e Controle
PNE	Plano Nacional de Energia
PNEf	Plano Nacional de Eficiência Energética
PROÁLCOOL	Programa Nacional do Álcool
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
SAEB	Secretaria do Estado da Bahia
SESu	<i>Technical Committee</i>
SGE	Sistema de Gestão de Energia
SISPEG	Sistema do Programa de Eficiência do Gasto
SisPES	Sistema Esplanada Sustentável
SOF	Secretaria de Orçamento Federal
SUMAI	Superintendência de Meio Ambiente e Infraestrutura
SUPAC	Superintendência de Administração Acadêmica
TC	<i>Technical Committee</i>
TECLIM	Rede de Tecnologias Limpas
TIR	Taxa Interna de Retorno
TMA	Taxa Mínima de Atratividade
UEM	Universidade Estadual de Maringá
UFBA	Universidade Federal da Bahia
UFDR	Demanda Reativa
UFER	Consumo de Energia Reativa
UFOB	Universidade Federal do Oeste da Bahia
UFPA	Universidade Federal do Pará
UFSB	Universidade Federal do Sul da Bahia
UNESP	Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho

UNICAMP	Universidade Estadual de Campina
UNIFEI	Universidade Federal de Itajubá
USE	Uso Significativo de Energia

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	18
1.1. OBJETIVOS.....	23
1.1.1. Objetivo geral	23
1.1.2. Objetivos específicos	23
1.2. JUSTIFICATIVA.....	24
2. REVISÃO DA LITERATURA	27
2.1. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO BRASIL.....	27
2.2. METODOLOGIAS DE GESTÃO DE ENERGIA APLICADAS EM UNIVERSIDADES BRASILEIRAS	31
2.2.1. Modelo Conceitual de Conservação de Energia e Água	32
2.2.2. Programa de Gestão de Energia (PGE) e Comissão Interna de Conservação de Energia (CICE)	35
2.2.3. Sistema de Gestão de Energia (SGE)	37
2.3. ABNT NBR ISO 50001: SISTEMAS DE GESTÃO DE ENERGIA – REQUISITOS COM ORIENTAÇÕES PARA USO.....	39
2.3.1. Escopo e principais itens	40
2.3.2. Revisão Energética	45
2.3.3. Saídas de Planejamento	46
2.3.4. Auditoria energética	53
2.4. PRINCIPAIS OPORTUNIDADES DE MELHORIA DO DESEMPENHO ENERGÉTICO EM EDIFICAÇÕES UNIVERSITÁRIAS	55
2.4.1. Sistemas de climatização	57
2.4.2. Sistemas de iluminação	59
2.4.3. Equipamentos de informática	61
2.4.4. Estrutura Tarifária	62
3. MATERIAIS E MÉTODOS	65
4. DESCRIÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO: A ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA (EPUFBA)	91
4.1. ATUAL ESTRUTURA FÍSICA DA ESCOLA POLITÉCNICA	91
4.2. ADEQUAÇÃO DA EDIFICAÇÃO ÀS CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DA CIDADE DE SALVADOR.....	93
4.3. AÇÕES DIRECIONADAS À GESTÃO DE ENERGIA NA ESCOLA POLITÉCNICA 100	
4.4. DESPESAS COM ENERGIA NA INSTITUIÇÃO.....	103
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO DO ESTUDO DE CASO	104

5.1. ANÁLISE DO USO E CONSUMO DE ENERGIA.....	104
5.1.1. Identificação das fontes de energia atuantes	104
5.1.2. Avaliação do histórico de consumo.....	104
5.1.2.1. <i>Comportamento da Demanda</i>	104
5.1.2.2. <i>Comportamento do Consumo</i>	107
5.1.3. Análise Tarifária	112
5.2. IDENTIFICAÇÃO DAS ÁREAS DE USO SIGNIFICATIVO DE ENERGIA E CONSUMO	116
5.2.1. Análise do Uso e Consumo de Energia Elétrica	116
5.2.1.1. <i>Uso da Energia Elétrica</i>	116
5.2.1.2. <i>Consumo de Energia Elétrica</i>	125
5.2.1.3. <i>Identificação das áreas de Uso Significativo da Energia (USE).....</i>	130
5.3. SAÍDAS DO PLANEJAMENTO ENERGÉTICO	130
5.3.1. Linha de Base Energética (LBE).....	130
5.3.1.1. <i>Identificação das variáveis que impactam significativamente no consumo de energia da edificação</i>	130
5.3.1.2. <i>Determinação da Linha de Base Energética (LBE)</i>	135
5.3.2. Indicadores de Desempenho Energético (IDE).....	141
5.3.3. Oportunidades para melhoria do desempenho energético	146
5.3.3.1. <i>Climatização</i>	146
5.3.3.2. <i>Iluminação</i>	162
5.3.3.3. <i>Contrato de Fornecimento</i>	172
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	174
REFERÊNCIAS.....	177
APÊNDICES	191
ANEXOS.....	207

1. INTRODUÇÃO

O consumo global de energia está fortemente associado ao desenvolvimento econômico. Todo bem, serviço ou transação que contribui para a produção econômica parte do consumo de energia e da demanda por energéticos (RENNER et al., 2015; SÁNCHEZ, 2017).

O crescimento econômico, o aumento populacional, os investimentos em fontes energéticas oriundas de combustíveis fósseis, ocasionam uma crise ambiental evidenciada sobretudo pelas mudanças climáticas e pelo aquecimento global. A atual crise ambiental desperta a urgente necessidade de soluções que modifiquem radicalmente o sistema de produção e consumo de energia, e que reorientem as sociedades que partem de condições de abundância energética e material para condições de escassez (RENNER et al., 2015).

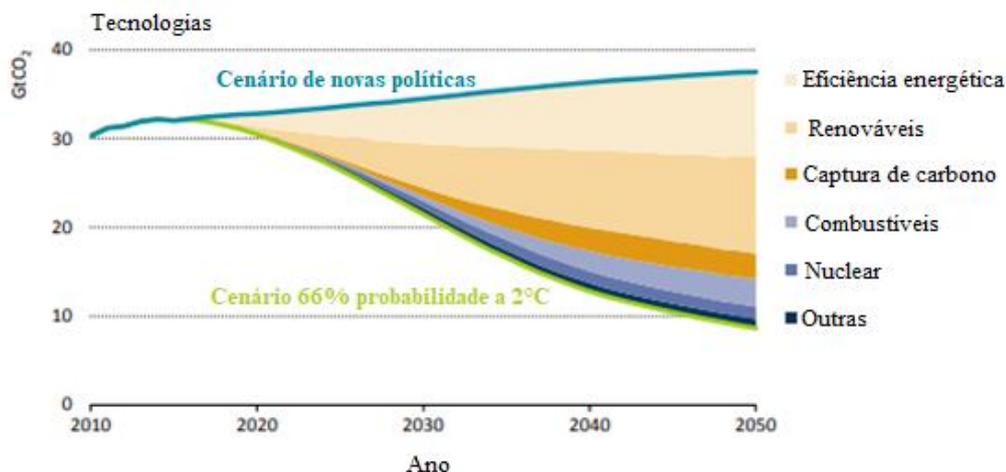
Diante da crescente demanda por energéticos e dos atuais desafios ambientais associados às mudanças climáticas, faz-se necessário considerar estratégias de gestão atuantes na oferta de energia, na demanda, e principalmente na demanda que responde pelos desperdícios energéticos (KIPERSTOK; KIPERSTOK, 2017). Neste sentido, a utilização de fontes renováveis de energia e a implementação de medidas de eficiência energética mostram-se oportunas (DOVÌ et al., 2009).

A redução da participação de combustíveis fósseis na demanda de energia primária, a expansão de fontes renováveis de energia (e de baixo carbono) e as melhorias em eficiência energética foram estratégias consideradas no Acordo de Paris, que selou o compromisso de 195 países na redução das emissões de carbono, e no enfrentamento às mudanças climáticas e ao aquecimento global (REI et al., 2017; SECAF, 2016).

O relatório *Perspectives for the energy transition* (OECD; IEA; IRENA, 2017) elenca as principais diretrizes para atendimento da redução da emissão de CO_2 e projeta a sua contribuição esperada até o ano de 2050. Para tanto, parte de uma premissa que admite 66% de probabilidade de se manter o aumento médio da temperatura da superfície global abaixo de 2 °C.

A Figura 1 ilustra as principais ações a serem adotadas para a redução das emissões de carbono.

Figura 1 – Redução global de emissões: Cenário de novas políticas X Cenário projeção



Fonte: Adaptado de OECD; IEA; IRENA (2017).

Constata-se que a expansão das energias renováveis e as medidas de eficiência energética apresentam acentuada contribuição para atendimento aos objetivos globais de mitigação das emissões e mudanças climáticas projetadas até o ano de 2050.

É importante considerar que para atendimento de uma meta global se faz necessário considerar estratégias direcionadas a setores específicos (IEA, 2019a). O setor de edificações destaca-se nesse contexto, uma vez que o uso de energia nos edifícios tem aumentado constantemente desde os anos 2000, o que se deve sobretudo ao aumento da área útil e à crescente demanda por equipamentos e serviços que consomem energia.

As edificações respondem por cerca de 30% do uso final de energia e mais de 55% do consumo global de eletricidade. Como resultado, respondem por 28% do total de emissões de CO₂ apenas na fase de operação. Quando a energia proveniente de materiais utilizados na construção dos edifícios é contabilizada, a parcela de emissões de CO₂ chega a cerca de 40% (IEA, 2019a).

De acordo com a *International Renewable Energy Agency* - IRENA (2019), as principais medidas para a redução do consumo energético a serem implementadas no setor de edificações concentram-se na eficiência energética, seja através da melhoria de normativas e códigos construtivos direcionados para a eficiência energética, ou através da implementação de programas de financiamento de *retrofits*. Os *retrofits* podem ser definidos como intervenções na envoltória da edificação e nos usos finais de energia (tais como climatização, iluminação, elevadores, entre outros), de modo a proporcionar a redução da

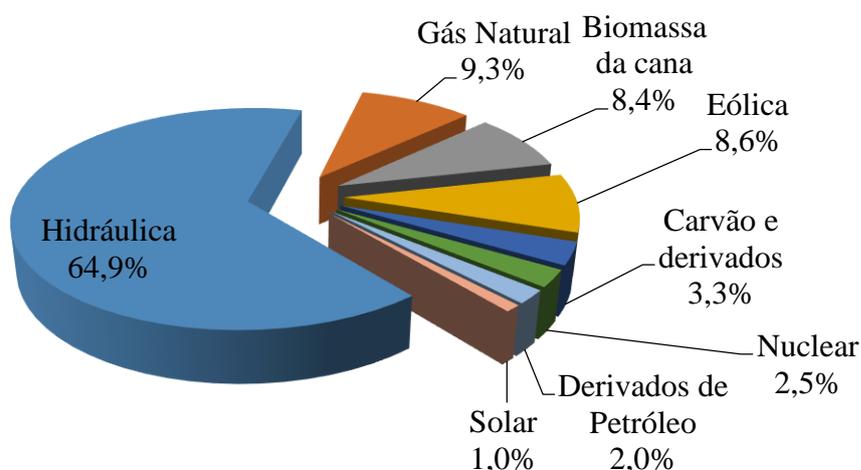
demanda de energia, a melhoria da eficiência dos equipamentos e a redução de desperdícios energéticos.

Os *retrofits* configuram, portanto, uma alternativa para melhoria do desempenho energético em edificações existentes que não foram planejadas e executadas visando o uso eficiente de energia (MA et al., 2012).

A *International Energy Agency* – IEA (2019b) considera que a eficiência energética é a base de qualquer estratégia para garantir um crescimento econômico seguro, sustentável e inclusivo, sendo uma das maneiras mais econômicas de aumentar a segurança do fornecimento de energia, aumentar a competitividade, o bem-estar, além de reduzir a pegada ambiental do sistema energético.

O Brasil é um país cuja a matriz de geração elétrica é predominantemente renovável, com destaque para a geração hidráulica, conforme ilustrado pela Figura 2.

Figura 2 – Matriz elétrica brasileira (Ano base 2019)



Fonte: Adaptado de EPE (2020)

Apesar do destaque da geração hidráulica, foi possível observar entre os anos de 2019 e 2018 uma retração da participação da fonte hidráulica (0,2%) acompanhada da expansão das fontes eólicas e solar (1,0%) e solar (0,5%).

Já o processo de planejamento energético nacional resultou no Plano Nacional de Energia 2030 (PNE), que visa a garantia da segurança do suprimento da energia elétrica por meio do gerenciamento da demanda, de estratégias de conservação de energia, e da expansão da oferta de energia com projeções para o ano de 2030 (MME; EPE 2007).

Partindo das premissas dispostas no PNE, têm-se o Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEf), que considera projeções e estratégias para a expansão da eficiência energética por setor econômico do país (MME, 2007; MME, 2011).

O setor de edificações requer especial atenção nesse objetivo, considerando que 52% do consumo elétrico do Brasil se deve às edificações residenciais, comerciais e públicas. Apesar dessa representatividade, estima-se que a implementação de medidas de eficiência energética nas edificações possibilita a redução do consumo elétrico da ordem de 30% nas edificações existentes, e de 50% nas edificações novas (EPE, 2020; PROCEL EDIFICA, 2020).

De acordo com o PNEf, a adoção de medidas de eficiência energética em edificações de tipologia pública acrescentam um efeito demonstrativo e indutor do mercado, além de demonstrarem para a sociedade a coerência do governo entre o discurso e a ação. Nas edificações educacionais, a eficiência energética tem atuação através de ações que se concentram em pesquisa e desenvolvimento tecnológico, em capacitação profissional fundamentada na responsabilidade socioambiental, e na melhoria dos hábitos de consumo de energia (MME, 2011).

Nas Universidades Federais Brasileiras, as demandas pela implementação de medidas de eficiência energética são ainda maiores, considerando que em grande parte destas instituições as despesas com energia elétrica são uma das maiores dentre os itens de despesas mensais (ANEEL, 2016). Acrescenta-se o fato de que essas instituições desempenham papel fundamental em pesquisa, desenvolvimento, criação e difusão de conhecimento, sendo cabível que essas instituições liderem e sejam exemplo de ações em prol da sustentabilidade (KIPERSTOK; SILVA 2018).

Nesse sentido a adoção de medidas de eficiência energética mostra-se oportuna para as Universidades Federais Brasileiras, sobretudo, considerando-se os objetivos nacionais de redução de emissões de carbono, e de redução de desperdícios energéticos.

A implementação de projetos de eficiência energética em edificações universitárias contemplam:

- a. Adoção de medidas de controle e de gerenciamento de energia;
- b. Envolvimento dos usuários no uso eficiente da energia;
- c. Melhoria do conforto térmico interno por meio da ventilação natural;

- d. Realização de *retrofits*;
- e. Redução da carga instalada e do consumo elétrico por meio da efficientização de equipamentos; e
- f. Utilização de fontes renováveis de energia.

Essas alternativas podem ser identificadas nos estudos de Kolokotsa et al. (2001); Kolokotsa et al. (2005); Diakaki et al. (2008); Ma et al. (2012); Malatji et al. (2013); Darby et al. (2016); Ozawa et al. (2017); e Jafari et al. (2017).

Contudo, Huang (2011) destaca que as abordagens para a melhoria da eficiência energética estão além de intervenções pontuais, como por exemplo a aplicação de tecnologias e a utilização de equipamentos de conservação de energia. A melhoria da eficiência energética de uma organização requer uma gestão energética sistemática, associada à mudança de hábitos dos usuários.

Fossa et al. (2017) complementam que as iniciativas isoladas de eficiência energética adotadas pelas organizações, mesmo que implementadas adequadamente, não perpetuam por longo período de tempo. Ou seja, as mudanças pontuais de tecnologia e de hábito sem acompanhamento sistemático, por parte das organizações, não geram resultados consistentes a longo prazo.

Nesse sentido, o gerenciamento energético apresenta-se como uma alternativa que proporciona a identificação de onde a energia é utilizada, de onde ocorrem os desperdícios e quais são os padrões de consumo. Possibilitando, desta forma, a implementação de alternativas de economia de energia adequadas à organização, e que resultem, sobretudo, em melhorias contínuas. Estas alternativas podem contemplar mudança de práticas operacionais, mudança cultural institucional e substituição de tecnologias (HUANG, 2011).

Nordelo e Bonifaz (2013) pontuam que a aplicação de um Sistema de Gerenciamento de Energia (SGE), assim como outros sistemas de gestão, tais como a gestão da qualidade, requer uma norma que padronize e direcione o que deve ser feito para sua implementação.

Considerando a importância da gestão de energia nas organizações, a norma de reconhecimento internacional ABNT NBR ISO 50001: Sistema de Gestão de Energia - Requisitos com orientação para uso (2018) dispõe de requisitos para que as organizações estabeleçam, implementem, mantenham e melhorem o SGE, por meio de uma abordagem sistemática que tem por objetivo atingir a melhoria contínua do desempenho energético,

incluindo eficiência energética e conservação da energia. Essa norma foi desenvolvida como o futuro referencial para a gestão de energia, prevendo-se que possa influenciar diretamente em até 60% do consumo mundial de energia (ABNT, 2018; FOSSA; SGARBI, 2017; HUANG, 2011; NORDELO; BONIFAZ, 2013; SOARES, 2015).

Em Instituições de Ensino Superior, estudos e pesquisas orientadas pelo Sistema de Gestão de Energia, nos moldes da norma ABNT NBR ISO 50001 (2018), confirmaram a eficácia dessa metodologia, possibilitando, nestas instituições, a identificação de oportunidades de melhoria do desempenho energético e seu gerenciamento. Como resultado, acrescenta-se também a produção de Indicadores de Desempenho Energético (IDE), que auxiliam na mensuração do desempenho da instituição e contribuem com a formação de banco de dados para comparação com instituições semelhantes (ROSSI, 2018; SILVA, 2015; SOUZA, 2017).

Nas Universidades Federais Brasileiras, a implementação de um sistema de gerenciamento energético nos moldes da norma ABNT NBR ISO 50001 (2018) mostra-se oportuna. Sobretudo, por proporcionar a contínua melhoria do desempenho energético de suas unidades consumidoras, o aumento na eficiência energética, a diminuição dos impactos ambientais, e a redução de despesas orçamentárias.

Destaca-se que a gestão energética em Universidades Federais é necessária não somente pela urgente necessidade de redução de despesas e desperdícios energéticos, mas também para o cumprimento do seu papel demonstrativo ao adotar medidas alinhadas aos objetivos nacionais de redução de emissões de carbono.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo geral

Contribuir para as metodologias e instrumentos de gestão energética no contexto das Universidades Federais Brasileiras, tendo como estudo de caso a Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia (EPUFBA).

1.1.2. Objetivos específicos

- Analisar as abordagens e metodologias de gestão de energia e eficiência energética;

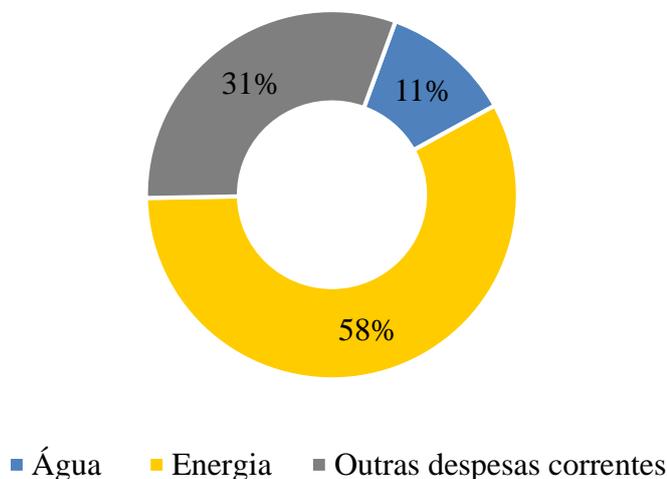
- Identificar oportunidades para melhoria do desempenho energético em edificações de tipologia pública;
- Realizar a Revisão Energética da EPUFBA de acordo com a norma ABNT NBR ISO 50001: Sistemas de Gestão de Energia - Requisitos com orientações para uso (2018), contemplando a análise do uso e consumo de energia e a identificação das áreas de uso significativo de energia e consumo;
- Identificar e propor alternativas que levem à melhoria do desempenho energético da instituição;
- Produzir a Linha de Base Energética e Indicadores de Desempenho Energético que permitam a análise do desempenho da instituição e a comparação com dados encontrados na literatura;
- Realizar uma análise de investimento e estudo de viabilidade econômica das alternativas propostas.

1.2. JUSTIFICATIVA

Nas edificações públicas brasileiras a maior parcela do consumo energético provém da fonte elétrica (93%), além de uma pequena contribuição do gás liquefeito de petróleo – GLP e do gás natural (EPE, 2020). A necessidade de gestão da energia elétrica nas Universidades Federais Brasileiras parte do fato de que, na maior parte destas instituições, as despesas em energia elétrica despontam o terceiro maior grupo das despesas mensais. Considera-se ainda que a maior parte destes gastos deve-se ao uso de equipamentos ineficientes, a práticas inadequadas de instalação, uso e manutenção dos aparelhos, além da falta de uma cultura de uso eficiente e racional de energia (ANEEL, 2016).

As despesas orçamentárias de uma Universidade Federal concentram-se em: despesas com pessoal e encargos, despesas com investimentos, e despesas correntes. No ano de 2019 as despesas com água e energia da Universidade Federal da Bahia (UFBA) responderam por 11% das despesas correntes, enquanto que 89% das despesas estiveram associadas ao pagamento de contratos de prestação de serviços, materiais de consumo, bolsas e auxílios estudantis, entre outros (PORTAL TRANSPARÊNCIA, 2020; PROPLAN, 2020a).

Na Escola Politécnica da UFBA, as despesas com energia elétrica respondem pela maior parcela das despesas correntes, conforme ilustrado pela Figura 3.

Figura 3 – Despesas correntes Escola Politécnica da UFBA (2019)

Fonte: Adaptado de PROAD, 2020; PROPLAN, 2020b.

Essa representatividade indica que as despesas em energia elétrica da instituição requerem uma especial atenção, sobretudo considerando-se que ao longo dos anos as tarifas de energia elétrica vêm aumentando mais que a taxa de inflação anual do Brasil. Entre os anos de 2013 e 2018 identificou-se um aumento tarifário acumulado da ordem de 40%, previsto para os consumidores do Grupo A da Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia – COELBA. Neste mesmo período registrou-se um aumento da taxa de inflação nacional, indicado pelo Índice Nacional de Preços ao Consumidor (IPCA), equivalente a 36% (COELBA, 2020a; DICIONÁRIO FINANCEIRO; 2020).

Acrescenta-se a esta problemática o fato de que essas instituições vêm sofrendo gravíssimas retrações de investimentos do governo federal, o que compromete as verbas de custeio destinadas ao pagamento de despesas correntes, tais como as faturas de água e de energia (BRASIL, 2019a; BRASIL, 2019b; UFBA, 2019; UFBA, 2020).

As Universidades Federais Brasileiras apresentam uma relevante contribuição frente aos objetivos nacionais da expansão da eficiência energética, visto que são instrumentos capazes de promover a difusão e utilização de tecnologias, de práticas e de técnicas de elevado rendimento energético (MME, 2011).

Diversas iniciativas nacionais em prol da gestão de energia, eficiência energética e redução dos desperdícios energéticos contemplam as Universidades Federais, tais como a formação e implantação de Comissão Interna de Conservação de Energia (CICE); os

Programas de Eficiência Energética (PEE) promovidos pelas concessionárias e regulamentados pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL); a adoção da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) para edificações; e a obrigatoriedade na instalação de novos equipamento que possuam ENCE de classificação A (ANEEL; 2015; ANEEL, 2016; MMA, 2015; PROCEL, 2014).

Em paralelo, pesquisas em edificações universitárias apresentam estratégias direcionadas aos usos finais de energia, aos aspectos comportamentais do usuário, ao conforto térmico do usuário, às intervenções na envoltória das edificações, e às simulações de desempenho energético, que colaboram com a melhoria eficiência energética destas edificações (BOTELHO, 2018; COSTA et al., 2019; ROSSI, 2018; SILVA, 2015; SOUZA, 2017). Contudo, a literatura aponta também que a implantação de medidas de eficiência energética dissociados de uma gestão sistemática, não apresentam resultados efetivos a longo prazo (FOSSA et al., 2017; HUANG, 2011).

A elaboração de uma política de gestão de energia em Universidades Federais envolve aspectos e desafios de ordem gerencial, comportamental e técnica (KIPERSTOK; SILVA, 2018). Tem-se como exemplo as observações obtidas na Universidade Federal da Bahia com programa proposto para a gestão da água, realizado pela Rede de Tecnologias Limpas – Teclim. Foi identificado que estas edificações requerem uma abordagem bastante específica, dado ao fato de que (KIPERSTOK; KIPERSTOK, 2017):

- a. Os usuários não pagam pelas despesas destes insumos;
- b. Os usuários têm uma grande variedade de hábitos e níveis de conscientização para questões ambientais;
- c. A manutenção é geralmente escassa;
- d. Há um único dispositivo de medição que é responsável por sistemas grandes e complexos.

Tal problemática também deve ser considerada na estruturação de um sistema de gestão de energia nestas instituições. Este cenário contribui na ausência de indicadores de desempenho energéticos adequados, que orientem os programas de gestão de energia nas Universidades Federais.

Os Indicadores de Desempenho Energético (IDE) são a base para a avaliação do desempenho energético das instituições, permitindo a mensuração da melhoria do

desempenho energético, e do cumprimento de metas, além de permitirem comparativos com instituições semelhantes. Apesar disso, o uso destes indicadores energéticos como ferramenta de gestão ainda é pouco explorado no Brasil (SAIDEL; FAVATO; MORALES, 2005).

Alguns projetos vêm sendo desenvolvidos visando a implementação de plataformas nacionais de indicadores de eficiência energética, tais como a “Plataforma de cálculo benchmarking”, e o “MonitorEE”. Estas plataformas visam responder as lacunas geradas pela falta de indicadores, e possibilitam a comparação do desempenho energético das edificações públicas brasileiras considerando suas características construtivas, climáticas e usos finais (BORGSTEIN et al., 2014; CBCS, 2014; MMA, 2020; MONITOREE, 2020).

A Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia (EPUFBA) não possui uma Comissão Interna de Conservação de Energia, de modo que a gestão energética é feita de maneira descentralizada da unidade consumidora, o que dificulta o envolvimento de líderes e dos usuários nas ações direcionadas à economia de energia.

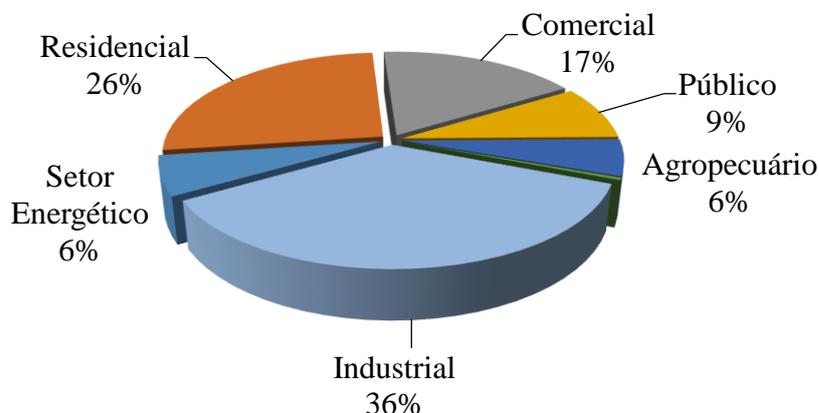
Diante do exposto, a realização de uma revisão energética na EPUFBA, utilizando como base a norma ABNT NBR ISO 50001 (2018), proporciona a identificação de oportunidades de melhorias e a implantação de um controle energético eficiente. Verifica-se, portanto, um potencial para aplicação de ações de eficiência energética no setor de edificações universitárias.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO BRASIL

No Brasil, o consumo elétrico por setor totalizou, no ano de 2019, 545.639 GWh. A maior parcela deste consumo deve-se ao setor de edificações, responsável por 52% do consumo de eletricidade no país (EPE,2020).

As edificações de tipologia residencial respondem por 26% desta parcela, as comerciais 17%, e as edificações públicas concentram 9% do consumo elétrico, conforme ilustrado pela Figura 4.

Figura 4 – Consumo elétrico por setor (Ano base 2019)

Fonte: Adaptado de EPE (2020)

Nas edificações públicas, a maior parte do consumo provém de fonte elétrica (93%), e uma pequena participação do GLP (6%) e gás natural (1%), conforme dados do Balanço Energético Nacional da EPE (2020).

Para atendimento as projeções no Planejamento Nacional de Energia 2030, o consumo de eletricidade projetado para o ano de 2020 equivale a 655.700 GWh contabilizando a atuação de todos os setores econômicos. A Tabela 1 detalha a projeção do consumo elétrico por setor (MME; EPE, 2007).

Tabela 1 – Projeção do Consumo de Eletricidade por Setor (TWh)

	2005	2010	2020	2030
Residencial	83	105	169	283
Industrial	145	197	273	358
Comercial e Público	86	107	160	267
Outros	17	19	26	38
Setor Energético	14	20	28	42
Total	345	449	656	988

Fonte: Adaptado de MME; EPE (2007)

A Empresa de Pesquisas Energéticas – EPE, por meio do Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEf), desenvolveu premissas para economia de energia que contemplavam a redução de 10% do consumo de energia elétrica ao final do horizonte previsto no PNE 2030 (referente ao cenário B1 do PNE que totaliza 402,8 milhões de tep). A economia prevista se estrutura em ações de “Progresso Tendencial de Eficiência Energética” e “Progresso Induzido de Eficiência Energética” (MME; EPE 2007; MME, 2011).

O “Progresso Induzido da Eficiência Energética” contempla ações adotadas pelos agentes para o fomento de medidas de eficiência energética que, embora sejam tidas como economicamente viáveis, apresentam baixa penetração no mercado consumidor em razão de uma percepção de risco elevada. Já o “Progresso Tendencial de Eficiência Energética” é dado através da ação natural de reposição tecnológica e aperfeiçoamento de processos que contemplam a atuação de programas e projetos de eficiência.

Schinazi et al. (2018) definem a eficiência energética como a utilização da energia da forma mais otimizada possível, de modo a atender aos serviços previstos com qualidade e utilizando a menor quantidade de recursos possíveis. De acordo com Lamberts et al. (2014) a eficiência energética pode ser entendida como um atributo inerente a edificação, refletindo o seu potencial em proporcionar aos usuários conforto térmico, visual e acústico, com baixo consumo de energia.

A maior parte das medidas de eficiência energética direcionadas às edificações vêm sendo aplicadas a partir da década de setenta, motivadas pelas crises do petróleo. O ano de 1973 foi marcado pela primeira crise petrolífera que exigiu estratégias governamentais nacionais para a busca de fontes de energia seguras que pudessem reduzir a dependência pelo combustível importado. Por volta do ano de 1979 ocorreu a segunda crise do petróleo, que reforçou a necessidade de conservação energética no Brasil (SOUZA, 2009; MME, 2011).

Este período evidenciou a necessidade de se pensar na utilização das fontes renováveis de energia (PROÁLCOOL – Programa Nacional do Alcool em 1975) e na racionalização do consumo energético. Ainda, evidenciou a necessidade de se pensar na promoção de mudanças nas soluções arquitetônicas empregadas nas edificações até aquele momento, de modo a aumentar eficiência energética (MMA, 2014).

Em seguida, os anos 2000 foram marcados por uma crise que afetou o fornecimento e distribuição de energia elétrica no Brasil. A crise, ocasionada pela escassez de chuvas, ausência de investimentos em geração e transmissão de energia, e pela falta de planejamento energético, resultou num desajuste entre a geração e consumo de energia elétrica no país (MME, 2011; MMA, 2015). Como consequência, diversas iniciativas de caráter imediato (e a longo prazo) se direcionaram ao racionamento de energia e a expansão da eficiência energética, visando a segurança da oferta da energia no país (MMA, 2014).

Considerando a necessidade de atenção à conservação e gestão de energia no Brasil, tem-se, entre os anos de 1990 e 2020, uma aderência nacional a um conjunto de leis que associadas aos programas de incentivo à eficiência energética, deram um novo formato ao panorama energético brasileiro. O Apêndice A detalhada as principais leis, decretos, resoluções e portarias que objetivam assegurar a conservação da energia, a propagação da eficiência energética e a mitigação de desperdícios energéticos.

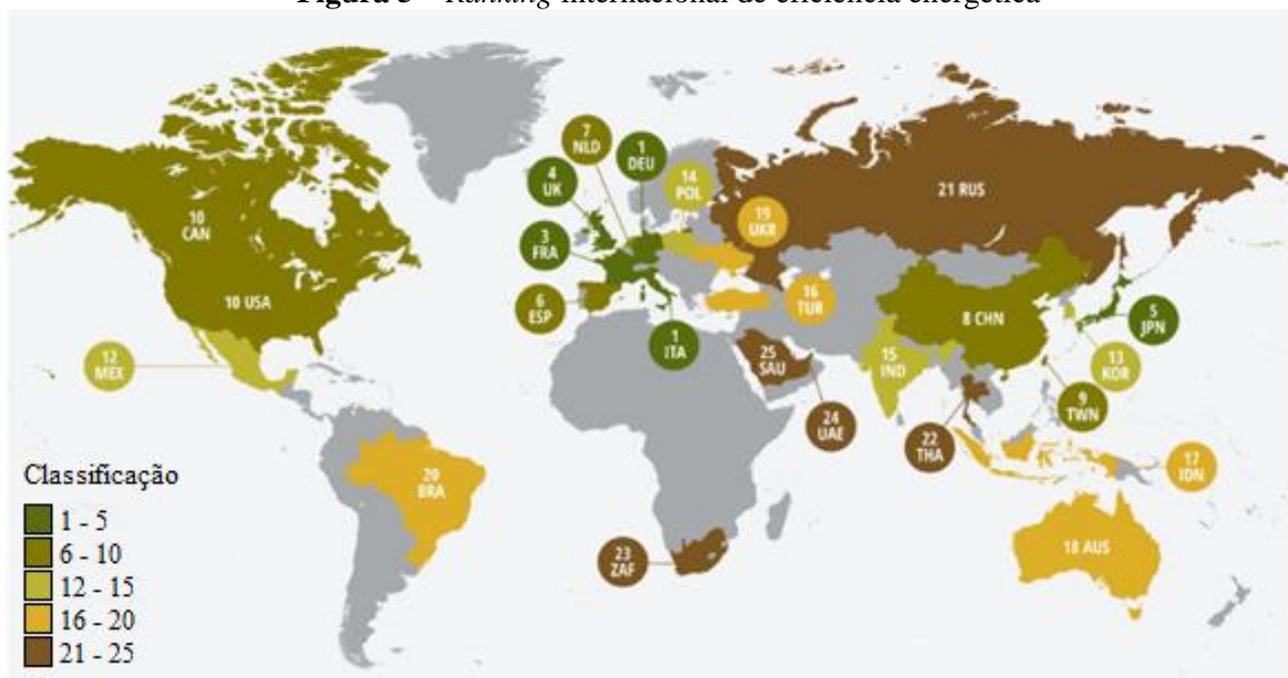
Em paralelo, tem-se no Brasil a implementação de programas de incentivo à eficiência energética direcionados a edificações públicas e seus usos. Dentre estes, destacam-se: o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL (instituído em 1985), o Programa Nacional de Racionalização do Uso de Petróleo e Gás Natural – CONPET (instituído em 1991), o Programa de Eficiência Energética – PEE (instituído em 1998) e o Projeto Esplanada Sustentável – PES (instituído em 2012). O Apêndice B detalha estes programas, e seus principais resultados.

De maneira complementar, é possível identificar iniciativas nacionais que oportunizam a implementação de projetos de eficiência energética no país por meio de financiamentos. Os principais programas de financiamento e captação de recursos para implementação de projetos de eficiência energética em universidades são detalhados no Apêndice C.

Apesar das diversas ações de fomento à eficiência energética, o Brasil ainda apresenta baixos índices de eficiência energética quando comparado aos principais países consumidores de energia no mundo (CEBDS, 2014). Um estudo desenvolvido pelo *American Council for an Energy-Efficiency Economy – ACEEE* (2018), analisou as políticas de eficiência energética e o desempenho dos principais países consumidores de energia do mundo, que totalizam 25. Esta análise considerou métricas de políticas de desempenho classificadas em 4 categorias: esforços nacionais para eficiência energética, transporte, indústria e edificações.

O Brasil classificou-se na 20ª posição, com 36,6 pontos de um total 100, estando atrás de diversas economias em análise. A Figura 5 apresenta o *ranking* de eficiência energética dos países responsáveis por 78% do consumo de energia global.

Figura 5 – Ranking internacional de eficiência energética



Fonte: Adaptado de ACEEE (2018)

2.2. METODOLOGIAS DE GESTÃO DE ENERGIA APLICADAS EM UNIVERSIDADES BRASILEIRAS

De acordo com Chung e Rhee (2014), as edificações de tipologia universitária são geralmente antigas e ao longo do tempo passam a ser adaptadas à instalação de tecnologias para atendimento aos usos atuais. Essas adaptações levam ao aumento do consumo de energia e, por vezes, a desperdícios energéticos, que refletem na necessidade de explorar o potencial de economia de energia nestas instituições. Moraes (2007) atribui às Universidades Federais a característica de edifícios dinâmicos, pois a todo momento ocorrem transformações que são promovidas pela mudança de uso, pelo incremento e substituição de equipamentos, além de questões comportamentais do usuário.

No Brasil as Universidades Federais totalizam sessenta e três, sendo cinco na região Centro Oeste, dezoito no Nordeste, dez no Norte, dezenove no Sudeste e onze no Sul (MEC, 2018). De acordo com a Secretaria de Educação Superior do Brasil (SESu) do Ministério da Educação (MEC), a energia elétrica foi o terceiro maior grupo de despesas nas Universidades Federais Brasileiras em 2015. Essas despesas estão associadas, entre outros fatores, ao uso de equipamentos ineficientes, bem como à falta de uso eficiente e racional de energia por parte usuários (ANEEL, 2016).

Não obstante, as Universidades Federais Brasileiras encontram a problemática do crescente contingenciamento de verbas provenientes da União que são repassadas a estas instituições através do Ministério da Educação (MEC). Essa questão se tornou mais agravante no ano de 2019, quando através do Decreto nº 9.741/2019 foi instituído um bloqueio de 30% das verbas destinadas às Universidades e aos Institutos Federais Brasileiros (BRASIL, 2019a).

De acordo com o MEC, a restrição provém da necessidade de adequação do Governo Federal à Lei Orçamentária Anual. Aprovada no Congresso Nacional e sancionada pelo Presidente da República, a lei estima a receita e fixa a despesa da União para o exercício financeiro do ano de 2019 (BRASIL, 2019b).

Como consequência, as restrições orçamentárias refletiram nas verbas de custeio, destinadas ao pagamento de despesas ordinárias, como consumo de água, energia e telefone, manutenção de espaços e equipamentos, e pagamento de pessoal terceirizado, entre outras, comprometendo o funcionamento das Universidades Federais Brasileiras (UFBA, 2019; UFBA, 2020).

Essa problemática evidenciou e reforçou a importância da gestão da energia nestas instituições. De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (2015), a gestão energética reúne um conjunto de medidas que permite medir, avaliar e gerenciar o uso de energia, por meio de orientações, direcionamento, propostas de ações e controles sobre os recursos humanos, materiais e econômicos. Desta forma, a gestão auxilia na identificação de onde e como a energia é utilizada numa organização, onde ocorrem os desperdícios e, principalmente, onde concentram-se as oportunidades de economia (HUANG, 2011).

A seguir, são apresentadas metodologias de gestão de energia aplicáveis às Universidades Federais Brasileiras.

2.2.1. Modelo Conceitual de Conservação de Energia e Água

O Modelo Conceitual é uma metodologia desenvolvida pela Rede de Tecnologias Limpas da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia (TECLIM/UFBA), que propõe o controle do consumo de água e de energia para edificações.

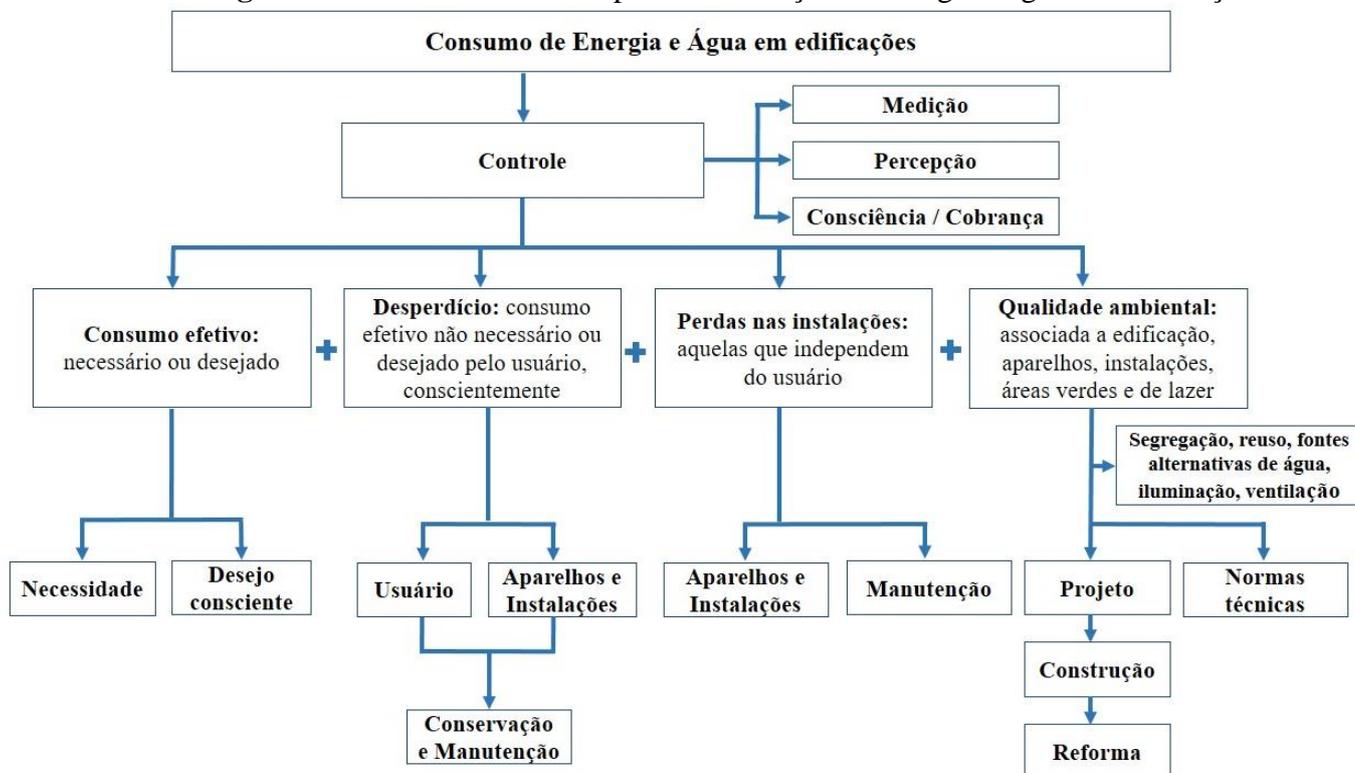
As ações direcionadas à gestão da água, promovidas pelo programa Aguapura TECLIM/UFBA, vêm sendo aplicadas em instituições públicas e privadas do Estado da

Bahia. Dentre essas, destacam-se a Universidade Federal do Sul da Bahia - UFSB, a Universidade Federal do Oeste da Bahia - UFOB, e a Universidade Federal da Bahia - UFBA (AGUAPURA, 2020).

Já as ações direcionadas à gestão da energia vêm sendo aplicadas em edificações públicas do estado da Bahia. Dentre essas, é possível citar as edificações da Secretaria do Estado da Bahia (SAEB); da Agência Estadual de Regulação de Serviços Públicos de Energia, Transportes e Comunicações da Bahia (AGERBA); da Companhia Baiana de Pesquisa Mineral (CBPM); da Companhia de Engenharia Hídrica e de Saneamento do Estado da Bahia (CERB), entre outras (TECLIM, 2019).

De acordo com Kiperstok e Kiperstok (2017), o Modelo Conceitual, proposto para a gestão de energia e água em edificações, vem sendo implementado e aprimorado com o desenvolvimento das atividades ao longo dos anos. Sua metodologia é estruturada em abordagens que contemplam aspectos gerenciais, aspectos físicos e aspectos comportamentais. A Figura 6 detalha o Modelo Conceitual para conservação de energia e água em edificações.

Figura 6 – Modelo Conceitual para conservação de energia e água em edificações



Fonte: Adaptado de KIPERSTOK; SILVA (2018)

As linhas de ação para implementação do modelo são detalhadas abaixo (KIPERSTOK; KIPERSTOK, 2017; KIPERSTOK; SILVA, 2018).

As ações gerenciais contemplam a sensibilização de líderes, de autoridades e do público em geral em direção à economia de água e de energia, além de consolidar um grupo interno para liderar as tomadas de ação. Dentre as ações consideradas na linha gerencial estão a definição de normas e procedimentos, a identificação dos níveis atuais de desempenho, a identificação dos níveis de desempenho projetados, e a definição de indicadores.

Os aspectos físicos concentram alternativas de medição, de monitoramento, de simulação e de reformas que visam à redução de perdas e desperdícios e melhoria do desempenho. Esses propósitos podem ser alcançados por meio do monitoramento de consumo, da inserção dos dados obtidos na plataforma digital “Aguapura Vianet”, e da formação de “ecotimes”.

Estas equipes, denominadas “ecotimes”, são fundamentais na implementação das medidas de conservação de recursos naturais, uma vez que atuam no monitoramento do consumo diário da água e energia, nas ações de eliminação de perdas e desperdícios, e na promoção da percepção do consumo de recursos naturais por parte dos usuários das unidades. Nesse tocante, é importante a participação de pelo menos dois membros da comunidade acadêmica de cada unidade nos “ecotimes”.

As ações comportamentais visam atrair a atenção do público para a maneira como eles utilizam a água e a energia. Dentre as alternativas contempladas neste propósito estão a aplicação de pesquisa para identificação dos perfis dos usuários, a definição de plano de comunicação, as ações para manter a conscientização permanente do usuário, e as ações de divulgação ampla e detalhada do desempenho do programa.

Kiperstok e Silva (2018) ressaltam a importância das ações de manutenção e reforma prediais para o funcionamento do programa de conservação de água e de energia. Destacam ainda a necessidade de centralidade do órgão responsável pela manutenção, e a necessidade de participação articulada do órgão com os outros setores da universidade.

2.2.2. Programa de Gestão de Energia (PGE) e Comissão Interna de Conservação de Energia (CICE)

O Programa de Gestão de Energia (PGE) tem por finalidade a otimização do consumo de energia da instituição, por meio de medidas de controle sobre os recursos humanos, materiais e econômicos. A atuação do PGE aborda medidas de gestão nas instalações e medidas de atualização tecnológica, contemplando treinamentos, políticas de conscientização, procedimentos operativos e de manutenção, atualização de equipamentos, de *retrofit* da edificação e dos sistemas (MMA, 2015; MONTEIRO; ROCHA, 2005).

O PGE é gerenciado pela Comissão Interna de Conservação de Energia (CICE), entidade responsável por elaborar, implantar, acompanhar as metas e divulgar amplamente os resultados do programa, proporcionando a conscientização e o envolvimento dos usuários da instituição. Para tanto, a metodologia do PGE estrutura-se em três pilares: diagnóstico energético, controle de indicadores, e comunicação do programa e dos seus resultados. Essas etapas estruturais estão detalhadas nos parágrafos seguintes (MMA, 2015; MONTEIRO; ROCHA, 2005).

O diagnóstico energético é realizado por meio de uma auditoria energética, e tem por finalidade conhecer o desempenho energético das instalações e identificar o perfil de consumo de energia da organização.

Quando identificadas e implementadas as alternativas de melhoria do desempenho energético da organização, inicia-se o processo de controle dos resultados, definido como controle de indicadores. Esse processo objetiva o acompanhamento do consumo energético, dos custos associados, e do consumo energético evitado.

O monitoramento, também identificado como “Medição e Verificação (M&V)”, tem por objetivo aumentar a credibilidade, o controle, e identificar falhas e oportunidades que deverão ser tratadas em etapas posteriores de um PGE. Para tanto, são gerados indicadores de desempenho energético, modelos de linha de base energética, e simulação de economias que apoiam o processo de monitoramento do desempenho energético da organização.

Cabe à Comissão Interna de Conservação de Energia (CICE) propagar o PGE como parte da política administrativa e energética da instituição, garantido a implantação e disseminação da cultura de redução do consumo de energia de maneira progressiva e constante. Nesse aspecto, destaca-se, como forma de comunicação, a publicação interna de

informativos, periódicos, cartazes e até mesmo a promoção de cursos e premiações. A Tabela 2 detalha a metodologia do PGE.

Tabela 2 – Metodologia do Programa de Gestão de Energia

Etapas do PGE	Descrição
Ações de treinamento e informação	Formação da Comissão Interna de Conservação de Energia (CICE)
	Treinamento da gerência de energia e da equipe técnica
Estruturação do PGE	Identificação dos insumos energéticos
	Identificação de variáveis associadas ao consumo energético
	Estabelecimento das metas de redução de consumo
Procedimentos operacionais e de engenharia	Estabelecimento dos sistemas de medição
	Implementação de medidas
Avaliação dos resultados	Comparação do previsto com o realizado

Fonte: Adaptado de MONTEIRO; ROCHA (2005)

É importante destacar que a implementação da CICE é obrigatória em Universidades Federais Brasileiras cujo consumo anual de energia elétrica seja superior a 600.000 kWh, conforme estabelecido através do Decreto nº 99.656/1190 (BRASIL, 1990). A essa comissão cabem diversas responsabilidades associadas ao gerenciamento do PGE, conforme detalhado na Tabela 3.

Tabela 3 – Principais atribuições da CICE

Promover a auditoria energética para análise do potencial de redução;
Estabelecer metas de redução de consumo;
Monitorar o consumo de energia por setores e/ou sistemas da edificação;
Estabelecer indicadores para monitoramento;
Estabelecer gráficos e relatórios gerenciais;
Avaliar os resultados alcançados para o ano e propor metas revisadas;
Designar coordenadores para atividades específicas, relacionadas à conservação;

Realizar cursos específicos para treinamento de pessoal;
Conscientizar e motivar os usuários;
Divulgar resultados dos objetivos alcançados;
Participar da elaboração de especificações de projetos, construção e aquisição de bens e serviços relacionados ao consumo de energia;
Orientar a equipe para que as aquisições sejam feitas levando em conta o custo-benefício ao longo da vida útil dos equipamentos.

Fonte: Adaptado de MMA (2015)

2.2.3. Sistema de Gestão de Energia (SGE)

A gestão energética de um edifício alinha os objetivos de eficiência energética, de sustentabilidade e dos atores relacionados com o consumo de energia. Pode ser definida como um conjunto de alternativas que objetiva a otimização da utilização de energia por meio de ações, orientações e adoção de medidas de controle econômico, controle de materiais e controle recursos humanos (MMA, 2015; SCHINAZI et al., 2018).

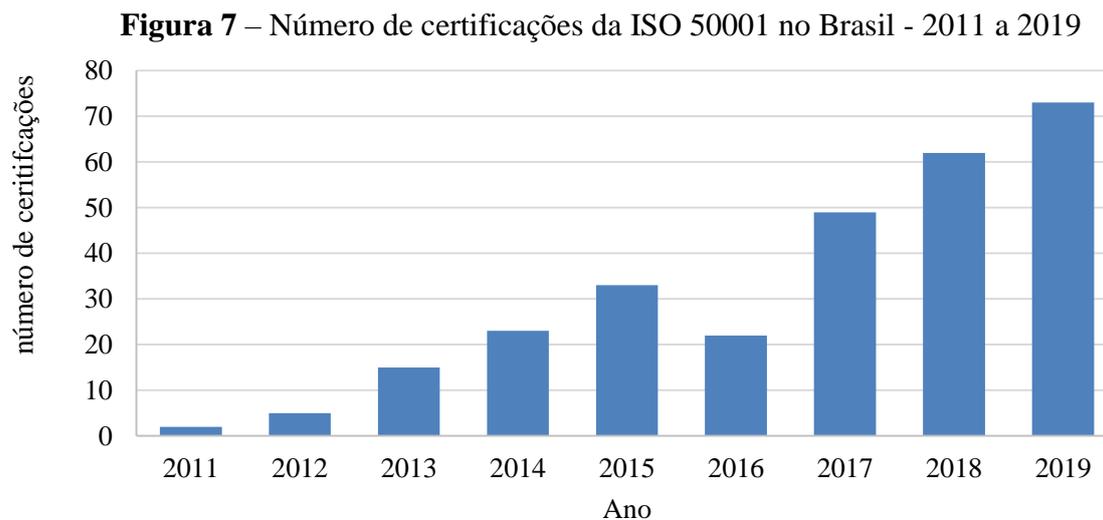
Um Sistema de Gestão de Energia (SGE) é uma metodologia que tem por objetivo a obtenção de melhoria contínua e sustentada do desempenho energético de uma organização (PINEDA et al., 2014). A norma ABNT NBR ISO 50001: Sistema de Gestão de Energia - Requisitos com orientação para uso (2018) é uma ferramenta estratégica de reconhecimento internacional que auxilia as organizações a implantarem um SGE e usar sua energia com mais eficiência (ABNT, 2018; ISO, 2016).

Kahlenborn et al. (2012) discutem as principais contribuições da implantação de um SGE nos moldes da ISO 50001, tanto a nível organizacional quanto a nível macro. Uma delas concentra-se no potencial de redução de até 10% nas despesas de energia elétrica nos primeiros anos após a implementação SGE, o que pode ser alcançado desde que haja tanto a identificação dos pontos frágeis no consumo de energia, quanto a resolução com medidas básicas.

Devido ao fato do SGE atuar na redução do consumo de energia, tem-se como consequência a redução da emissão dos gases de efeito estufa (GEE). Este fato, auxilia na melhoria da imagem pública da organização, por demonstrar ao público tanto a sua operação de maneira sensata em relação à eficiência energética quanto a sua operação de forma amigável ao meio ambiente.

Apesar dos benefícios mencionados, a aderência à norma ABNT ISO 50001 (2018) ainda não é muito difundida no Brasil. De acordo com dados da *International Organization for Standardization* (ISO, 2019), desde a sua implantação, em 2011, até o ano de 2019 existiam apenas 73 certificações no país.

A Figura 7 apresenta o número de certificação da norma desde a sua implementação, em 2011.



Fonte: Adaptado de ISO (2019)

O crescente número de certificações ISO 50001 no Brasil demonstra que há uma movimentação nacional a favor da gestão energética. Apesar disso, o número de certificações do país ainda é muito tímido quando comparado aos demais países. A Tabela 4 apresenta o número de certificações ISO 50001 por país entre os anos de 2011 e 2019.

Tabela 4 – Lista de países com certificação na norma ISO 50001 (2011 - 2019)

País	Certificações	País	Certificações
Alemanha	5.786	Croácia	194
China	2.934	Irlanda	173
Reino Unido	1.184	Bélgica	146
Itália	1.168	Polônia	141
França	812	Dinamarca	135
Índia	773	Rússia	135
Espanha	625	Suécia	118
Hungria	472	Grécia	109
Turquia	306	Sérvia	87
Bulgária	252	Vietnã	84

País	Certificações	País	Certificações
Rep. Checa	241	Irã	82
Áustria	236	Holanda	75
Taiwan	234	Brasil	73
Letônia	213		
Tailândia	199		
TOTAL (+ Países não listados)		18.227	

Fonte: Adaptado de ISO (2019)

Dentre os 196 países contemplados, o Brasil é 28º país com maior número de certificações ISO 50001.

2.3. ABNT NBR ISO 50001: SISTEMAS DE GESTÃO DE ENERGIA – REQUISITOS COM ORIENTAÇÕES PARA USO

A norma ABNT NBR ISO 50001 (2018) pode ser utilizada para fins de certificação, e de registro ou de auto declaração do SGE de uma organização. Essa norma apresenta compatibilidade com outras normas de Sistema de Gestão, como a ABNT NBR ISO 9001: Gestão da Qualidade (2008) e a ABNT NBR 14001: Gestão Ambiental (2004), apresentando núcleo de texto, termos e definições comuns. Desta forma, é possível realizar a integração do Sistema de Gestão de Energia (SGE) a outros sistemas de gestão, melhorando a qualidade, a gestão ambiental e o gerenciamento de energia da organização.

A norma ABNT NBR ISO 50001 (2018) dispõe de requisitos para a implantação de um Sistema de Gestão de Energia (SGE), o que permite que as organizações definam sistemas e processos necessários para a melhoria contínua do desempenho energético e do sistema de gestão de energia. Para tanto, o SGE contempla todos os tipos de energias utilizadas (eletricidade, combustíveis, vapor, calor, ar comprimido e outras formas análogas) e é aplicável a qualquer tipo de organização, desde que possua suas próprias funções, administração e autoridade para controlar seu uso e consumo de energia.

Dentre os resultados da adequada implantação de um SGE estão a redução dos gastos com energia, a redução da emissão de gases do efeito estufa (GEE), a melhoria da eficiência operacional, a disseminação da política de uso eficiente de energia, e o auxílio na tomada de decisões a partir da obtenção de dados relativos à energia.

2.3.1. Escopo e principais itens

A norma ABNT NBR ISO 50001 (2018) é baseada na estrutura de melhoria contínua *Plan-Do-Check-Act* (PDCA). Os termos do ciclo do PDCA podem ser expressos da seguinte forma (NORDELO et al., 2013):

Planejamento (P): consiste na compreensão do contexto da organização e do comportamento energético. Esta etapa direciona à definição de objetivos, metas, planos de ação, e planos de controle, os quais conduzem à melhoria do desempenho energético;

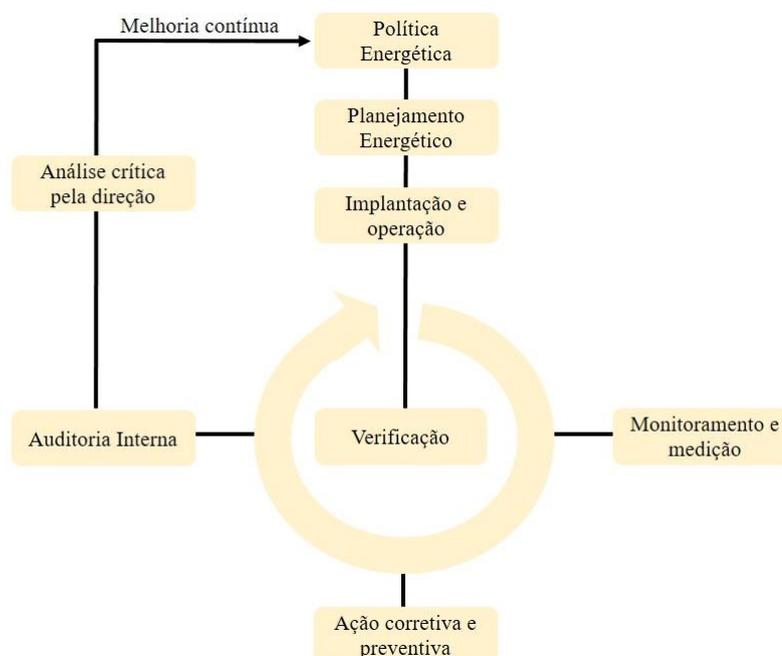
Execução (D): consiste na implementação dos planos de ação dispostos no planejamento proposto, visando o alcance de metas e a melhoria do desempenho energético;

Verificação (C): consiste no processo de verificação dos resultados alcançados e de comparação dos resultados com os objetivos traçados. Para tanto, faz-se necessário a adoção de medidas de medições, monitoramento, bem como análise crítica pela direção;

Ação (A): consiste na tomada de ações para tratamento de não conformidades e de desvios entre os resultados alcançados e os objetivos traçados.

A Figura 8 ilustra o modelo do Sistema de Gestão de Energia de acordo com a norma ABNT NBR ISO 50001 (2011).

Figura 8 – Modelo de Sistema de Gestão de Energia conforme a ISO 50001



Fonte: Adaptado da ABNT NBR ISO 50001 (2011)

A norma estabelece como requisito inicial as Responsabilidades da Direção. Este requisito estabelece a formação de uma equipe de alta direção, composta por um grupo de pessoas que dirigem e controlam a organização no seu mais alto nível. A norma reforça a importância do comprometimento desta liderança para o funcionamento do Sistema de Gestão de Energia (SGE).

O requisito seguinte orienta a criação de uma Política Energética, estruturada pela equipe de alta direção. A política energética define as intenções, diretrizes e compromissos da organização com o seu desempenho energético, e funciona como um norte para os requisitos normativos subsequentes.

O requisito normativo Planejamento Energético oferece direcionamento para o diagnóstico energético. Este tem por finalidade a identificação dos usos significativos de energia, ou seja, a identificação do uso da energia responsável por substancial consumo e/ou que ofereça potencial considerável para melhoria do desempenho energético. O diagnóstico pode ser realizado por meio de uma auditoria energética, contemplando a avaliação das atividades da organização, do histórico de consumo energético, do atual estado do gerenciamento de energia, e do desempenho energético dos sistemas e processos (ABNT, 2018; AIDA, 2014; NORDELO; BONIFAZ, 2013).

O diagnóstico energético tem como objetivo a identificação de oportunidades de melhoria do desempenho energético da organização, além da definição de objetivos, metas e planos de ação alinhados com a política energética.

O requisito normativo Implementação e Implantação do SGE, tem por finalidade a implementação das alternativas de melhoria que levam à melhoria do desempenho energético da organização. Para tanto, a organização deve se utilizar de planos de ação e dos resultados obtidos no processo de planejamento energético.

O requisito de Verificação contempla medições, análises, e aplicação de ações corretivas e preventivas. Esta etapa agrega informações necessárias para o atendimento ao requisito seguinte: Análise crítica pela direção. Nesta etapa são realizadas análises dos resultados alcançados frente aos objetivos estabelecidos, possibilitando uma tomada de decisão frente aos resultados, e o aperfeiçoamento do SGE.

Esses conceitos metodológicos definidos pela norma ABNT NBR ISO 50001 (2018), fundamentados no PDCA, garantem a melhoria contínua do desempenho energético e do Sistema de Gestão de Energia da organização.

Destaca-se aqui a importância da liderança (equipe de alta direção), a qual tem o papel estrutural de suportar o SGE e assegurar o cumprimento de todos os requisitos normativos descrito na ISO 50001, que vão desde o estabelecimento da política energética, a determinação de objetivos e metas, até assegurar o envolvimento de todos os níveis hierárquicos da organização nos propósitos estabelecidos. Portanto, para alcançar o êxito do SGE, é fundamental que seja estabelecido o compromisso da gestão de topo em trabalhar consistentemente na gestão da energia, e em disseminar este compromisso verticalmente na organização (ABNT, 2018; AIDA, 2014; PINEDA et al., 2014).

É importante destacar ainda que os sistemas de monitoramento dos consumos energéticos são uma peça vital na implementação bem-sucedida de um SGE, contribuindo tanto numa fase inicial de diagnóstico (planejamento energético), quanto após a implementação de melhorias (verificação). Na etapa de diagnóstico energético, as medições viabilizam a produção de indicadores de desempenho energético, a definição de objetivos, metas e a proposição de planos de ação. Na etapa da verificação, as medições permitem a mensuração da eficácia das medidas implementadas, ou seja, se houve ou não a melhoria do desempenho energético (AIDA; 2014).

Atualmente, são dispostas no mercado uma série de tecnologias que apoiam as lideranças nas decisões e nas tomadas de ação associadas à gestão de energia. É o caso dos sistemas de medição automáticos com interface em plataformas virtuais, que auxiliam o monitoramento necessário para a implementação do SGE. Como exemplo, tem-se a integração de medidores inteligentes (*smart metering*) com o sistema *Internet of Things* (IoT), que permite o monitoramento da unidade em tempo real e o gerenciamento do desempenho energético dos sistemas.

Contudo, do ponto de vista da norma ABNT ISO 50001 (2018), a decisão pela adoção de tecnologias, ou pelo simples monitoramento através de medidores da concessionária, cabe à organização. Ou seja, a adoção dessas tecnologias não é uma prerrogativa imposta pela norma em questão.

De maneira complementar à norma ABNT NBR ISO 50001 (2018), existe um conjunto de normas técnicas que detalham e aprofundam os principais componentes do SGE.

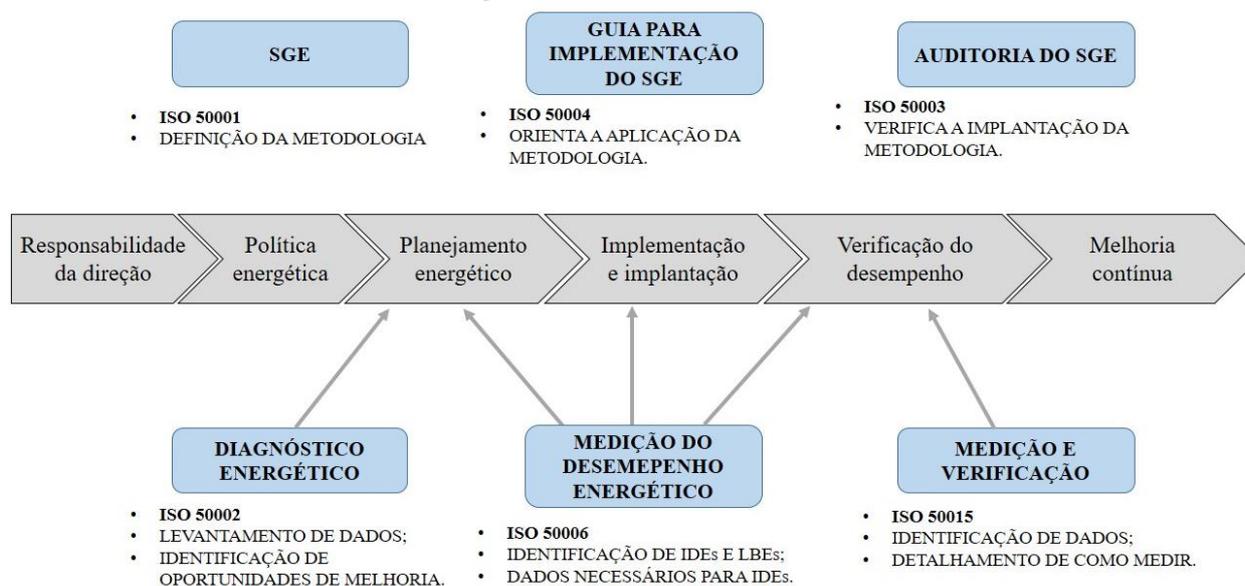
Esse conjunto de normas técnicas (também conhecido como “família das ISOs”) estruturam e complementam a norma ABNT NBR ISO 50001 (2018), auxiliando no processo de implementação de um SGE em uma organização. Dentre as normas que oferecem suporte à aplicação da norma ABNT NBR ISO 50001 (2018) estão:

- ABNT NBR ISO 50002: Diagnósticos energéticos – Requisitos com orientação para uso (2014);
- ABNT NBR ISO 50003: Sistemas de gestão de energia – Requisitos para organismos de auditoria e certificação de sistemas de gestão de energia (2014);
- ABNT NBR ISO 50004: Sistemas de gestão de energia – Guia para implementação, manutenção e melhoria de um sistema de gestão de energia (2014);
- ABNT NBR ISO 50006: Sistema de gestão de energia – Medição do desempenho energético utilizando linhas de base energética (LBE) e indicadores de desempenho energético (IDE) – Princípios gerais e orientações (2014);
- ISO 50007: *Energy services – Guidelines for the assessment and improvement of the energy service to users* (2017);
- ISO 50008: *Energy management and energy savings — Building energy data management for energy performance – Guidance for a systemic data exchange approach* (2018);
- ISO 50015: *Energy management systems – Measurement and verification of energy performance of organizations – General principles and guidance* (2014); e
- ISO 50047: *Energy savings – Determination of energy savings in organizations* (2016).

As normas internacionais foram desenvolvidas pelos *ISO Technical Committee* (TC). No Brasil, essas normas foram desenvolvidas pelo Comitê Brasileiro de Gestão e Economia de Energia, pertencente à estrutura organizacional da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT/CB-116), tendo desenvolvido e publicado as versões em português das normas ISO 50001, ISO 50002, ISO 50003, ISO 50004, ISO 50006. A versão em português da norma ISO 50015 encontra-se em desenvolvimento.

A Figura 9 ilustra a atuação dessas normas complementares em cada requisito normativo proposto pela norma ABNT NBR ISO 50001 (2018).

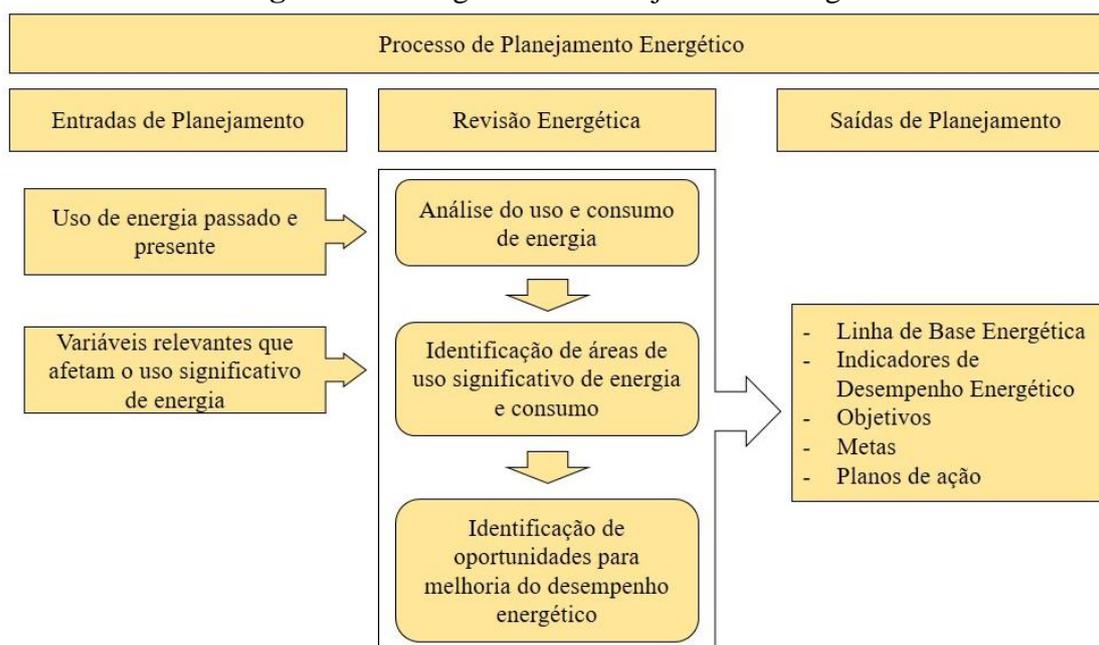
Figura 9 – Família das ISOs



Fonte: Adaptado de FOSSA et al. (2017)

Na estrutura da norma, o planejamento energético constitui uma das principais etapas para a implantação de um SGE. No planejamento energético, tem-se os três itens de maior relevância para a implantação de um SGE, os quais são objeto deste estudo: a Revisão Energética, a definição de Linhas de Base Energética (LBE) e obtenção de indicadores de desempenho energético (IDEs). A Figura 10 ilustra o diagrama do planejamento energético proposto pela norma ABNT NBR ISO 50001 (2011).

Figura 10 – Diagrama do Planejamento Energético



Fonte: Adaptado da ABNT NBR ISO 50001 (2011)

A execução deste estudo contou com a utilização dos conceitos e das metodologias definidas pela norma ABNT NBR ISO 50001 (2018), fundamentada no ciclo PDCA. Destaca-se que não é objetivo deste estudo a aplicação de todos os requisitos da norma, apenas daqueles associados à etapa de Planejamento Energético, sobretudo a Revisão Energética, visto que a partir desta etapa é possível identificar alternativas para a melhoria do desempenho energético da organização, e como consequência, a redução de despesas em energia.

2.3.2. Revisão Energética

A revisão energética é o ponto estrutural do planejamento energético, pois os dados e informações resultantes deste processo levam à quantificação e à qualificação do cenário energético da organização, e à identificação dos sistemas promissores para melhoria do desempenho energético. Para o desenvolvimento da revisão energética, a norma ABNT NBR ISO 50001 (2018) recomenda os seguintes requisitos:

3.1.2.1. Análise do uso e consumo de energia

Este requisito tem como finalidade a identificação das fontes de energia atuantes na organização. Além disto é necessário avaliar o histórico do uso e do consumo de energia, de modo a ser possível detectar comportamentos, tendências, variações.

3.1.2.2. Identificação das áreas de uso significativo de energia

A norma define o uso significativo de energia (USE) como o uso da energia responsável por substancial consumo e/ou que ofereça um potencial considerável para a melhoria do desempenho energético. A identificação das áreas de uso e consumo significativo de energia visa responder onde a maior parte da energia da organização está sendo utilizada.

O requisito seguinte se concentra na definição, quantificação e análise das variáveis que afetam significativamente o uso e consumo de energia. Esta etapa é fundamental para a identificação dos Indicadores de Desempenho Energético correspondentes à Linha de Base Energética. É proposta também a estimativa de uso e consumo de energia futuros, a qual pode ser realizada através do modelo de Linha de Base Energética.

3.1.2.3. Identificação de oportunidades de melhoria do desempenho energético

Este requisito propõe que, a partir da identificação de áreas de uso significativo de energia e consumo, sejam relacionadas as oportunidades de melhoria do desempenho energético da organização.

A priorização das oportunidades de melhoria identificadas pode ser realizada por meio da classificação das alternativas em função do custo de implementação, que pode variar de baixo (ou zero) custo de investimento, médio custo ou alto custo de investimento. A Tabela 5 classifica as Medidas de Eficiência Energética de acordo com o seu custo de investimento.

Tabela 5 – Classificação de Medidas de Eficiência Energética em função do custo

Classificação do custo de investimento	Medidas de Eficiência Energética
Zero e Baixo	São em sua maioria operacionais; Podem ser feitas por pessoal interno;
Médio	Exigem compra ou substituição de algum equipamento; Requerem estudos preliminares de <i>payback</i> para priorização; São geralmente de implantação simples;
Alto	Requerem estudos preliminares de <i>payback</i> e de riscos para sua priorização.

Fonte: Adaptado de CBCS et al., 2016

2.3.3. Saídas de Planejamento

3.1.2.4. Linha de base energética

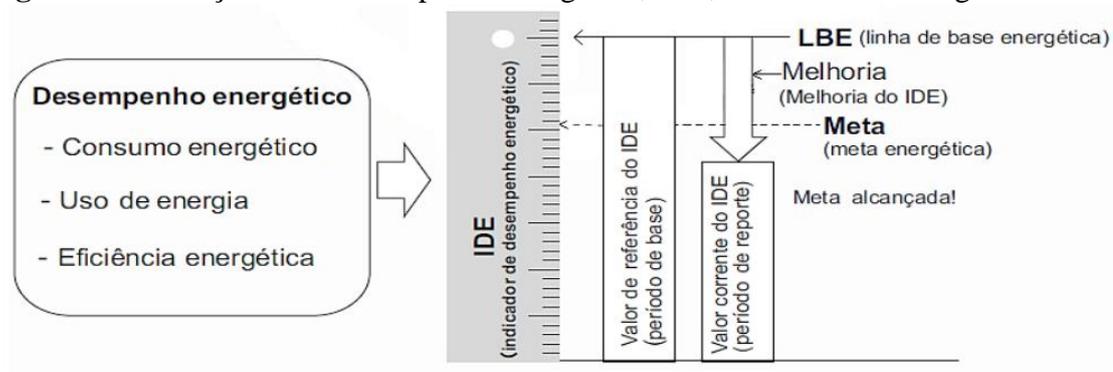
A Linha de Base Energética (LBE) é estruturada a partir de dados coletados na revisão energética, e pode ser definida como uma referência que caracteriza e quantifica o desempenho energético de uma organização ao longo de um período de tempo especificado.

Para oferecer às organizações orientações metodológicas para o atendimento aos requisitos da norma ABNT NBR 50001 (2018), em especial às Saídas de Planejamento previstas na etapa de Planejamento Energético, foi publicada em 2016 a norma ABNT NBR ISO 50006: Sistemas de gestão de energia - Medição do desempenho energético utilizando linhas de base energética (LBE) e indicadores de desempenho energético (IDE) - Princípios gerais e orientações (ABNT, 2016).

De acordo com a norma ABNT NBR ISO 50006 (2016), a Linha de Base Energética é utilizada para determinar os valores dos Indicadores de Desempenho Energético (IDE) referentes ao período de linha de base. A comparação do desempenho energético entre o período de reporte (após a implementação do SGE) e o período de linha de base (anterior a implementação do SGE) é dado pelo cálculo da diferença dos valores do IDE nos dois períodos.

Apesar disso, o comparativo entre o período de linha de base e o período de reporte também pode ser calculado através de qualquer valor mensurável, como por exemplo, um valor absoluto do consumo de energia (ABNT, 2016). A Figura 11 ilustra a relação entre o desempenho energético, o IDE, o LBE e as metas energéticas.

Figura 11 – Relação entre desempenho energético, IDE, LBE e metas energéticas



Fonte: ABNT NBR ISO 50006 (2016)

Os desafios para a determinação de uma LBE estão justamente na escolha de um período de tempo adequado, que contemple todas variabilidades e sazonalidade que impactem nas variáveis relevantes, no uso, e no consumo de energia do sistema analisado (FOSSA et al., 2017). Um intervalo de um ano imediatamente anterior a operação um SGE é a duração mais comum para inclusão de dados no cálculo da LBE considerando as alterações de padrões ao longo do tempo (ABNT, 2016).

Caso o modelo seja considerado inválido, a organização deve realizar ajustes na linha de base ou determinar um novo modelo. Contudo, quando o modelo estatístico da LBE é desenvolvido adequadamente e testado, pode ser utilizado para cálculo do desempenho energético predito. O consumo de energia predito/esperado é calculado através dos dados das variáveis relevantes consideradas no modelo, e quando comparadas com o consumo de energia real (medido após implementação do SGE) expressam o resultado das melhorias do desempenho energético.

Caso necessário, é possível testar a validade da linha de LBE. A norma ABNT NBR ISO 50006 (2016) recomenda a utilização de testes estatísticos, tais como p-valor, F-teste ou coeficiente de determinação, parâmetros que permitem a avaliação do ajuste do modelo estatístico a partir dos dados considerados no período base.

Nordelo e Bonifaz (2013) destacam a eficácia na definição de modelos estatísticos como mecanismo para estimativa do consumo futuro de energia nas organizações. Diversas pesquisas demonstram a aplicabilidade destes modelos para estimativa do consumo energético e auxílio à gestão da energia em edificações.

Bordbari et al. (2018), reforçam a aplicabilidade dos modelos estatísticos baseados em regressão na análise do consumo energético em edificações. Ma et al. (2017) destacam a eficiência dos modelos estatísticos baseados em regressão linear na predição de consumo energético e gerenciamento do desempenho energético em edificações públicas.

Jensen e Tu (2015) demonstram a aplicabilidade de modelos de regressão linear e indicadores de desempenho energético na avaliação da eficácia do gerenciamento de energia, e no auxílio à definição de metas energéticas para os ambientes do Departamento de Arquitetura da *National Taiwan University of Science and Technology*. Já Batlle et al. (2020) demonstram a aplicabilidade de modelo de regressão e correlação na estimativa de redução de consumo energético anual na Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI).

3.1.2.5. *Indicadores de desempenho energético*

Os Indicadores de Desempenho Energéticos quantificam os resultados relacionados à eficiência energética, e ao uso e consumo de energia, seja de um sistema, uma instalação, um processo, ou de equipamentos.

Os IDEs associados ao período de reporte, quando comparados aos IDEs do período linha de base, permitem a visualização do desempenho energético. De acordo com Fossa e Sgarbi (2017) a evolução dos IDEs ao longo do tempo aponta se as medidas adotadas no âmbito do SGE resultam em melhorias de desempenho energético esperadas.

É importante destacar que a organização pode estabelecer mais de um IDE que reflita o desempenho energético no período de análise. Para tanto, a norma ABNT NBR ISO 50006 (2016) recomenda a definição de fronteiras e subfronteiras.

A definição de fronteiras permite que os IDEs possam ser estreitados aos usos significativos de energia dos sistemas, unidades e equipamentos. Isso auxilia na visualização da porção mais ineficiente do sistema no período analisado.

A norma ABNT NBR ISO 50006 (2016) define os principais IDEs:

— IDE de valor de energia medido: reflete a economia absoluta a partir de medições e monitoramento de no uso e consumo de energia.

— IDE de proporção de valores medidos: possibilita monitorar a eficiência energética em sistemas com apenas uma variável relevante. Este tipo de indicador permite a comparação da eficiência de uma organização com outras de características e/ou condições semelhantes (*benchmarking*); e

— IDE de modelo estatístico ou de engenharia: é ideal para sistemas cujo consumo de energia é elencado a muitas variáveis relevantes, podendo ser obtidos através de regressões (lineares e não lineares) ou através de simulações de engenharia.

Nordelo e Bonifaz (2013) definem alguns mecanismos para a verificação da validade de um IDE. Dentre eles, destacam-se a análise dos valores dos indicadores ao longo do tempo, a comparação dos indicadores com instalações similares, e a identificação de forte correlação das variáveis que compõem o IDE, determinados pelo coeficiente de correlação R^2 .

Para as edificações, um indicador comumente utilizado é o Índice de Consumo Médio Mensal por m^2 (kWh/m^2). Apesar deste indicador ser bastante utilizado, ele é também considerado “subótimo”, já que a área construída é, em muitos casos, definida como um fator estático. Desta forma, um possível indicador que considera a atuação dos ocupantes e dos sistemas da edificação é o indicador seria $kWh/ocupante-hora$ (ABNT, 2016).

Favato (2005) e Saidel et al. (2005) reúnem alguns dos principais indicadores utilizados em universidades:

- Percentual de Consumo Total (PCT)

Este indicador expressa o consumo de energia de uma unidade de ensino em relação aos campus universitário. Pode ser expresso conforme a Equação 1:

$$PCT = \frac{\text{Energia ativa da unidade (kWh)}}{\text{Energia total do campus kWh (kWh)}} \quad (1)$$

O PCT auxilia a identificação do quanto cada unidade impacta no consumo total dos campus universitários, e a consequente priorização de políticas energéticas direcionadas para estas unidades.

- Consumo Médio Mensal por m² (CMM)

Expressa a razão entre o consumo médio mensal e a área construída em m², conforme a Equação 2:

$$CMM = \frac{\text{Energia média mensal (kWh)}}{\text{Área construída (m}^2\text{)}} \quad (2)$$

Através desse indicador é possível realizar comparações com diversas unidades de utilização semelhantes, bem como verificar o melhor valor de consumo por m², visando à padronização deste valor para a concepção de novos edifícios na universidade.

O princípio de cálculo deste indicador também pode ser utilizado para análises anuais. Neste caso, os dados de consumo mensal dos doze meses são considerados, resultando na unidade kWh/m²/ano.

- Consumo Médio Mensal por Alunos (CMA)

Este indicador é caracterizado pela razão entre o consumo médio mensal de cada unidade de ensino e o número de alunos que frequentam mensalmente a unidade, e é expresso pela Equação 3:

$$CMA = \frac{\text{Energia média mensal (kWh)}}{\text{Número de alunos}} \quad (3)$$

Este indicador é importante para estabelecer relações entre as unidades, bem como caracterizar o consumo em função da ocupação.

- Consumo Médio Mensal por Usuários (CMU)

Expressa a razão entre o consumo médio mensal da unidade e o número de usuários (funcionários docentes, não docentes e alunos) que frequentam as unidades mensalmente, conforme expresso pela Equação 4:

$$CMU = \frac{\text{Energia média mensal (kWh)}}{\text{Número de usuários}} \quad (4)$$

Através do CMU é possível efetuar comparações entre as diversas unidades e estabelecer valores ideais de consumo por número de usuários, de acordo com a ocupação dos ambientes.

- Demanda Média Mensal por m² (DMM)

Este indicador é demonstrado pela razão entre as máximas demandas registradas mensalmente e a área construída em m², e é dado pela Equação 5:

$$DMM = \frac{\text{Demanda máxima mensal(kW)}}{\text{Área construída(m}^2\text{)}} \quad (5)$$

A identificação do valor ideal de demanda por m² auxilia na padronização de projetos de novos edifícios na universidade, além de auxiliar no dimensionamento do carregamento dos transformadores.

- Demanda Máxima Mensal por Usuário (DMU)

O DMU é caracterizado pela razão entre as demandas máximas registradas mensalmente e o número de usuários que utilizam os ambientes da unidade, e é dado pela Equação 6:

$$DMU = \frac{\text{Demanda máxima mensal(kW)}}{\text{Usuários}} \quad (6)$$

O DMU permite a verificação de estabilidade nos valores de demanda / usuário. Quando aplicadas políticas de gestão energética, os valores do indicador demonstram se as ações de uso racional estão surtindo efeito.

Além de refletirem o desempenho energético da organização, os indicadores de desempenho energético levam aos *benchmarks*, referenciais de mercado que indicam valores para um nível típico ou uma meta de consumo energético.

Os *benchmarks* apresentam diversos benefícios, tais como a visualização do consumo real da edificação no cenário geral do mercado, a comparação do seu desempenho com tipologias, tecnologias e usos semelhantes, a identificação de metas próprias para redução

de consumo, e a monitoração do impacto da aplicação dos projetos e ações de eficiência energética (PROJETO 3E, 2017).

O Conselho Brasileiro de Construções Sustentáveis (CBCS) define o indicador kWh/m²/ano para *benchmarking* do desempenho energético de edificações, e disponibiliza plataforma *online* para quantificação e qualificação dos indicadores de edificações de tipologia pública, corporativa e bancária (CBCS, 2014).

No Reino Unido, a *Chartered Institution of Building Services Engineers* (CIBSE) também utiliza o indicador kWh/m²/ano para *benchmarking* do desempenho energético de edificações. Para esta avaliação, as edificações são agrupadas de acordo com a tipologia e espaço funcional. Os valores referência dos indicadores são qualificados como “padrão bom” e “padrão típico”.

A Tabela 6 ilustra o *benchmarking* de indicadores de desempenho energético para edificações de ensino superior.

Tabela 6 – Indicadores Desempenho Energético (edificações de ensino superior)

Espaço funcional	CIBSE Padrão Bom kWh/m²/ano	CIBSE Padrão Típico kWh/m²/ano
Salas de aula	67	76
Escritórios (fechados)	33	54
Escritórios (abertos)	54	85
Biblioteca (ventilação natural)	46	64
Laboratórios e Salas de informática	155	175
Restaurante universitário	137	149

Fonte: CIBSE (2012)

Apesar de a classificação dos indicadores propostos pela CIBSE serem internacionalmente reconhecidos, e funcionarem como parâmetros, o *benchmarking* do desempenho energético de edificações universitárias nacionais deve considerar características equivalentes, tais como o clima (e zoneamento bioclimático), as fontes de energia, os usos de energia e a ocupação da instituição.

É importante ressaltar que, da ótica do Sistema de Gestão de Energia proposto pela norma ABNT NBR ISO 50001 (2018), o principal objetivo de um IDE está na quantificação do desempenho energético em períodos anteriores e posteriores à implementação do SGE. A quantificação destes indicadores também auxiliam na previsão de consumo de energia em períodos futuros (NORDELO; BONIFAZ, 2013).

2.3.4. Auditoria energética

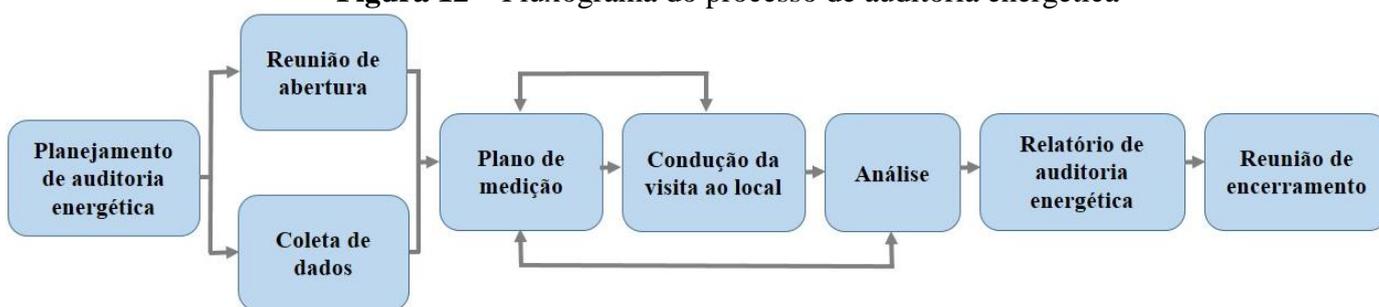
A auditoria energética é um processo sistemático e documentado que auxilia na obtenção de informações sobre o desempenho energético da organização. Portanto, é indispensável para a identificação de problemas operacionais, prevenção de efeitos indesejados e identificação de oportunidades de melhoria (ABNT, 2018; MMA, 2015).

De acordo com Nordelo e Bonifaz (2013), a auditoria energética avalia não somente o desempenho energético da organização, mas também a implementação e efetividade do próprio SGE. A auditoria energética é fundamental para etapa de revisão energética, elencando procedimentos que levam à identificação de oportunidades de melhoria do desempenho energético da organização.

Para oferecer às organizações orientações metodológicas para o atendimento aos requisitos da norma ABNT NBR 50001 (2018), foi publicada em 2014, a norma ISO 50002: *Energy Audits – requirements with guidance for use* (ISO, 2014).

Esta norma estrutura e direciona a auditoria energética desde o processo de planejamento da auditoria, até a identificação e avaliação do impacto das oportunidades de melhoria para o sistema energético da organização. A Figura 12 ilustra o fluxograma do processo de auditoria energética.

Figura 12 – Fluxograma do processo de auditoria energética



Fonte: ISO 50002 (2014)

A aplicabilidade dos requisitos normativos propostos pela norma ISO 50002 (2014) resulta no Relatório de Auditoria Energética, relatório final que reúne o escopo, os limites e objetivos da auditoria energética. Além destas informações, apresenta também as oportunidades para melhoria do desempenho energético e recomendações para a implementação das oportunidades.

Os objetivos contidos na política energética da organização auxiliam a determinação do tipo da auditoria energética, que pode ser realizada em diferentes níveis de profundidade

e detalhamento. As auditorias energéticas são classificadas nos seguintes níveis: análise preliminar (Nível I), análise detalhada (Nível II), e análise minuciosa (Nível III).

A norma ISO 50002 (2014) detalha os principais resultados de uma auditoria energética por nível, conforme ilustrado na Figura 13.

Figura 13 – Resultados de auditoria energética por nível

Auditoria Nível I	Auditoria Nível II	Auditoria Nível III
<ul style="list-style-type: none"> • Identificação e avaliação básica de oportunidades de baixo custo que podem ser facilmente implementadas; • Compreensão do consumo de energia no local, sistema ou processo; • Detalhamento da contribuição relativa de cada fonte de energia do local, os custos unitários médios de cada fonte e os benefícios potenciais do gerenciamento de energia; • Determinação da extensão de oportunidades mais intensivas em capital. 	<ul style="list-style-type: none"> • Compreensão detalhada do consumo e uso de energia; • Compreensão da contribuição relativa da fonte de energia de cada local, custos unitários médios e marginais para cada fonte. • Identificação e avaliação básica de oportunidades de baixo custo que podem ser facilmente implementadas; • Detalhamento de economia e custo preliminar de investimento; • Compilação de dados para fins de revisão / monitoramento de energia; • Perfil operacional e balanço energético detalhado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Compreensão detalhada do consumo e uso de energia; • Identificação e análise detalhada de oportunidades de economia de energia (incluindo medidas de zero, baixo, médio ou alto custo de investimento); • Dados para fins de análise energética; • Verificação de sistemas de medição e recomendações para corrigir lacunas de dados.

Fonte: ISO 50002 (2014)

Uma auditoria energética de Nível I permite a identificação de problemas/irregularidades e a definição de opções de melhoria. A auditoria de Nível II contempla a auditoria de Nível I, sendo composta por uma pesquisa energética e pela análise da engenharia. Já a auditoria energética de Nível II considera os resultados obtidos nas auditorias de Nível I e II, e contempla uma análise detalhada de medidas de eficiência que requerem maior investimento e intervenções (MMA, 2015).

É notável também a importância da auditoria energética para etapa de verificação do SGE, na qual as auditorias planejadas em intervalos necessários visam à identificação de não conformidades, ações corretivas e preventivas. Deste modo, é estabelecido um controle sistemático que assegura o funcionamento do SGE de acordo com os objetivos e metas estabelecidos na política energética da organização (ACHEE, 2013).

2.4. PRINCIPAIS OPORTUNIDADES DE MELHORIA DO DESEMPENHO ENERGÉTICO EM EDIFICAÇÕES UNIVERSITÁRIAS

De acordo com Jafari e Valentin (2017), as edificações reúnem uma série que estratégias que conduzem à melhoria do desempenho energético do sistema elétrico. Estas estratégias podem ser classificadas como estratégias de controle, de redução de carga, de intervenções na envoltória da edificação, de tecnologias de energia renovável, de melhoria das condições de conforto interno, e de comportamento do usuário da edificação. Abaixo são detalhadas algumas destas medidas.

- Medidas para envoltória da edificação: concentram intervenções na edificação, como mudança de cor de paredes, pisos e cobertura, isolamento térmico, utilização de esquadrias eficientes, respeitando as estratégias construtivas adequadas para cada região (DIAKAKI et al., 2008; MALATJI, ZHANG, XIA, 2013; JAFARI; VALENTIN, 2017);

- Medidas de melhoria do conforto: têm por objetivo a melhoria das condições de conforto interno e a minimização dos requisitos de energia. Como exemplo, tem-se o aumento da taxa de ventilação, o uso de ventilação mecânica com recuperação de calor, as melhoria dos condicionadores de ar, e o uso eficiente de equipamentos multifuncionais (DIAKAKI et al., 2008; KOLOKOTSA et al., 2001; MA, et al., 2012);

- Medidas de controle: estão associadas à utilização de gerenciadores de energia através de sensores de controle e monitores adequados para sistemas mecânicos, de iluminação, ventilação e equipamentos multifuncionais (KOLOKOTSA et al., 2005; DIAKAKI et al., 2008);

- Medidas de redução de carga: contemplam a atualização, modernização, otimização, efficientização dos sistemas visando a redução da carga da unidade consumidora (DIAKAKI et al., 2008);

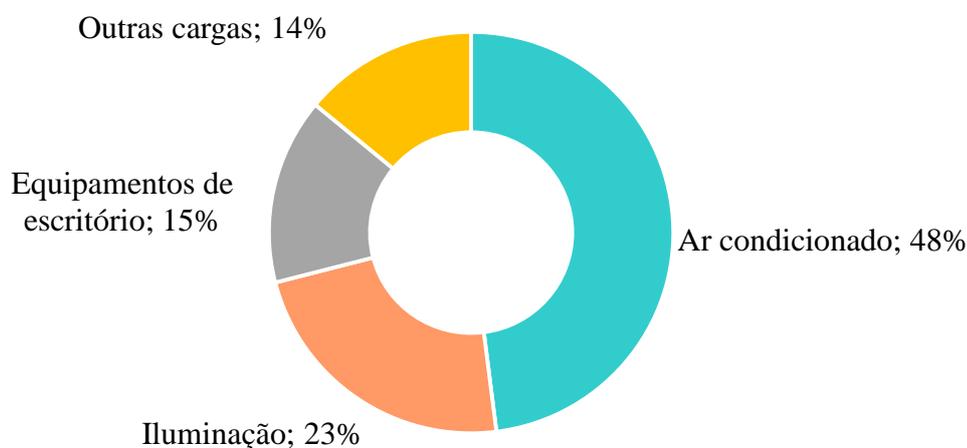
- Comportamento do usuário: concentram a utilização de métodos que promovam alteração nos padrões de consumo dos ocupantes. Destacam-se as atividades de engajamento, treinamentos e palestras sobre energia, campanhas e fóruns interativos *online* (MA et al., 2012; OZAWA et al., 2017; DARBY et al., 2016);

- Tecnologias de energia renovável: referem-se à aplicação de fontes renováveis de energia, como sistemas solares térmicos, sistemas solares fotovoltaicos / térmicos, sistemas de energia geotérmica, entre outros (DIAKAKI et al., 2008; JAFARI; VALENTIN, 2017).

Nesse sentido, Haase e Amato (2006) consideram que uma edificação de baixo consumo de energia deve incorporar primeiramente as medidas para a envoltória da construção (e para a melhoria do conforto), seguidas de alternativas que minimizem o consumo energético (por meio de medidas de controle, de redução de carga e aquelas que contemplam o comportamento do usuário), de modo que, somente energia remanescente seja produzida por fontes renováveis de energia.

Apesar das edificações mais recentes serem planejadas a partir destes conceitos, são as construções existentes (e em fase de ocupação) que respondem pela maior parte do crescente consumo elétrico do setor de edificações. Considerando as edificações existentes, deve-se atentar para os principais usos associados à energia elétrica, de modo que as estratégias que levam a melhoria do desempenho elétrico sejam melhor direcionadas e apresentem eficácia. A Figura 14 detalha os usos finais de energia elétrica nas edificações públicas.

Figura 14 – Uso final de energia elétrica em edificações públicas brasileiras



Fonte: Adaptado de MAGALHÃES (2001); LAMBERTS (2007)

Diante da análise da Figura 14, parece factível direcionar propostas de melhoria do desempenho energético destas edificações para os seus maiores usos, ou seja, os condicionadores de ar (48%) e o sistema de iluminação (23%).

As subseções seguintes detalham alternativas para a melhoria do desempenho energético nas edificações públicas e universitárias, abordando os sistemas de climatização, iluminação e informática. Além destes, são detalhadas alternativas direcionadas à estrutura tarifária.

2.4.1. Sistemas de climatização

De acordo com Viana et al. (2012), o condicionamento de ar é um processo que visa o controle simultâneo da pureza, da umidade, da temperatura, e da movimentação do ar num ambiente delimitado. Este processo tem por finalidade promover o conforto térmico do usuário. Segundo a *American Society of Heating, Refrigerating - ASHRAE*, o conforto térmico pode ser definido como o estado de espírito que expressa satisfação da pessoa com o ambiente térmico no qual ela está inserida (ASHRAE, 2013).

Em se tratando da eficiência energética dos sistemas de ar condicionado das edificações, é fundamental considerar os fenômenos térmicos que influenciam no cálculo de cargas térmicas, pois este é responsável pelo dimensionamento do sistema e dos equipamentos de climatização.

Os fenômenos térmicos podem ser de ordem interna ou externa, conforme detalhado na Tabela 7.

Tabela 7 – Fenômenos térmicos que influenciam nas cargas térmicas de uma edificação

Exterior	Interior
Radiação solar: incide sobre a cobertura, paredes e janelas aquecendo o ambiente;	Transmissão de calor: ocorre por diferenciais de temperaturas entre áreas internas à edificação e adjacentes;
Ganhos por condução: calor decorrente da diferença de temperatura exterior e interior que passa pelas paredes externas e cobertura;	Pessoas: calor dissipado em função da "queima metabólica" e varia conforme a atividade (trabalho sentado, em movimento ou atividade intensas);
Infiltração: ar externo que entra por aberturas, esquadrias de janelas e outras frestas;	Iluminação: lâmpadas, reatores, equipamentos que dissipem calor;
Ar de ventilação: fração de ar introduzida no sistema visando à renovação do ar.	Perdas por dutos: dutos não-isolados ou mal isolados e que passam em áreas não condicionadas.

Fonte: Adaptado de MMA (2015)

Magalhães (2001) e Schinazi et al. (2015) reúnem uma série de recomendações para os sistemas de condicionamento de ar que resultam em melhorias na eficiência energética das edificações. Essas recomendações se aplicam às edificações de tipologia pública:

- Estratégias passivas

As estratégias passivas visam aproveitamento das condições climáticas locais para obtenção de condições adequadas de conforto na edificação, sem necessariamente acionar os sistemas artificiais de resfriamento, aquecimento e iluminação dispostos.

O sombreamento é uma estratégia que auxilia na redução da incidência solar e do aquecimento provocado, e pode ser promovido através dos terraços, marquises, beirais e *brises* horizontais/verticais. Os dispositivos de sombreamento interno, como cortinas, persianas, e filtros são alternativas se sombreamento úteis no que se refere ao ajuste da entrada de radiação solar remanescente em ambientes internos.

A ventilação cruzada ocorre em ambientes com aberturas em diferentes fachadas, por intermédio da abertura das esquadrias e portas. A ventilação promovida atua na remoção de calor nos espaços internos, uma vez que o ar quente, menos denso, tende a subir, criando um fluxo chamado de efeito chaminé. Costa et al. (2019) reforça que o aproveitamento da ventilação natural oportuniza a redução de despesas de energia, sobretudo em universidades alocadas em regiões tropicais. Contudo, aponta a necessidade de manutenção das esquadrias em bom estado de conservação viabilizando maior aproveitamento da ventilação natural.

- Termostatos

Os termostatos de temperatura e umidade são muito úteis para a climatização de ambientes. O dispositivo atua na identificação de valores de temperatura e de umidade dos ambientes que se deseja climatizar, adotando estes valores como referência e comparando-os com valores medidos (através do sensor de temperatura). Havendo uma diferença entre os valores referência e medido, o controlador do termostato atua de forma garantir que o *setpoint* de temperatura e umidade sejam atingidos. Como resultado, esta alternativa evita que os sistemas dos condicionadores de ar trabalhem para resfriar o ambiente além do que deveria, e como consequência tem-se a redução do consumo desnecessário de energia.

- Variadores de frequência

Variadores de frequência ou inversores de frequência são dispositivos eletrônicos que possuem a função de acionar o motor elétrico e controlar a sua frequência e a tensão de alimentação simultaneamente.

Os inversores de frequência são úteis para os condicionadores de ar, uma vez que permitem que o compressor reduza sua frequência de giro ao identificar a temperatura ideal (evitando os picos de liga/desliga), e como resultado, tem-se uma operação mais eficiente. Por esta razão os condicionadores de ar do tipo *inverter* podem consumir de 40% a 60% menos de energia que os condicionadores convencionais (BOTELHO, 2018; SCHINAZI et al., 2018).

2.4.2. Sistemas de iluminação

Um bom projeto de iluminação tem como finalidade proporcionar uma iluminação propícia à visualização do ambiente, permitindo que as pessoas se vejam e se movam com segurança, possibilitando o desempenho das tarefas visuais de maneira eficiente, precisa e segura, sem causar fadiga visual e desconforto (ABNT, 2013).

Geralmente, edifícios públicos mais antigos não apresentam bons projetos de iluminação, e apresentam padronização excessiva que não consideram vários novos usos de energia e equipamentos de trabalho (JANNUZZI, 2010).

Dentre os parâmetros para criar as condições visuais confortáveis está a iluminância, parâmetro quantitativo que pode ser definido como sendo o fluxo luminoso (lm) incidente por unidade de área iluminada (m²). A unidade de medida é o lux, cada unidade corresponde à iluminância de uma superfície plana, de área igual a 1 m² (VIANA et al., 2010).

No Brasil a norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1: Iluminação de ambientes de trabalho Parte 1: Interior (2013) define os requisitos para iluminação em edificações educacionais para cada área de tarefa, a fim de garantir que as atividades sejam desempenhadas com níveis adequados de conforto e eficiência. A Tabela 8 detalha os valores de iluminância recomendadas pela norma para edificações educacionais.

Tabela 8 – Iluminância mantida para iluminação artificial em construções educacionais (ABNT NBR ISO/CIE 8995)

Tipo de ambiente/ tarefa/ atividade	Iluminância mantida (E_m) determinada pela norma (lux)
Salas de desenho técnico	750
Salas de aulas noturnas, classes e educação de adultos	500
Sala de leitura	500
Salas de ensino de computador	500

Tipo de ambiente/ tarefa/ atividade	Illuminância mantida (E_m) determinada pela norma (lux)
Salas de aula	300
Salas dos professores	300
Salas comuns de estudantes e salas de reunião	200

Fonte: Adaptado de ABNT NBR ISO/CIE 8995 (2013)

A média aritmética de todos os pontos de iluminância aferidos é determinado iluminância média. De acordo com a norma, o valor da iluminância média para cada ambiente não pode estar abaixo dos valores de iluminância mantida (E_m) indicados na Tabela 8.

A aferição da iluminância pode ser realizada por meio de um luxímetro, buscando compatibilidade com os requisitos da norma ABNT NBR ISO/CIE 8995 (2013). Nos locais onde é identificado iluminação em excesso, recomenda-se estudar a possibilidade de redução deste nível através da diminuição do número de lâmpadas, sem comprometer a segurança e a produtividade dos usuários (ELETROBRAS, 2016). No caso de insuficiência dos valores de iluminância, recomenda-se a realização de cálculo luminotécnico a fim de definir a quantidade de luminárias necessárias para que os ambientes alcancem o nível de iluminância recomendado pela norma.

Nas edificações universitárias, os sistemas de iluminação concentram oportunidades para melhoria da eficiência energética e economia de energia que podem ser alcançados através de níveis adequados de iluminação a partir de uma quantidade mínima de eletricidade (STEFANO, 2000; MAHLIA et al., 2011).

Para Magalhães (2001) e Schinazi et al. (2018), os sistemas de iluminação apresentam oportunidades para melhoria do desempenho energético através do aproveitamento da iluminação natural, divisão do número de circuitos, redução da densidade de potência e utilização de tecnologias. Estas alternativas são discutidas a seguir.

- Aproveitamento da iluminação natural

O aproveitamento da iluminação natural nos ambientes onde há ocupação é capaz de diminuir as demandas por iluminação artificial, reduzindo, assim, o uso de energia elétrica nas edificações. Para tanto, faz-se necessário um adequado emprego das esquadrias associado a dispositivo de sombreamento como brises, venezianas ou persianas. A norma

ABNT NBR 10821: Esquadrias para edificações - Parte 4: Esquadrias externas - Requisitos adicionais de desempenho (2017) detalha as recomendações para a inclusão do sombreamento e avaliação de desempenho térmico das esquadrias de acordo com o clima do local onde está instalada.

- Divisão de Circuitos

A divisão de circuitos permite o acionamento da iluminação de forma setorizada, o que proporciona que zonas que já estejam iluminadas naturalmente não sejam acionadas, evitando consequentemente o desperdício elétrico. De maneira complementar, é possível instalar nas áreas próximas às janelas circuitos independentes e sensores com fotocélulas, o que possibilita o ajuste automático de níveis necessários de iluminação para complementar a luz natural.

- Redução da Densidade de Potência de Iluminação (DPI)

A redução da Densidade de Potência de Iluminação pode ser alcançada com a substituição de lâmpadas existentes por outras mais eficientes. Outra alternativa consiste no cálculo luminotécnico para determinação da distribuição das luminárias e atendimento ao nível de iluminância necessário para cada ambiente, nos casos em que se identifica iluminação excessiva ou ociosa.

- Utilização de tecnologias

Diversas tecnologias auxiliam a redução do desperdício de energia elétrica e ociosidade dos sistemas de iluminação. Dentre estas destacam-se: a utilização de fotocélula para controle da iluminação externa (e interna), automatizando o sistema de iluminação a partir luminosidade do espaço; a utilização de sensores de presença nos ambientes pouco utilizados; e uso de programadores de horários que mantêm os sistemas ligados/ desligados a partir de programação adequada.

2.4.3. Equipamentos de informática

As estratégias para os equipamentos de informática consistem na adoção de equipamentos que possuem o selo *Energy Star*. Esta etiqueta internacionalmente reconhecida identifica a eficiência energética e qualidade ambiental de produtos como eletrodomésticos e aparelhos eletrônicos. Além desta estratégia, recomenda-se que os computadores sejam programados para desligar a tela em períodos curtos sem uso, evitando-

se assim o desperdício de energia (MAGALHÃES, 2001; SCHINAZI et al., 2018; ENERGY STAR, 2020).

2.4.4. Estrutura Tarifária

A compra dos insumos energéticos é uma etapa fundamental da gestão energética numa instituição. Em instituições de ensino superior, a energia elétrica é o principal insumo energético. A comercialização de energia elétrica no Brasil é realizada através do Ambiente de Contratação Livre (ACL) e do Ambiente de Contratação Regulada (ACR). No ACR, ou “Mercado Cativo de Energia”, o consumidor adquire a energia das concessionárias de energia operantes na sua região, conforme a modalidade tarifária em que esteja enquadrado. No ACL, ou “Mercado Livre de Energia”, o consumidor negocia a compra da energia diretamente com o produtor, mediante a intermediação de agentes comerciais que atuam na CCEE – Câmara de Comercialização de Energia Elétrica.

Após adquirir a energia ao preço livremente negociado entre as partes, cabe ao consumidor pagar pelo uso dos sistemas de transmissão e distribuição (TUST/TUSTD) e pagar também os tributos aplicáveis, antes de receber a energia no ponto de consumo. O valor final da energia pode ser bastante vantajoso em comparação com a alternativa do ACR, sobretudo, quando considera-se um contexto de elevada oferta de energia pelos produtores e baixa demanda por parte dos consumidores (lei da oferta e procura), o que pressiona para baixo o valor da energia comercializada no ACL. Isso acontece, tipicamente, em anos de baixo crescimento econômico.

A opção do ACL está apenas disponível para os grandes consumidores com demanda superior a 500 kW, ou para um grupo de consumidores de tamanho médio (demanda ≥ 30 kW) que se associem no regime de comunhão - desde que sejam unidades consumidoras que possuam o mesmo CNPJ ou que tenham diferente CNPJ mas estejam situadas em áreas contíguas. Diversas instituições de ensino superior brasileiras cumprem com esses requisitos e, portanto, estão habilitadas para adquirir sua energia elétrica no ACL.

A migração para o ACL requer um investimento baixo, consistente na adequação do sistema medidor de energia e na contratação de um agente/consultor que guia o consumidor durante o processo de migração. Até o momento, a migração para o ACL não despertou muito interesse entre as universidades brasileiras, apesar dos preços atrativos da energia

elétrica nesse mercado em anos recentes. A principal razão pode estar no fato de que, uma vez realizada a migração, a instituição fica “presa” nesse mercado durante vários anos.

Um eventual retorno ao ACR dependerá de aviso à concessionária local de energia, que tem até 5 anos para aceitar o retorno. No caso de os preços da energia no Mercado Livre de Energia entrarem num ciclo de crescimento, e o cenário vantajoso que justificou a migração seja revertido, a instituição só poderia retornar ao ACR após este período tendo que arcar com o prejuízo econômico. Portanto, muitos gestores de instituições de ensino superior consideram a migração para o ACL como um movimento arriscado, e preferem a segurança do ACR.

No Brasil, o sistema tarifário do ACR é regulamentado pela Resolução Normativa da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), nº 414/ 2010. Esta resolução define que unidades consumidoras são classificadas em dois grupos tarifários: o Grupo A, que possui tarifa binômia, e o Grupo B, que tem tarifa monômia (ANEEL, 2010).

O agrupamento é definido, principalmente, em função do nível de tensão em que os consumidores são atendidos e também, como consequência, em função da demanda (W). Desta forma, o Grupo A é definido por unidades consumidoras atendidas com fornecimento de tensão igual ou superior a 2,3 kV ou unidades atendidas a partir de sistemas subterrâneos. O grupo B é composto por unidades consumidoras atendidas com fornecimento de tensão inferior a 2,3 kV.

Cada grupo é dividido em subgrupos, de acordo com a atividade do consumidor. A subdivisão dos grupos tarifários é apresentada na Tabela 9.

Tabela 9 – Subdivisão dos grupos tarifários

Grupo	Subgrupo	Detalhamento
A	A1	Tensão de fornecimento igual ou superior a 230 kV
	A2	Tensão de fornecimento de 88 kV a 138 kV
	A3	Tensão de fornecimento de 69 kV
	A3a	Tensão de fornecimento 30 kV a 44 kV
	A4	Tensão de fornecimento de 2,3 kV a 25 kV
	AS	Tensão de fornecimento inferior a 2,3 kV, a partir de sistema subterrâneo de distribuição
B	B1	Residencial

Grupo	Subgrupo	Detalhamento
	B2	Rural
	B3	Demais classes
	B4	Iluminação pública

Fonte: Adaptado de PROCEL (2011)

De acordo com Schinazi et al. (2018), é possível identificar melhorias no modelo de contratação, tomando providências junto à concessionária a fim de reduzir gastos excessivos e pagamento de multas. Viana et al. (2012) sugerem alternativas para conservação de energia através da análise do perfil de utilização da energia da unidade consumidora. Estas alternativas são detalhadas abaixo.

- Otimização da demanda de potência

A análise da demanda tem por objetivo a sua adequação às reais necessidades da unidade consumidora. São analisadas as demandas de potência contratada, medidas e as efetivamente faturadas. A premissa básica é a de se reduzir ou mesmo eliminar as ociosidades e ultrapassagens de demanda.

- Análise de opção tarifária

Considera a escolha da tarifa mais conveniente para a unidade consumidora, tendo em vista o seu regime de funcionamento, as características do seu processo de trabalho, entre outras características de perfil de consumo, que podem resultar em reduções de despesas com energia.

- Correção do fator de potência

A maior parte dos aparelhos elétricos, como os motores, reatores de lâmpadas e transformadores, alocados nas unidades consumidoras, fazem uso da energia reativa para criar o fluxo magnético para seu funcionamento. A partir da relação entre a energia ativa e reativa é determinado o fator de potência induzido médio de um período.

A ANEEL, através da Resolução Normativa de nº 414 /2010, define o fator de potência mínimo de 0,92, caso este valor seja inferior, o consumidor é cobrado pela utilização de energia reativa e pela demanda de potência reativa (ANEEL, 2010; PROCEL, 2011). Para ajuste do fator de potência da unidade consumidora, é possível realizar a instalação de banco de capacitores estáticos ou automáticos.

- Correção do fator de carga

O Fator de Carga (FC) é a razão entre a demanda média e a demanda máxima da unidade consumidora, ocorridas no mesmo intervalo de tempo. É, portanto, um indicador que mostra como a energia está sendo utilizada ao longo do tempo.

O fator de carga mais próximo de 1 indica que as cargas elétricas foram utilizadas racionalmente ao longo do tempo. Valores mais baixos indicam a concentração de consumo de energia elétrica em curto período de tempo, resultando numa demanda elevada. Isso se dá quando muitos equipamentos são ligados ao mesmo tempo.

Dentre as medidas para o ajuste do fator de carga, estão:

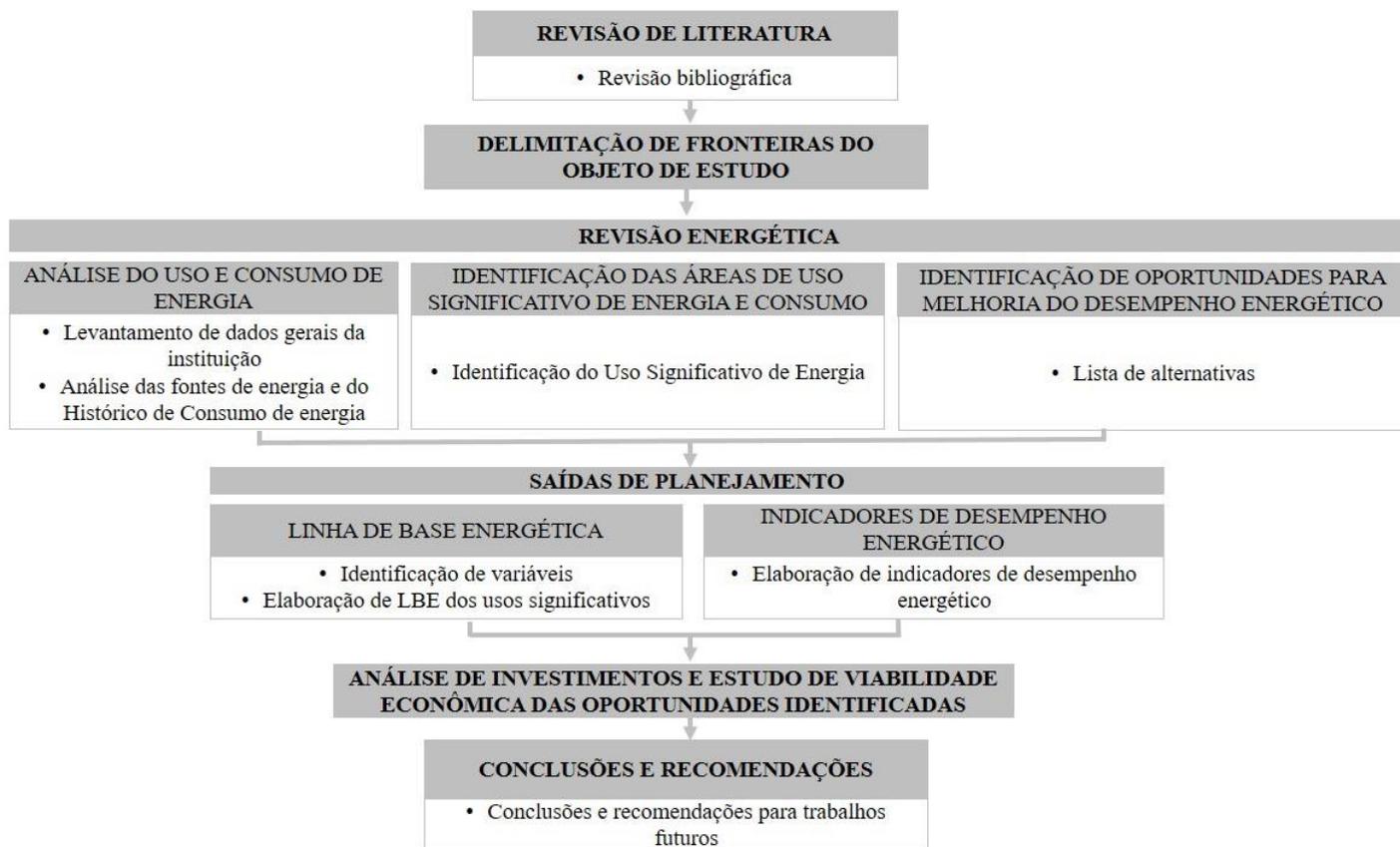
- a. Aumento do número de horas trabalhadas, ou seja, aumentando-se o consumo de kWh, porém conservando-se a demanda de potência;
- b. Otimização da demanda de potência, conservando-se o mesmo nível de consumo de kWh;
- c. Atuação simultânea nos dois parâmetros acima citados.

Após a implementação das medidas, devem ser realizadas análises nos meses posteriores e identificação dos meses em que este fator apresentou seu valor máximo, para que sejam feitos eventuais ajustes.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Esta seção expõe os principais materiais e métodos adotados para o desenvolvimento desta pesquisa, conforme ilustrado pelo fluxograma da Figura 15.

Figura 15 – Fluxograma da metodologia do trabalho



A revisão de literatura, etapa inicial deste estudo, consistiu na fundamentação teórica que estruturou e direcionou as etapas seguintes: delimitação de fronteiras do objeto de estudo, revisão energética, saídas de planejamento – conforme disposto na norma ABNT NBR ISO 50001 (2018). Em seguida foi realizada uma análise de investimentos e estudo de viabilidade econômica das alternativas identificadas como oportunas para a melhoria do desempenho energético da Escola Politécnica.

As subseções seguintes detalham cada etapa da metodologia dessa pesquisa.

3.1. REVISÃO DE LITERATURA

Primeiramente foi realizada uma análise exploratória sobre eficiência energética e gestão energética em edificações universitárias numa amplitude nacional e internacional. A partir desse estudo foram identificados: a. os principais fatores que interferem no consumo energético dessas edificações, b. os projetos associados à eficiência energética, e c. as barreiras associadas à implantação de projetos de eficiência energética em universidades.

Em seguida foi realizada uma análise do panorama energético nacional, buscou-se identificar as principais estratégias nacionais para expansão da eficiência energética no setor de edificações, e seus resultados.

Além disso, realizou-se uma análise das principais metodologias de gestão de energia aplicáveis a Universidades Federais Brasileiras. Realizou-se um estudo detalhado sobre o sistema de gestão de energia proposto pela norma ABNT NBR ISO 50001: Sistema de Gestão de Energia - Requisitos com orientação para uso (ABNT, 2018).

Em seguida foi iniciada a identificação de dados referentes ao objeto deste estudo, a Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia (UFBA).

3.2. DELIMITAÇÃO DE FRONTEIRAS DO OBJETO DE ESTUDO

A delimitação da fronteira do objeto de estudo considerou os limites físicos da edificação que são atendidos em energia elétrica através da conta contrato da Escola Politécnica da UFBA.

Para tanto, identificou-se primeiramente o medidor eletrônico da concessionária (Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia - COELBA) e o número da conta contrato da unidade consumidora. O medidor da marca ELO Sistemas Eletrônicos, modelo 1231TM, possui incerteza $\leq 0,1\%$, intervalo de registo de 15 minutos, e três tipos de leitura (reposição de demanda, verificação e recuperação).

As funcionalidades do medidor permitem aceder à memória de massa do aparelho, mediante requisição à concessionária, contendo os principais parâmetros elétricos da instalação (demanda, consumo, energia reativa, tensão e corrente nas fases), o que possibilita a realização de estudos aprofundados sobre perfis de demanda e consumo da unidade consumidora (ELO, 2020).

A Figura 16 ilustra o medidor eletrônico localizado no 4º andar, na área do estacionamento.

Figura 16 – Medidor eletrônico da COELBA



A jusante do medidor de alta tensão identificou-se a subestação (localizada no 4º andar, Zona II) contendo quadros elétricos e transformadores responsáveis pelo rebaixamento da tensão fornecida pela concessionária. A subestação é composta por dois transformadores com 300 kVA de potência cada um, atuando na transformação da energia elétrica de alta tensão (11.400 volts) para baixa tensão (127/220 volts), atendendo toda a edificação. Além destes, há também um transformador com 150 kVA de potência atendendo aos anexos – área não contemplada no projeto inicial da Escola Politécnica, alocando atualmente galpões e laboratórios.

Em seguida, buscou-se identificar as áreas atendidas em energia elétrica através da conta contrato da unidade consumidora. Estas áreas consistem no Bloco I, nos Anexos e na área externa da edificação da Escola Politécnica da UFBA. É importante ressaltar que uma parcela da iluminação presente na área externa da edificação faz parte da iluminação pública (cuja energia elétrica é fornecida diretamente da concessionária, não estando associada à conta contrato da organização). A outra parcela da iluminação externa é abastecida pela subestação do campus de Ondina UFBA (cujo fornecimento e medição é associada à conta contrato do campus de Ondina). Apenas os refletores da área externa são abastecidos pela conta contrato da Escola Politécnica.

Desta forma a delimitação das fronteiras do objeto de estudo consistem em:

a. Áreas comuns: contemplando os elevadores, bombas dos reservatórios e área dos Anexos (com seus respectivos laboratórios e galpões) e estacionamento;

b. Salas de aula: contemplando 28 salas de aula, sendo estas 3.1.2; 3.3.1; 3.3.6 (3º Pavimento), 4.1.24; 4.1.25 (4º Pavimento), 5.1.2; 5.1.3 (5º Pavimento), 6.3.2; 6.3.3; 6.3.4 (6º Pavimento), 7.1.1; 7.1.2; 7.1.3; 7.1.4; 7.1.5; 7.1.6; 7.1.7; 7.1.8; 7.3.2; 7.3.3; 7.3.4; 7.3.5; 7.3.6 (7º Pavimento), 8.3.1; 8.3.2; 8.3.3; 8.3.4 e sala do PPEC (8º Pavimento); e

c. Edificação: contemplando a biblioteca; o auditório; o Memorial Arlindo Coelho Fragoso; os laboratórios de informática; os laboratórios de pesquisa; os laboratórios de ensaio; as salas (de congregação, de videoconferência, de aula, das Empresas Júnior, dos professores, de projetos, de reunião, da secretaria, de coordenação, do administrativo, da diretoria); os depósitos; as copas; as áreas de circulação; os sanitários; a área da cantina; e a área de serviços digitais.

3.3. REVISÃO ENERGÉTICA

Após a delimitação das fronteiras do objeto de estudo foi realizado um levantamento de dados gerais da instituição associados ao:

- a. Espaço físico da instituição;
- b. Uso de energia;
- c. Características dos equipamentos;
- d. Registros do consumo de energia; e
- e. Gestão da energia.

Considerando que o objeto deste estudo é uma Universidade Federal, diversos departamentos e setores foram solicitados para obtenção de dados institucionais através de contato por via presencial, telefônica e/ou e-mail. A Tabela 10 relaciona os departamentos e as solicitações requisitadas.

Tabela 10 – Relação de informações institucionais da Escola Politécnica da UFBA

Setor	Solicitações
Assessoria da Diretoria da Escola Politécnica	Relatório - Alocação de disciplinas por sala; Autorização para visitas às salas de aula;
Coordenação de Planejamento e Registros Acadêmicos	Relação de alunos matriculados;
Diretoria da Escola Politécnica	Projeto arquitetônico; Autorização para acesso ao Relatório Quantitativo de Bens por Grupo Contábil;

Setor	Solicitações
Equipe de Manutenção da Escola Politécnica	Visitas ao campus, informações operacionais, técnicas e logísticas;
Inspetoria da Escola Politécnica	Visitas às salas de aula;
Memorial Arlindo Coelho Fragoso	Projetos e fotos do Arquivo Histórico da Escola Politécnica da UFBA;
Núcleo de Execução Orçamentária Compras e Patrimônio - NECOMP	Relatório Quantitativo de Bens por Grupo Contábil;
Rede de Tecnologias Limpas - TECLIM.	Esclarecimentos e informações referentes ao monitoramento e consumo da água no campus;
Superintendência de Meio Ambiente e Infraestrutura - SUMAI	Informações técnicas e operacionais; Histórico de consumo de energia elétrica Relatório de Gestão SUMAI; Projeto dos elevadores; Relatório sintético - Cadastro dos equipamentos de climatização, informações técnicas e operacionais.

O relatório “Histórico de consumo de energia elétrica”, concedido pela Superintendência de Meio Ambiente e Infraestrutura (SUMAI), foi o principal utilizado nesta pesquisa. Este relatório reúne as informações coletadas pelo medidor eletrônico da concessionária alocado na instituição, e permitiu a análise do consumo de energia atual e passado.

A fim de conhecer o perfil de consumo energético da instituição, realizou-se uma revisão energética com base no subitem 4.4.3 da norma ABNT NBR ISO 50001: Sistema de Gestão de Energia - Requisitos com orientação para uso (ABNT, 2018).

A Revisão Energética foi realizada por meio das seguintes atividades:

- Análise dos usos e consumo de energia;
- Identificação de áreas de uso significativo de energia;
- Identificação de oportunidades de melhorias do desempenho energético.

Para o alcance destes requisitos normativos, esta pesquisa tomou como base o processo de auditoria, proposto pela norma ISO 50002 *Energy Audits - Requirements with guidance for use* (ISO, 2014). Esta norma detalha o processo de auditoria energética e define os requisitos mínimos para a identificação de oportunidades de melhoria do desempenho energético da organização.

A Figura 17 reúne as análises realizadas por meio de uma auditoria energética por nível, de acordo com os padrões da norma ISO 50002 (2014). Este estudo tomou como base o Nível I e Nível II de auditoria energética.

Figura 17 – Auditoria energética (Análise)

Auditoria Nível I	Auditoria Nível II	Auditoria Nível III
<ul style="list-style-type: none"> • Dados de consumo de energia a nível de equipamentos/ sistemas/ processos; • Dados de equipamentos para preparo de balanço energético preliminar e identificação dos usos significativos de energia (USES); • Revisão dos perfis de consumo para identificação de anomalias nos padrões diário, semanal, mensal ou sazonal; • Comparação dos <i>benckmarks</i> disponíveis para identificação de consumos elevados ou ineficiências. 	<ul style="list-style-type: none"> • Auditoria de nível I; • Análise do consumo energético atual e passado; • Análise de plantas baixas para identificação de oportunidades específicas; • Balanço de massa dos equipamentos/ sistemas/ processos ou análise equivalente dos fluxos de energia; • Avaliação da melhoria do desempenho energético a partir de mudanças de equipamento ou de processo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Auditoria de nível II; • Aplicação de métodos de análise variados para explorar as relações entre consumo de energia e variáveis relevantes; • Recomendações de investigações adicionais para melhorar a precisão dos dados.

Fonte: Adaptado ISO 50002 (2014)

O detalhamento das atividades realizadas na revisão energética é apresentado nas subseções seguintes.

3.3.1. Análise do uso e consumo de energia

Através da auditoria energética e da coleta de dados institucionais, verificou-se que a energia elétrica é a principal fonte de energia, atendida pela concessionária Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia (COELBA).

Realizou-se a análise tarifária com base em informações contidas no relatório “Histórico de consumo de energia elétrica” no período de Janeiro/2017 a Dezembro/2019, visando a identificação de tendências e padrões, identificação da adequação da opção tarifária, da adequação da demanda contratada, e da possibilidade de redução do consumo reativo excedente. Para estas análises foram gerados gráficos de linhas através do *software* Excel 2013 (MICROSOFT, 2013).

Para a análise da Demanda, buscou-se identificar as oscilações na demanda medida, ultrapassagens na demanda contratada e a adequação da demanda contratada às necessidades da instituição. Buscou-se relacionar os comportamentos apresentados aos eventos ocorridos na instituição durante este período, tais como período letivo/recesso, população fixa,

mudanças de estação e temperatura, e eventos diversos, como greves, paralisações, mudanças na jornada de trabalho.

Para a análise do Consumo, considerou-se o consumo medido no horário de ponta (compreendido entre as 18hs e às 21hs) e no horário fora de ponta (demais horas do dia). Identificou-se os períodos de maior e menor consumo mensal, as oscilações de comportamento, e sua relação com os eventos ocorridos na instituição.

Para a análise do Consumo Reativo buscou-se identificar se houve a presença e repetição dos reativos excedentes, os quais expressam uma problemática associada a ineficiência do sistema.

Foi realizada uma análise da composição do faturamento de energia elétrica, visando identificar oscilações, padrões e tendências, e oportunidades de redução de despesas. Dentre os itens analisados na composição do faturamento dispostos no relatório do “Histórico de consumo”, têm-se: a demanda medida, a demanda ultrapassada, o consumo ativo, o consumo reativo, os tributos municipais, os tributos federais, as multas e os juros.

3.3.2. Identificação das áreas de uso e consumo significativo de energia

Para identificação dos usos significativos de energia realizou-se inicialmente um levantamento de carga instalada. O levantamento de cargas foi o ponto de partida para o cálculo do consumo elétrico e para a consequente estratificação do consumo elétrico por uso final. Estas etapas possibilitaram a identificação do Uso Significativo de Energia (USE).

O levantamento de cargas iniciou-se através de visitas a instituição visando à quantificação, identificação e especificação dos equipamentos consumidores de energia elétrica na edificação.

As primeiras visitas foram realizadas nas salas de aula da instituição. Estes ambientes foram escolhidos para o início do estudo de campo, pois, considerando a constante ocupação destes ambientes em decorrência das aulas da graduação e pós graduação, aproveitou-se o período de recesso para que as vistorias fossem realizadas interferindo o mínimo possível nas atividades acadêmicas.

As visitas às salas de aula ocorreram no mês de Janeiro de 2019 e sucederam a autorização formal da Diretoria da Escola Politécnica para realização da visita aos ambientes

da instituição para fins de pesquisa. Nas salas de aula as visitas foram acompanhadas por Responsável da Inspeção.

Em seguida, nos meses de Fevereiro, Março e Abril de 2019, foram realizadas vistorias nos demais ambientes da instituição, acompanhadas por Responsável de Manutenção/Inspeção/Setor/Secretaria/Departamento. Para todos os ambientes em que não foi possível acesso, foram realizadas até três tentativas de acesso.

Para apoiar a especificação dos equipamentos identificados e quantificados *in loco* na instituição, foram utilizados dois importantes relatórios:

a. Relatório Sintético – Cadastro dos Equipamentos de Climatização da EPUFBA: Contendo informações como número de identificação do aparelho (Código de Registro), marca, modelo, potência, voltagem e status de atividade (ativo/inativo). Os dados foram tratados no *software* Excel 2013.

b. Relatório Quantitativo de Bens por Grupo Contábil da EPUFBA: Relaciona o patrimônio adquirido pela instituição e informações como descrição do material, número de identificação (Número de Tombo), data de aquisição e setor. Os relatórios foram convertidos para o *software* Excel 2013, onde foi realizado o tratamento de dados.

A partir da identificação, quantificação e especificação dos equipamentos de cada ambiente, realizou-se o cálculo da potência instalada.

3.3.2.1. Cálculo da Potência Instalada

Foi elaborada uma planilha eletrônica por meio do *software* Excel 2013 contendo o detalhamento de cada ambiente, quantidade de elementos e potência (kW) de cada elemento. A Potência Instalada de cada ambiente foi calculada de acordo com a Equação 7:

$$\text{Potência Instalada (kW)} = \text{Qtd Elemento} \times \text{Potência (kW)} \quad (7)$$

A Potência Instalada dos ambientes foi somada e agrupada nos sete principais usos finais: Iluminação, Climatização, Equipamentos de Informática, Eletrodomésticos, Bombas, Elevadores e Equipamentos de Laboratório. Foram geradas tabelas e gráficos através do *software* Excel 2013, especificando a quantidade de equipamentos em cada uso final, a potência, e a sua representatividade percentual no levantamento de cargas.

De posse do levantamento de cargas procedeu-se ao cálculo do consumo elétrico da edificação, o qual dividiu-se em dois agrupamentos: a. salas de aula; e b. edificação e áreas comuns, detalhados nas subseções seguintes.

3.3.2.2. Cálculo do Consumo da Energia Elétrica – Salas de Aula

Para cálculo do consumo de energia elétrica nas salas de aula, foi desenvolvido um Mapa de Ocupação das salas de aula, elaborado a partir da seguinte metodologia:

- Quantificação do número de horas de ocupação de cada uma das 28 salas de aula analisadas. Através do relatório “Alocação de Disciplinas por Sala” foi identificada a ocorrência e duração das aulas durante os semestres de 2019.1 e 2019.2. Estes dados foram exportados e tratados no *software* Excel 2013;
- Agrupamento da quantidade de horas de ocupação em três períodos: Manhã (aulas ocorridas entre 7hs e 12h 30min); Tarde (aulas ocorridas entre 13hs e 17hs 35min) e Noite (aulas ocorridas entre 17h 35min e 22h 10min).

Em seguida foi realizada uma estimativa de dias letivos (dias com aula) no ano de 2019. A partir do relatório “Calendário Acadêmico - Semestres 2019.1 e 2019.2” emitido pela Superintendência de Administração Acadêmica (SUPAC), foi identificado período de aulas, de recesso e de feriados durante o ano letivo de 2019. O Anexo A detalha a estimativa de dias letivos ao longo do ano de 2019.

A partir da quantidade de horas de ocupação de cada sala de aula (Mapa de Ocupação) e da estimativa de dias letivos ao ano, foi admitido um cenário típico, no qual os equipamentos de climatização, iluminação e informática entram em operação durante das aulas da manhã, tarde e noite ao longo do ano de 2019.

De posse destes dados, foi realizado o cálculo do consumo elétrico de cada sala de aula, conforme a Equação 8:

$$\text{Consumo (kWh)} = \text{Potência Instalada (kW)} \times \text{horas} \quad (8)$$

Para expressar os resultados foram geradas tabelas e gráficos através do *software* Excel 2013.

3.3.2.3. Cálculo do Consumo de Energia Elétrica – Edificação e Áreas Comuns

De posse do levantamento de cargas da edificação, foi realizada uma estimativa do tempo de ocupação de cada ambiente da instituição, a fim proceder ao cálculo do consumo.

Para apoiar essa estimativa do tempo de ocupação dos ambientes, foi utilizado o banco de dados de pesquisa de doutorado realizada na Escola Politécnica da UFBA no ano de 2019 (COSTA, 2019). Nesta pesquisa, foram aplicados questionários aos usuários de cada ambiente da instituição para que estimassem: a. a quantidade de dias de ocupação de cada ambiente ao longo da semana, e b. a quantidade de horas de ocupação por dia.

De posse desses dados levantados nos 256 ambientes considerados, foi realizado um agrupamento em 23 principais categorias de ambientes. Uma média simples do “número de horas por dia” e do “número de dias por semana” foi aplicada em cada uma das categorias do ambiente em questão, e em seguida foram realizados ajustes dos resultados. O Anexo B detalha a estimativa de ocupação dos ambientes da instituição.

A partir da estimativa de tempo e frequência de ocupação em cada ambiente, foram definidas premissas para operação dos equipamentos presentes, tanto na edificação, quanto na área comum. As premissas de operação dos equipamentos consideraram estimativas de tempo de uso dispostas pela ANEEL e pela CEMIG, bem como pesquisas, e observações de senso comum. O Anexo C detalha as premissas de operação dos equipamentos.

O consumo de energia elétrica na edificação e nas áreas comuns foi calculado a partir do tempo de operação dos equipamentos (ANEXO C), da frequência de ocupação dos ambientes (ANEXO B), e da estimativa de dias letivos no ano (ANEXO A). De posse destes dados, foi realizado o cálculo do consumo elétrico de cada ambiente, conforme a Equação 8, previamente expressa. Para expressar os resultados, foram geradas tabelas e gráficos através do *software* Excel 2013.

As subseções seguintes detalham as análises realizadas em cada um dos sete usos finais, as quais direcionaram a Revisão Energética, sobretudo as etapas de identificação de áreas de Uso Significativo de Energia (USE) e a identificação de oportunidades de melhoria de desempenho energético.

- *Iluminação*

Para a estimativa do consumo de energia da iluminação, foi primeiramente realizada uma análise qualitativa e quantitativa das lâmpadas, identificando o tipo, a temperatura, o modelo e o *status* de funcionamento (ativa/defeituosa). Os dados da especificação das lâmpadas foram coletados no rótulo dos produtos armazenados no depósito da instituição.

Para as lâmpadas que não estavam contidas no depósito, foi realizada uma identificação visual e seleção do modelo semelhante através do manual do fabricante. As potências adotadas para o cálculo de levantamento de cargas correspondem a potência de especificação do produto.

No uso final de Iluminação também foram verificados os níveis de iluminância das salas de aula da instituição, a fim de identificar se os mesmos eram adequados para as atividades laborativas, conforme recomendação da norma ABNT NBR 8995-1: Iluminação de ambientes de trabalho – Parte 1: Interior (ABNT, 2013).

O estudo da iluminância foi realizado apenas nas salas de aula, devido ao fato de que nestes ambientes são ministradas as aulas da instituição, nas quais se faz necessário melhores condições de conforto do usuário, sobretudo ao considerarmos a contínua ocupação destes espaços por alunos. Esta ocupação é dada entre os dias de Segunda e Sábado, entre os horários de 7hs e 22hs 10min.

O estudo da iluminância foi realizado nas salas: 3.1.2; 3.3.1; 3.3.6; 4.1.24; 4.1.25; 5.1.2; 5.1.3; 5.1.4; 6.3.2; 6.3.3; 6.3.4; 7.1.1; 7.1.2; 7.1.3; 7.1.4; 7.1.5; 7.1.6; 7.1.7; 7.1.8; 7.3.2; 7.3.3; 7.3.4; 7.3.5; 7.3.6; 8.3.1; 8.3.2; 8.3.3; 8.3.4.

O nível de iluminância foi coletado e mapeado visando a obtenção de um valor médio. As medições foram realizadas sobre a mesa de trabalho por meio de um luxímetro digital da marca *Instrutherm*. O instrumento apresenta as seguintes características de incerteza: $\pm 3\%$ da leitura e de ± 5 dígitos - calibrado com lâmpada incandescente padrão na temperatura de cor de 2856 K (INSTRUTHERM, 2020). A Figura 18 ilustra o aparelho.

Figura 18 – Instrumentação - Luxímetro digital

Fonte: Adaptado de INSTRUTHERM (2020)

O método para a medição da iluminância consistiu em:

- a. Medições realizada na mesa de trabalho, a uma altura de 75 cm do piso, mantendo o sensor paralelo à superfície e evitando sombras sobre a fotocélula;
- b. Medições efetuadas durante o período diurno;
- c. Medições realizadas com as lâmpadas acesas a fim de avaliar a iluminação artificial;
- d. Espaçamento entre os pontos de medição da iluminância determinado a partir da recomendação da norma ABNT NBR 8995: Iluminação de ambientes de trabalho - Parte 1: Interior (2013), indicado na Tabela 11.

Tabela 11 – Tipos de ambientes e espaçamentos das medições da iluminância

Ambiente	Maior dimensão ou zona da sala	Espaçamento entre as medições
Área da tarefa	Aproximadamente 1 m	0,2 m
Salas/ zonas de salas pequenas	Aproximadamente 5 m	0,6 m
Salas médias	Aproximadamente 10 m	1 m
Salas grandes	Aproximadamente 50 m	3 m

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 8995-1 (2013)

O valor final da iluminância considerado foi o resultado da média aritmética das medições efetuadas.

No uso final de iluminação, também foi desenvolvido um cálculo luminotécnico das salas de aula visando identificar o número de lâmpadas necessário para adequabilidade e atendimento à iluminância requerida pela norma ABNT NBR 8995-1 (2013).

Para o cálculo luminotécnico considerou-se a lâmpada *Brilia* linha *smart* modelo T8 LED 120 cm 18W 6.500K 1.850 lm. A escolha desta lâmpada teve como objetivo manter a

mesma especificação das lâmpadas LED já instaladas na edificação (DSW, modelo T8 LED 120 cm 18W 6.500K 1.850 lm), havendo divergência apenas da marca. A marca escolhida considerou a cotação de materiais realizada no estudo de Análise de Investimentos (detalhado na seção 3.5).

De posse da especificação da lâmpada, foi realizado o cálculo do índice local (K), por meio da Equação 9:

$$K = \frac{C \times L}{H \times (C + L)} \quad (9)$$

Onde:

C: comprimento do ambiente, em metros;

L: largura do ambiente, em metros; e

H: altura entre o plano de trabalho e a luminária.

Em seguida foi determinado o índice de refletância das superfícies, de acordo com a Tabela 12.

Tabela 12 – Índice de refletância das superfícies

Superfície	Branco	Clara	Média	Escura
Teto	80%	70%	50%	30%
Parede		50%	30%	10%
Piso			30%	10%

Fonte: PROCEL; ELETROBRÁS (2011).

Adotou-se os índices de refletância para teto claro, parede clara e piso claro, pelo fato de que a maioria das salas de aula visitadas apresentam esta configuração.

Em seguida, através do manual do fabricante da luminária, determinou-se o fator de utilização (U), por meio da interpolação do valor do índice do local (K) com os dados de refletância das superfícies.

Logo após, foi determinado o fator de perdas luminosas (Fpl) para cada um dos ambientes, o qual considera as perdas provocadas pelo acúmulo de poeira e manutenção das lâmpadas e luminárias do ambiente analisado. De acordo com o PROCEL (2011), as perdas luminosas indicadas pelo fator de perdas luminosas são:

Conjunto limpo: 0,80

Conjunto normal: 0,70

Conjunto sujo: 0,60

Adotou-se perda de Fpl de 0,80 para conjuntos limpos, dado ao fato de que a maior parte das salas de aula visitadas apresentavam esta configuração. De posse destes dados, determinou-se o número de luminárias necessárias para cada um dos locais, visando o atendimento ao nível de iluminância requerido pela norma para o desenvolvimento das atividades.

A Equação 10 expressa o cálculo do número de luminárias por ambiente:

$$N = \frac{E \times A}{n \times f \times U \times Fpl} \quad (10)$$

Onde:

N: número de luminárias por ambiente

E: iluminância recomendada pela norma ABNT NBR 8995-1 (ABNT, 2013);

A: área a ser iluminada com a iluminância recomendada;

n: quantidade de lâmpadas por luminária;

f: fluxo luminoso (lm) indicado no catálogo do fabricante das lâmpadas

U: fator de utilização; e

Fpl: fator de perdas luminosas.

Adotou-se a iluminância de 500 lux recomendada pela norma ABNT NBR 8995-1 para iluminação artificial em construções educacionais, ambiente sala de aula noturna e atividade de educação de adultos (ABNT, 2013). O fluxo luminoso adotado através do catálogo do fabricante corresponde a 1.850 lm.

Para determinação do modelo, quantidade, dimensionamento e distribuição das luminárias utilizou-se o *software* gratuito Lumisoft®, destinado a simulação de projetos luminotécnicos (LUMICENTER, 2020). Este *software* é recomendado para a elaboração de cálculos luminotécnicos de ambientes internos, possibilitando emissão de relatório com todas as características do projeto, tais como tomografia, descritivo técnico das luminárias, iluminância, dentre outros.

A utilização deste *software* teve como objetivo identificar e propor um *layout* que adequasse a iluminação do ambiente à iluminância requerida pela norma.

- *Climatização*

Para a estimativa do consumo de energia da climatização, foi realizada primeiramente uma análise qualitativa e quantitativa dos equipamentos de climatização (condicionadores de ar do tipo *split* e tipo janela, e ventiladores). Na análise qualitativa buscou-se uma inspeção visual dos equipamentos visando identificar equipamentos ativos/inativos/inoperantes/com defeito.

Na análise quantitativa buscou-se a quantificação dos equipamentos e coleta do número de identificação (Código de Registro). Em seguida, cada Código de Registro foi identificado no “Relatório Sintético/SUMAI” gerando a especificação de cada equipamento com informações referentes a marca, modelo, potência, voltagem e *status* de atividade (ativo/inativo). Para os equipamentos que não possuíam CR, considerou-se a especificação do equipamento mais frequente no departamento/ambiente, de acordo com o “Relatório Quantitativo de Bens/NEOCOMP”.

As potências adotadas para o cálculo de levantamento de carga correspondem a potência de especificação do produto.

Nos ambientes climatizados artificialmente foi realizada uma inspeção térmica com o objetivo de identificar possíveis perdas térmicas nos ambientes, nas esquadrias e portas. Esta inspeção foi realizada por meio de uma câmera térmica da marca Flir modelo E5, com precisão de $\pm 2^{\circ}\text{C}$. A Figura 19 ilustra o aparelho.

Figura 19 – Instrumentação - Câmera térmica



Fonte: Adaptado de FLIR (2020)

Nos ambientes ventilados naturalmente realizou-se a avaliação dos parâmetros de conforto térmico (temperatura, umidade relativa e velocidade do vento), tendo como finalidade identificar as condições de conforto térmico. Foram selecionados cinco ambientes para esta análise: duas salas de aula, um laboratório de pesquisa e duas salas administrativas.

Para a aferição desses parâmetros, utilizou-se como instrumentação um termo-higroanemômetro digital com sonda externa da marca *Akso* modelo - AK832, com as seguintes características de precisão: $\pm 0.6^{\circ}\text{C}$ (temperatura); $\pm 0.3\%$ UR (umidade relativa) $\pm 2\%$ FS (velocidade do ar). A Figura 20 ilustra o aparelho.

Figura 20 – Instrumentação - Termo-higroanemômetro digital



Fonte: Adaptado de AKSO (2020)

Os dados aferidos foram interpolados na carta bioclimática da cidade de Salvador, visando identificar se estes ambientes estão contidos zona de conforto térmico, e se apresentam adequação às estratégias construtivas propostas para cada zoneamento.

- *Equipamentos de Informática e Eletrodomésticos*

Para o cálculo do consumo de energia dos equipamentos de informática e eletrodomésticos, foi realizada inicialmente uma análise qualitativa através de inspeção visual e identificação dos equipamentos ativos/inativos/inoperantes/com defeito. Na análise quantitativa, os equipamentos de informática e eletrodomésticos foram contabilizados e identificados através do “Relatório Quantitativo de Bens/NEOCOMP”, com informações de marca e modelo.

As potências adotadas para o cálculo de levantamento de cargas correspondem a potência de produto estimado pela ANEEL e pela CEMIG (ANEEL, 2001; CEMIG, 2014). Esta estratégia foi adotada devido à diversidade de produtos com diferentes especificações.

- *Elevadores*

Para a estimativa do consumo de energia dos elevadores, foi realizada primeiramente uma análise qualitativa visando a identificação dos elevadores operantes (em uso) na edificação. A análise quantitativa considerou a quantificação das cabines operantes, cuja especificação foi extraída do “Projeto de Especificação de Elevadores/ SUMAI”.

Embora a potência do motor tenha sido especificada em projeto, não havia especificação dos elementos da cabina (iluminação, sistema de ventilação, inversor de frequência e turbina). Para estes, foi realizada a pesquisa das potências de cada elemento junto ao manual do fabricante para consideração no cálculo.

A partir do manual do fabricante e das especificações de projeto, foram coletadas as potências utilizadas no cálculo de levantamento de cargas.

- *Bombas*

O cálculo do consumo de energia das bombas iniciou-se por meio da análise qualitativa e quantitativa visando a contabilização das bombas, a identificação do número de especificação das bombas, além de informações da rotina de uso.

Através do número de especificação, buscou-se no manual do fabricante informações relevantes, como potência, tensão, capacidade, rotação e rendimento.

- *Equipamentos de Laboratório*

Os equipamentos de laboratório contemplados nesta pesquisa se restringem aos destiladores. Este recorte se deu devido as seguintes dificuldades:

- a. De acesso aos laboratórios;
- b. De obtenção das especificações dos equipamentos presentes nos laboratórios; e
- c. De estimativa do tempo e frequência de uso dos equipamentos.

Para a estimativa do consumo dos destiladores utilizou-se pesquisas anteriores para obtenção de dados como quantidade de destiladores, localização (laboratório de alocação), marca, modelo e ano e rotina de uso. As informações de potência, utilizadas no levantamento de cargas foram coletadas através do manual do fabricante.

Apesar de a Escola Politécnica da UFBA comportar diversos equipamentos de elevada carga, a utilização dos mesmos é dada de forma eventual, em função de aulas práticas e ensaios que ocorrem por curto período de tempo. Desta forma, entende-se que a supressão destes equipamentos interfere muito pouco na estimativa do consumo elétrico por uso final de energia.

3.3.3. Identificação das oportunidades de melhoria do desempenho energético

A partir da revisão energética realizada na Escola Politécnica, identificou-se o Uso Significativo da Energia (USE). Considerando o USE da instituição, e tomando-se como referência os projetos de eficiência energética já implantados em Universidades Brasileiras e Institutos Federais, foram relacionadas as principais oportunidades para melhoria do desempenho energético instituição.

A relação das oportunidades foi dividida em dois principais grupos: aquelas que não envolvem nenhuma despesa (mudanças de hábito de consumo, gestão, manutenção, entre outras), e aquelas que exigem um investimento inicial (substituição de equipamento, aquisição de sistemas supervisórios, entre outras).

Também foram consideradas oportunidades de gestão de energia por meio da mudança no contrato de fornecimento de energia elétrica. Para identificação da opção tarifária mais vantajosa (horo-sazonal azul e horo-sazonal verde) realizou-se uma simulação das despesas de energia elétrica nestes cenários, considerando:

- a. O preço final da energia elétrica (composto pelos custos tarifários acrescidos de ICMS, PIS e COFINS) associados ao Grupo A, Classes A4 - Poder Público Federal (COELBA, 2020b); e
- b. A composição do faturamento da energia elétrica na instituição, contendo o consumo ativo (na ponta e fora da ponta), o consumo reativo (na ponta e fora da ponta), a demanda medida e a ultrapassagem da demanda. Estes dados foram extraídos do relatório “Histórico de consumo de energia elétrica”.

Para a realização da simulação utilizou-se o *software* Excel 2013.

3.4. SAÍDAS DE PLANEJAMENTO

3.4.1. Linha de Base Energética (LBE)

Para elaboração da Linha de Base Energética (LBE) considerou-se o período de trinta e seis meses, entre Janeiro/2017 a Dezembro/2019. Este período foi selecionado visando contemplar as variabilidades dos padrões operacionais, do consumo de energia e das variáveis relevantes.

A partir da análise do histórico de consumo e das informações institucionais, identificou-se que os anos de 2017 e 2018 não apresentaram mudanças significativas nos padrões de consumo. Contudo, o ano de 2019 foi marcado por medidas restritivas que visavam a redução do consumo elétrico da instituição e a consequente redução de gastos com energia. A seguir são detalhadas as medidas:

- a. Horário Especial de Funcionamento (de 8/Julho/19 a 2/Agosto/19): redução do horário de funcionamento das atividades de turno integral para o período entre 07h 30min e 13h 30min determinado através da Portaria n° 082/2019 (UFBA, 2019a);
- b. Realização de eventos (a partir de 24/Setembro/2019): suspensão da realização de eventos que demandem o uso das instalações a partir das 17hs ou nos finais de semana e feriados (UFBA, 2019b); e
- c. Climatização (a partir de 24/Setembro/2019): redução do uso de aparelhos de ar condicionado (salvo exceção de ambientes específicos) determinado através da Portaria n° 124/2019 (UFBA, 2019).

Portanto, para a definição da LBE considerou-se o um período anterior à implementação dessas medidas, ou seja, entre Janeiro/2017 e Junho/2019, totalizando trinta meses.

Em seguida identificou-se as variáveis chave que afetam o consumo de energia da organização, sobretudo, o Uso Significativo de Energia. Dentre as variáveis identificadas estão:

- a. Variáveis Climáticas: Temperatura compensada (°C), Precipitação (mm), Insolação (hs); Velocidade média do Vento (mps), Umidade Relativa (%). Estes dados partiram da estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia, Estação de Ondina, localizada a menos de 1 km de distância da EPUFBA (INMET, 2020).

- b. Variáveis de População: População da graduação (qtd) e População total (qtd). A quantidade de alunos da graduação foi contabilizada semestralmente. A quantidade de alunos da pós-graduação, dos funcionários docentes e não docentes foi contabilizada anualmente. Estes dados partem do Relatório de Gestão da EPUFBA (PROPLAN, 2020b);
- c. Variáveis de Sazonalidade: Dias Úteis e Não Letivos (qtd); Dias Não Úteis (qtd) e Dias Úteis e Letivos (qtd), sendo estes:
- dias úteis e letivos: número de dias em que o prédio teve ocupação máxima, com a presença de alunos de graduação, pós graduação, professores e funcionários;
 - dias úteis e não letivos: número de dias com a presença de alunos da pós graduação, professores e funcionários; e
 - dias não úteis e feriados: número de dias em que a edificação teve ocupação mínima, contando apenas com a permanência de vigilantes de segurança patrimonial.

Esses dados partiram da Superintendência de Administração Acadêmica (SUPAC, 2019).

Para conhecer a real relação existente entre a variável dependente (consumo elétrico mensal) e as variáveis selecionadas elaborou-se, através do *software* Excel, um gráfico de correlação. Através da análise gráfica, foi possível obter o coeficiente de correlação (R^2), uma medida descritiva da proporção da variação de Y (consumo elétrico) que pode ser explicada por variações em X (variável selecionada).

Através do gráfico foi fornecido o coeficiente de Pearson (r), que determina a correlação linear e constata a existência de forte ou fraca relação entre as variáveis e o consumo energético. Este coeficiente é um número entre -1 e +1, quanto mais próximo destes valores, mais perfeitamente correlacionadas encontram-se as variáveis, de forma positiva ou negativa. Dancey e Reidy (2006) definem as seguintes classificações para valores do Coeficiente de Pearson: $r = 0,10$ até $0,30$ (podem ser considerados fraco); $r = 0,40$ até $0,60$ (moderado); e $r = 0,70$ até 1 (forte).

Tendo em vista a correlação “fraca” e “moderada” das variáveis selecionadas com a variável dependente (consumo elétrico mensal) não foi necessária a normalização da LBE,

processo através do qual se considera as mudanças das variáveis relevantes para comparar o desempenho energético em condições equivalentes.

Para a definição da LBE, foi aplicado método não normalizado, que consiste em comparações diretas de consumo de energia do período base e o do período de reporte. De acordo com a norma ABNT NBR ISO 50006 “Sistemas de gerenciamento de energia - Medição do desempenho energético com base na energia e indicadores de desempenho energético - Princípios e orientações gerais”, esta metodologia pode ser aplicada em casos em que não há identificação de mudanças significativas das variáveis relevantes (ABNT, 2016).

Com o objetivo de mensurar a suposta melhoria de desempenho energético a partir da implementação das medidas de racionalização, implementadas desde Julho/2019, foi desenvolvido um modelo estatístico de regressão linear simples para predição do consumo elétrico caso as medidas não fossem implementadas.

Para tanto, o modelo de regressão linear simples considerou os dados do consumo elétrico do período base (Janeiro/2017 a Junho/2019) e estimou o consumo elétrico entre Julho/2019 e Fevereiro/2020. Este período de análise não se estende aos demais meses do ano de 2020 devido à paralisação do campus ocasionada pela pandemia do novo coronavírus (COVID-19) no Brasil, iniciada em Março/2020 (UFBA, 2020c).

O modelo pode ser representado de acordo com a Equação 11 (MONTGOMERY; RUNGER, 2003):

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x + \varepsilon \quad (11)$$

Em que:

β_0 e β_1 : Parâmetros dos coeficientes de regressão;

X : Regressor;

ε : Erro aleatório provindo das medições e análises dos dados.

Após a elaboração do modelo, realizou-se o teste de hipótese da regressão para avaliar a adequação do modelo, ou seja, determinar se há uma relação linear entre a variável resposta e o subconjunto da variável regressora. Para tanto, utilizou-se as seguintes hipóteses:

$$H_0: \beta_1 = 0$$

$$H_1: \beta_1 \neq 0$$

Se a hipótese $H_0: \beta_1 = 0$ for aceita, conclui-se que há relação linear entre X e Y. Além disto, para avaliar o ajuste do modelo, analisou-se o coeficiente de determinação R^2 , o qual avalia a adequação do modelo, ou seja, o quanto o modelo explica a variabilidade dos dados.

Para quantificar a eficiência das medidas de restrição, comparou-se o consumo elétrico predito através do modelo estatístico, como o consumo elétrico medido pela concessionária.

A elaboração do modelo estatístico deu-se por meio do *software* RStudio (TEAM, 2016). Esta escolha deve-se ao fato do RStudio se tratar de um *software* gratuito de computação estatística com desenvolvimento em linguagem de programação R, o qual permite a elaboração de cálculos estatísticos e gráficos.

3.4.2. Indicadores de Desempenho Energético (IDE)

Para a definição do Indicador de Desempenho Energético (IDE) primeiramente foi definida a fronteira do IDE. Este procedimento consiste na definição dos limites de medição aos usos significativos de energia dos sistemas, unidades ou equipamentos. Para a definição das fronteiras foi realizado um diagrama de fluxo de energia na instituição, considerando os usos finais.

Foi definida como Fronteira 1, os limites físicos da edificação que são atendidos em energia elétrica através da conta contrato da Escola Politécnica da UFBA: edificação, área externa da edificação, área dos anexos.

A Fronteira 2 corresponde a Uso Significativo de Energia (USE) identificado a partir da revisão energética.

Foram selecionados IDEs de proporção de valores medidos, considerando que esses possibilitam o monitoramento da eficiência energética em sistemas com apenas uma variável relevante, além de permitirem a comparação da eficiência de uma organização com outras de características e/ou condições semelhantes (*benchmarking*). Foram escolhidos indicadores utilizados em universidades, e que refletem as fronteiras definidas neste estudo de caso: o Consumo Elétrico Mensal, o Consumo Médio Mensal por m^2 e o Índice de Consumo Médio Mensal por Alunos (ABNT, 2016; FAVATO, 2005; SAIDEL et al., 2005).

Abaixo são detalhados cada indicador, bem como o cálculo para sua obtenção.

- a. O indicador Consumo Elétrico Mensal considerou dados do consumo elétrico mensal, extraídos do relatório “Histórico de consumo de energia elétrica”;
- b. O indicador Consumo Médio Mensal por m² (CMM) foi calculado a partir da razão entre o consumo médio mensal de cada unidade de ensino e a área construída em m². A Equação 12 expressa este indicador.

$$CMM = \frac{\text{Energia média mensal (kWh)}}{\text{Área construída (m}^2\text{)}} \quad (12)$$

Considerou-se o consumo elétrico da unidade consumidora em período de doze meses correspondentes ao intervalo de Junho/2018 e Junho/2019.

A área construída (Bloco I e Anexos) foi calculada a partir do projeto arquitetônico disponibilizado pela instituição; e

- c. O indicador Consumo Médio Mensal por Alunos (CMA) foi calculado a partir da razão entre o consumo elétrico mensal, e o número de alunos que utilizam mensalmente os ambientes das unidades. A Equação 13 expressa este indicador:

$$CMA = \frac{\text{Energia média mensal (kWh)}}{\text{Número de usuários}} \quad (13)$$

Considerou-se o número de alunos ativos da graduação e da pós-graduação. Para quantificar o número de alunos ativos calculou-se a diferença entre o número de alunos egressos e evadidos a cada semestre. Estas informações foram obtidas a partir do Relatório de Gestão da Escola Politécnica (PROPLAN, 2020b).

Nos meses letivos considerou-se o número de alunos da graduação e da pós graduação. Nos meses não letivos considerou-se apenas o número de alunos da pós graduação.

De posse dos resultados dos indicadores, realizou-se uma comparação entre os indicadores da Escola Politécnica com os indicadores de outras universidades. Realizou-se também comparativo dos resultados dos indicadores obtidos com os valores de referência (*benchmarks*) da *Chartered Institution of Building Services Engineers* (CIBSE).

3.5. ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA DAS ALTERNATIVAS DE REDUÇÃO DE PERDAS

Após a identificação das oportunidades de melhoria do desempenho energético da Escola Politécnica da UFBA, foi realizada uma análise de investimentos e um estudo de viabilidade econômica das alternativas propostas. Para tanto, utilizou-se planilhas eletrônicas elencando as informações de economias projetadas, os investimentos necessários e as fontes de recursos financeiros.

Para a análise de investimentos foram realizadas três cotações de materiais com os fornecedores locais (Salvador/BA), e foram selecionadas propostas de orçamento com melhor custo benefício. Não considerou-se o custo da mão de obra de instalação e manutenção dos equipamentos, tendo em vista que a instituição possui suas próprias equipes (SUMAI e Equipe de Manutenção Predial da EPUFBA) para realizar essas atividades sem ônus extra.

As economias de energia foram calculadas a partir da diferença entre o consumo atual e o consumo caso a medida fosse implantada, e sua expressão em termos monetários. A Equação 14 expressa o cálculo da economia:

$$Economia = (C_A - C_F) \times T \quad (14)$$

Onde:

CA: consumo em kWh atual, ou seja, anterior a medida de eficiência energética;

CF: consumo em kWh após a implementação da medida de eficiência energética; e

T: tarifa paga pelo consumo R\$/kWh.

O cálculo do Consumo Futuro foi realizado por meio de planilhas eletrônicas no *software* Excel, e considerou as informações de potência dos novos componentes, e o mesmo tempo de uso dos equipamentos contemplado no Consumo Atual (conforme detalhado previamente no Anexo C).

Para o estudo de viabilidade econômica, foi realizada uma análise dos principais indicadores financeiros utilizados para a análise de viabilidade, Taxa Interna de Retorno (TIR), Valor Presente Líquido (VPL) e *Payback*.

De acordo com Filho et al. (2012), o Valor Presente Líquido (VPL) pode ser considerado o critério mais rigoroso e tecnicamente perfeito para realização de um estudo de viabilidade econômica. Deste modo, proporciona comparações de diferentes alternativas no mesmo horizonte de tempo. Para o cálculo do VPL foi utilizada a Equação 15:

$$VPL = \sum_0^n Fn (1 + i)^{-n} \quad (15)$$

Onde:

VPL: valor presente líquido da alternativa (R\$);

n: número de períodos do horizonte de planejamento (anos);

F_n: valor do fluxo de caixa no período *n* (R\$);

i: taxa de juros comparativa ou taxa mínima de atratividade (%)

Para que exista a viabilidade da alternativa é necessário que, nos períodos verificados, os benefícios resultantes sejam superiores aos custos empregados. O critério de decisão da viabilidade consiste em: se o $VPL \geq 0$ a alternativa proposta é considerada viável, pois remunera o capital investido. Se o $VPL < 0$, a alternativa é considerada inviável (HIRSCHFELD, 2013).

A taxa interna de retorno (TIR) também foi utilizada como critério de avaliação do investimento. De acordo com Gitman (2010), a taxa interna de retorno é a taxa necessária para igualar o investimento inicial às entradas do projeto. Desta forma, é a taxa que faz com que o VPL de um projeto seja igual a zero. O cálculo foi realizado de acordo com Equação 16:

$$0 = -FC_0 + \sum_{k=1}^n \frac{FC_k}{(1 + i)^k} \quad (16)$$

Onde:

FC_k: Fluxo de caixa referente a cada ano no horizonte de planejamento;

FC₀: Investimento inicial; e

k: (1; n): períodos de horizonte de planejamento.

De acordo com Filho et al. (2012), o critério de decisão do projeto consiste na comparação da TIR com a taxa mínima de atratividade (TMA) da organização visando a verificação do desempenho do projeto, considerando as seguintes possibilidades:

TIR > TMA indica que o projeto é economicamente atrativo;

TIR < TMA o investimento não é economicamente atrativo; e

TIR = TMA indica que o investimento está em uma situação de indiferença.

Para tanto, considerou-se uma TMA de 20% a.a. conforme recomendado pela *Environmental Protection Agency* para análise de investimentos em eficiência energética, (EPA, 1998). Têm-se como referência semelhante abordagem na definição de TMA de projetos de eficiência energética aplicados em instituições do segmento de educação (BOTELHO, 2018)

O cálculo do *Payback* possibilitou a determinação do tempo necessário para que o investimento inicial seja recuperado, realizado conforme Equação 17:

$$\textit{Payback simples} = \frac{\textit{Ganho de investimento} - \textit{Custo de investimento}}{\textit{Benefícios anuais} - \textit{Custos operacionais anuais}} \quad (17)$$

O tempo necessário para recuperação do investimento para a implementação das alternativas propostas foi estimado em meses.

4. DESCRIÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO: A ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA (EPUFBA)

4.1. ATUAL ESTRUTURA FÍSICA DA ESCOLA POLITÉCNICA

A edificação da Escola Politécnica da UFBA foi construída no ano de 1960, sob liderança do professor e arquiteto Diógenes Rebouças junto a uma equipe de Comissão de Planejamento¹. A edificação de estrutura modernista contempla estratégias construtivas adequadas para a cidade de Salvador/BA: presença de elementos de sombreamento,

¹ Composta pelo Prof. Carlos Furtado Simas - Presidente, o Eng. Sílvio Mendonça - Serviço de Obras da Reitoria, Profs. Arq. Diógenes Rebouças e Fernando Leal - Curso de Arquitetura da Escola de Belas Artes, o Eng. Sílvio Mendonça - Serviço de Obras da Reitoria

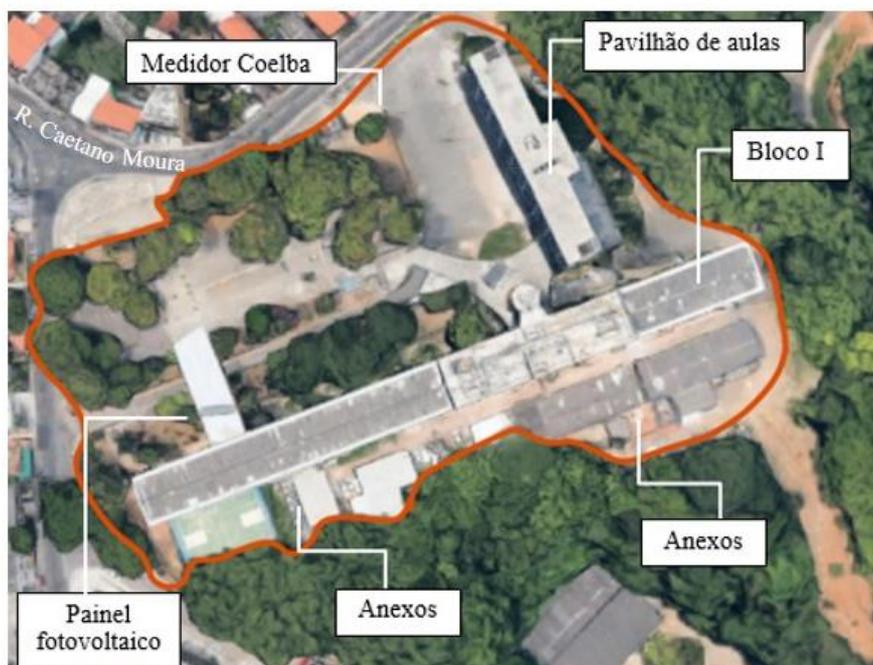
disposição com orientação norte-sul e grandes aberturas favorecendo a ventilação cruzada permanente (TARQUINO, 1960; COSTA, 2003; MORAES, 2007).

Ao longo dos anos, diversas foram as adaptações realizadas na edificação para atendimentos às necessidades atuais, tais como a vedação de diversos espaços internos para a redistribuição de departamentos, salas e laboratórios. Como consequência dessas intervenções, tem-se a redução da ventilação natural e o aumento do número de ambientes climatizados.

O Bloco I é composto de oito pavimentos, quatro Zonas, e aloca um pequeno sistema fotovoltaico composto por 32 células solares de silício policristalino, instalados em 2006 sobre a laje da entrada principal (LOPES, 2008). Na lateral sudeste do Bloco I tem-se os Anexos, edificação de pavimento único alocando galpões e laboratórios. Atualmente, a área construída da Escola Politécnica totaliza 24.087 m², referente ao Bloco I e aos Anexos.

No ano de 2011 foi iniciada a construção de um novo prédio: o Pavilhão de Aulas, cuja primeira etapa levou à conclusão da estrutura de 10 lajes, no ano de 2012. Contudo, as etapas seguintes do projeto não foram realizadas. Não há nenhum equipamento consumidor de energia nesta edificação inacabada, e por isso essa área não é considerada no estudo de caso da EPUFBA, apresentado nesta dissertação. A Figura 21 ilustra a área da Escola Politécnica com indicação do Bloco I, Anexos, e Pavilhão de Aulas.

Figura 21 – Área da Escola Politécnica da UFBA



Fonte: Adaptado Google Earth (2019)

A fronteira de medição deste estudo considera o Bloco I, os Anexos e área comum, cuja alimentação é realizada pelo mesmo ramal da Coelba (com medidor na Rua Caetano Moura e transformador no Bloco I).

Na Escola Politécnica são oferecidos 11 cursos de Graduação, 15 cursos de Pós-Graduação *Lato Sensu*, e 15 cursos de Pós-Graduação *Stricto Sensu*. Para comportar as atividades desenvolvidas nos cursos de Graduação e Pós-Graduação, a Escola dispõe de 28 Salas de Aula e 45 Laboratórios (ESCOLA POLITÉCNICA, 2019a).

A Escola Politécnica atende cerca de 5.123 pessoas. Dentre elas, alunos, professores e funcionários da instituição compõem a população fixa. Sabe-se que além destes, há também uma população flutuante, composta de visitantes, prestadores de serviços terceirizados e técnicos.

A População Flutuante na instituição não foi mensurada neste estudo. A Tabela 13 detalha a População Fixa da Escola Politécnica.

Tabela 13 – População fixa da Escola Politécnica (semestre 2019.2)

População	Quantidade
Alunos – Graduação	4.695
Alunos – Pós Graduação	188
Professores Efetivos	173
Funcionários – Técnico Administrativo	67
Total	5.123

Fonte: DUMÊT et al. (2020).

A Escola Politécnica da UFBA oferece semestralmente vagas para Processo Seletivo de alunos para o curso da Graduação, que responde pela maior parcela de População Fixa da Escola. No ano de 2019 a quantidade de vagas oferecidas para graduação totalizou 625.

4.2. ADEQUAÇÃO DA EDIFICAÇÃO ÀS CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DA CIDADE DE SALVADOR

A Escola Politécnica da UFBA está situada na cidade de Salvador, no bairro da Federação, estando a uma altura 72 metros de altitude em relação ao nível do mar. A cidade litorânea encontra-se numa Latitude de 12° 54' e Longitude: 38° 20' e é banhada pelo Oceano Atlântico (GOULART et al., 1998; MORAES et al., 2014).

A implantação da edificação com orientação noroeste – sudeste, associada à elevada altitude e à ausência de obstruções de entorno, tornam a edificação propícia à ventilação e iluminação natural (MORAES, 2007). A Figura 22 ilustra a estrutura do campus e a localização da cidade.

Figura 22 – Localização da Escola Politécnica da UFBA

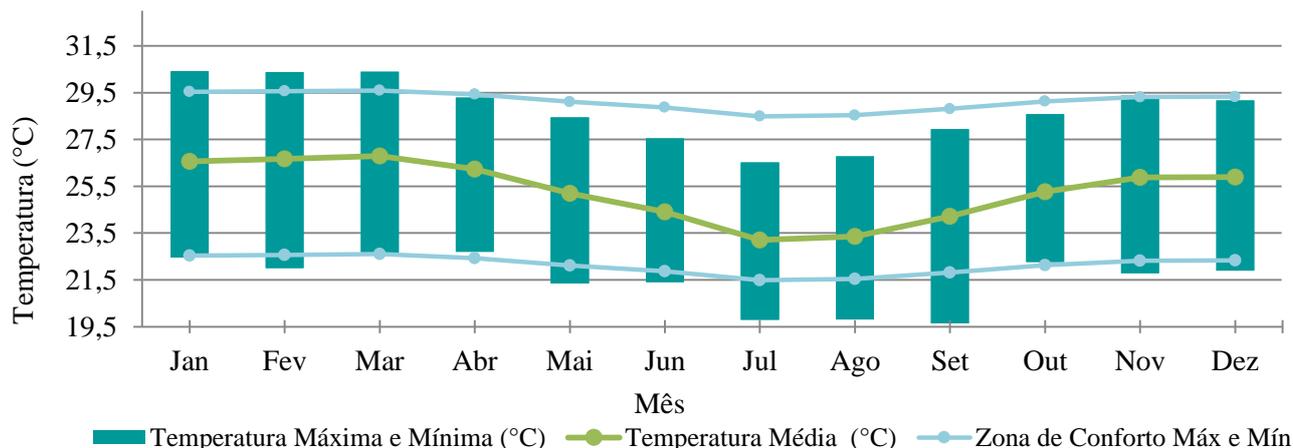


Fonte: Adaptado do Google Earth (2019)

A cidade de Salvador possui clima tropical atlântico, característico das regiões litorâneas brasileiras, e apresenta temperaturas médias entre 18°C e 26°C. As chuvas abundantes (1.200 mm/ano) concentram-se no verão para as regiões mais ao sul, e no inverno e outono para as regiões mais próximas ao equador.

A cidade apresenta baixa amplitude térmica ao longo do ano, de modo que as estações de inverno e verão são semelhantes, diferenciando-se apenas pela presença de chuva mais constante no inverno (LAMBERTS et al., 2014).

Contudo, há uma variabilidade de até 4°C entre os meses quentes do verão (Dezembro, Janeiro e Fevereiro) e os meses frios do inverno (Junho, Julho e Agosto). A Figura 23 apresenta o gráfico com o comportamento da temperatura e da temperatura de conforto térmico ao longo do ano na cidade de Salvador.

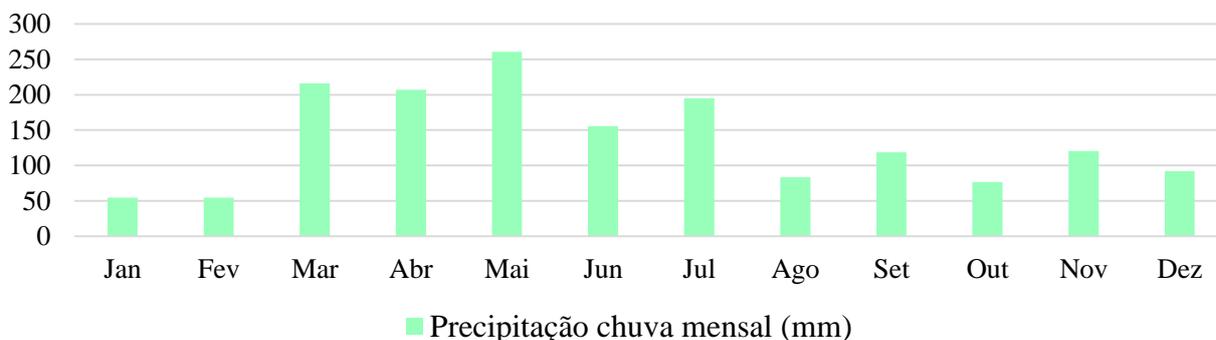
Figura 23 – Gráfico da temperatura e zona de conforto na cidade de Salvador/BA

Fonte: Adaptado de PROJETEE (2019)

Nota-se que durante os meses de Janeiro, Fevereiro e Março (verão e início do outono) o aumento da temperatura leva à ultrapassagem da zona de conforto, havendo predominância de desconforto térmico por calor ao longo do dia. Apesar de os meses de Julho, Agosto e Setembro (inverno e início da primavera) indicarem ultrapassagem da temperatura mínimas de conforto térmico, não há registros de desconforto térmico por frio neste período.

É possível verificar que as temperaturas médias são mais elevadas durante os meses de Janeiro e Fevereiro, correspondendo ao verão, e se estendendo ao mês de Março, correspondendo ao início do Outono.

As temperaturas médias mais baixas ocorrem durante os meses de Julho e Agosto, correspondendo ao Inverno, e Setembro, correspondendo ao início da Primavera. Durante os meses de Março, Abril, Maio (correspondentes ao outono), Junho, Julho e Agosto (correspondentes ao inverno), ocorrem os maiores índices de chuvas anuais. A Figura 24, ilustra a precipitação média da chuva ao longo no ano na cidade de Salvador

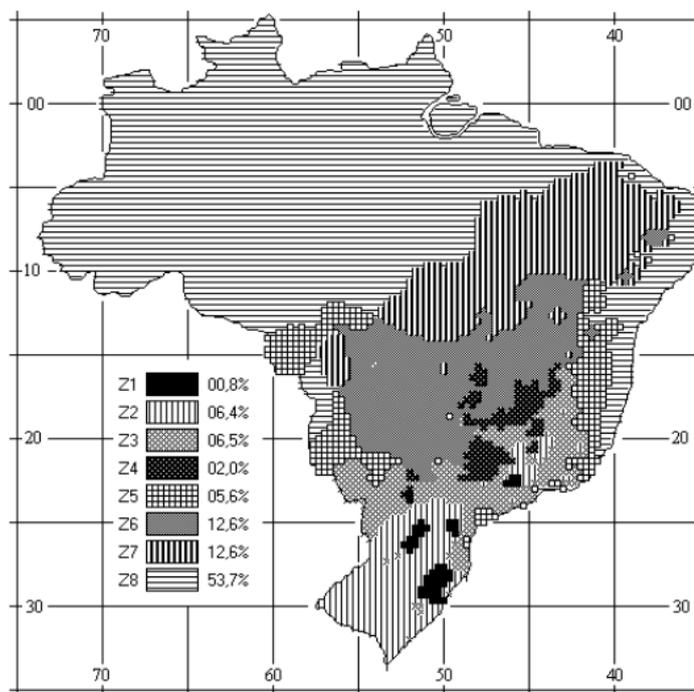
Figura 24 – Precipitação média da chuva na cidade de Salvador/BA (2017 a 2019)

Fonte: Adaptado de INMET (2020)

A Norma Brasileira ABNT NBR 15.220: Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social (2005), define o zoneamento bioclimático do Brasil, subdividindo o país em oito Zonas Bioclimáticas.

A bioclimatologia associa aspectos da climatologia (e suas respectivas variáveis climáticas) às características construtivas que levam ao conforto térmico humano (ABNT, 2005). A Figura 25 ilustra o zoneamento bioclimático brasileiro.

Figura 25 – Zoneamento Bioclimático Brasileiro



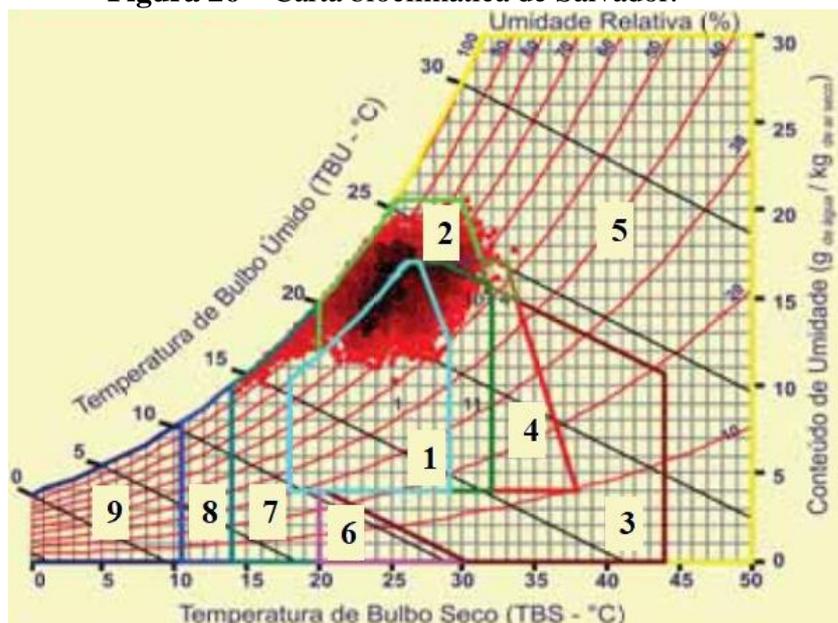
Fonte: ABNT (2005)

Salvador encontra-se na Zona Bioclimática 8, juntamente com as cidades de Belém, Corumbá, Fernando de Noronha, Fortaleza, João Pessoa, Maceió, Manaus, Natal, Recife, Rio Branco, Rio de Janeiro, Santarém, São Luiz e Vitória.

Considerando-se as características climáticas das localidades e sua relação com as edificações, Givoni (1992) desenvolveu a carta bioclimática para edifícios. Esta tem por finalidade a identificação de estratégias construtivas para adequação da edificação ao clima da região.

A identificação destas zonas parte do diagrama psicrométrico, que relaciona a temperatura do ar e a umidade relativa, e considera dados do ano climático de ambientes internos da localidade. Lamberts et al. (2014) desenvolveram a carta bioclimática proposta por Givoni (1992) para a cidade de Salvador, e apresentam estratégias de projeto para obtenção do conforto térmico em cada zona. A Figura 26 indica a carta bioclimática da cidade de Salvador.

Figura 26 – Carta bioclimática de Salvador.



Fonte: Adaptado de LAMBERTS et al. (2014)

Para a cidade de Salvador, a carta bioclimática indica uma área compacta composta de pontos vermelhos, representando as horas do ano. Percebe-se que a maior parte das horas do ano concentra-se entre 20°C e 30°C, com umidade relativa acima de 50%. Dentre as estratégias bioclimáticas para obtenção do conforto térmico, estão: ventilação (2), resfriamento evaporativo (3), massa térmica para resfriamento (4); ar condicionado (5); massa térmica para aquecimento (7); aquecimento solar passivo (8) e aquecimento artificial (9), com algumas interseções onde se pode aplicar estratégias simultâneas. Há também a zona de conforto térmico (1).

Para a cidade de Salvador (indicada em vermelho), aplicam-se algumas destas estratégias bioclimáticas. A Tabela 14 indica a representatividade das estratégias bioclimáticas aplicáveis à cidade.

Tabela 14 – Estratégias bioclimáticas para a cidade de Salvador

Zona	Estratégia	Percentual durante o ano
Conforto	-	37,80%
	V	45,40%
Desconforto - calor	RE	0,00%
	MR	0,00%
	AC	0,30%
	U	0,00%
	V, MR	0,90%
	V, MR, RE	11,60%
	MR, RE	0,00%
	MA/AS	3,00%
Desconforto - frio	AS	0,00%
	AA	0,50%

Fonte: Adaptado de LAMBERTS et al. (2014)

Onde: V – Ventilação; RE – Resfriamento Evaporativo; MR – Massa térmica para Resfriamento; AC – Ar condicionado; MA/AS – Massa térmica para aquecimento / Aquecimento solar; AS – Aquecimento solar; AA – Aquecimento artificial.

A Tabela 14 permite identificar que a cidade de Salvador apresenta 37,8% das horas do ano em conforto, e 62,1% em desconforto térmico. A estratégia de ventilação (V) é a principal estratégia bioclimática, que pode ser adotada para estabelecer conforto térmico no ambiente interior em 45% das horas do ano. A estratégia de ventilação (V), quando combinada às estratégias de resfriamento evaporativo (RE) e de massa térmica para resfriamento (MR), pode levar ao conforto térmico em 58% das horas do ano, solucionando quase que a totalidade do desconforto térmico por calor durante o ano.

Em Salvador o calor é o principal problema, podendo ser solucionado aplicando-se à edificação a ventilação natural. A norma Brasileira ABNT NBR 15220-3 (2005) além de definir o zoneamento bioclimático, também recomenda diretrizes construtivas para adequação da edificação ao clima local de acordo com as características de cada Zona Bioclimática (ABNT, 2005). As principais estratégias construtivas ou recomendações de projeto para a cidade de Salvador localizada na Zona 8, são:

- a. Uso de aberturas grandes e sombreadas;
- b. Uso de ventilação cruzada permanente durante o ano todo; e
- c. Uso de paredes e coberturas leves e refletoras.

Ao relacionar as estratégias propostas pela norma ABNT NBR 15220-3 (2005) com a estrutura arquitetônica da Escola Politécnica, idealizada pelo professor e arquiteto Diógenes Rebouças, é possível verificar conformidade nos aspectos a, b, e c (acima descritos).

Na edificação o uso da ventilação cruzada é predominante. A fachada principal (noroeste) é composta por uma estrutura de cobongós vazados que permite a atuação da iluminação natural e minimiza a radiação da luz direta no interior da edificação (Figura 27).

Na fachada posterior (sudeste) verifica-se a presença de esquadrias em fita sobrepostas por marquises e voltadas para o litoral (Figura 28).

Figura 27 – Fachada principal Escola Politécnica



Fonte: Autor (2018)

Figura 28 – Fachada posterior Escola Politécnica



Fonte: SUMAI (2019a)

Atualmente, em algumas salas de aula as esquadrias não se encontram em perfeito estado de funcionamento, o que dificulta a ventilação. Apesar da presença das marquises e recuo das esquadrias proporcionarem o sombreamento interno, nota-se demasiada claridade nas salas de aula, razão pela qual adotou-se a aplicação de filtros nas esquadrias.

Em se tratando do uso de paredes e coberturas leves e refletoras, observa-se que as paredes são compostas de alvenaria de bloco cerâmico vazado, revestido com argamassa de emboço e pintura, atendendo a configuração de parede leve e refletora. A cobertura consiste em telhas de fibrocimento e laje de concreto, configurando uma cobertura leve refletora.

É possível observar que a edificação da Escola Politécnica apresenta alinhamento com as recomendações bioclimáticas propostas para a cidade de Salvador (MORAES, 2007; MORAES et al., 2014).

4.3. AÇÕES DIRECIONADAS À GESTÃO DE ENERGIA NA ESCOLA POLITÉCNICA

A gestão da energia é centralizada na Superintendência de Meio Ambiente e Infraestrutura (SUMAI). Este órgão é responsável por planejar, coordenar e controlar o desenvolvimento da infraestrutura e patrimônio físico da UFBA.

A SUMAI é também responsável por elaborar, acompanhar e coordenar a implantação das políticas de gestão ambiental e zelar pela manutenção das instalações físicas e espaços comuns da universidade (SUMAI, 2019a). Dentre as ações da SUMAI associadas à gestão da energia, destacam-se (SUMAI, 2018):

- a. Gestão dos contratos de consumo de energia elétrica junto à concessionária (Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia – COELBA), através da elaboração e análise de planilhas e gráficos de acompanhamento do consumo, da demanda, da energia reativa, das ultrapassagens e multas, implementando ações para redução e/ou uso mais eficiente da energia elétrica em cada unidade;
- b. Elaboração de estudos técnicos propondo soluções e/ou inovações tecnológicas que permitam melhorar o desempenho das instalações e equipamentos elétricos, visando maximizar o potencial de utilização, reduzindo o consumo com o mínimo de perdas;

- c. Elaboração de especificações técnicas de materiais e equipamento visando à substituição gradativa por meio de aquisições. A exemplo, tem-se a substituição gradativa de lâmpadas fluorescentes por lâmpadas LED;
- d. Atendimento às solicitações em serviços de manutenção, como instalação/manutenção de pontos de tomada e de iluminação, quadros de energia, disjuntores, circuito de força e luz, equipamentos e subestações; e
- e. Intervenções nas áreas externas das edificações, como a recuperação de dutos subterrâneos, caixas de passagem, a substituição de lâmpadas, reatores, cabos, e a instalação de novos reatores.

Apesar da ampla atuação da SUMAI, constata-se que os gestores da Escola Politécnica da UFBA não atuam na gestão energética da unidade, o que dificulta a identificação de problemas e soluções que envolvam os usuários e a liderança do campus.

A instituição chegou a formar uma Comissão Interna de Conservação de Energia (CICE), no ano de 2001 (POUPELUZUFBA, 2001). Contudo, através da Assessoria da Diretoria, foi identificado que atualmente a instituição não possui uma CICE. Destaca-se que a implementação da CICE é obrigatória em Universidades Federais Brasileiras cujo consumo anual de energia elétrica seja superior a 600.000 kWh, como é o caso da unidade consumidora da Escola Politécnica da UFBA (BRASIL, 1990).

A CICE é, na maioria das vezes, nomeada pela diretoria da organização, que se responsabiliza por realizar a primeira auditoria energética, produzindo um diagnóstico da situação atual das instalações, tanto da edificação quanto dos equipamentos, e montar a estrutura da comissão (MMA, 2015).

A importância da atuação da liderança é reconhecida na estrutura da CICE, sendo recomendada a definição do organograma da comissão, identificando-se os membros da diretoria da organização, da gerência da CICE, das equipes (de colaboradores, de apoio técnico, de apoio administrativo e de divulgação). A formação da liderança da CICE auxilia a eficácia na identificação, aprovação e implementação de medidas de eficiência energética (MMA, 2015).

A relevância da liderança é também reconhecida no Sistema de Gestão de Energia nos moldes norma ABNT NBR ISO 50001, identificada como equipe “Alta Direção” (conforme detalhado previamente na subseção 2.3.1). Esta equipe é formada geralmente por diretores e

gerentes da organização os quais têm como responsabilidade estabelecer uma política energética, objetivos, metas, e assegurar o envolvimento de todos os níveis hierárquicos da organização no alcance dos objetivos propostos (ABNT, 2018).

A versão mais recente da norma, publicada em 2018, traz o requisito normativo número 5 intitulado “Liderança”, o qual reforça a necessidade do comprometimento da alta direção no suporte ao sistema de gestão de energia e no cumprimento dos requisitos normativos, além de incluir a liderança como estrutura central do PDCA.

A gestão de energia descentralizada da unidade consumidora dificulta a propagação e cumprimento dos objetivos propostos para a gestão de energia da instituição, além de desconsiderar percepções e problemáticas associadas ao usuário e à ocupação. Esse contexto indica uma oportunidade para melhoria da gestão energética da Escola Politécnica.

Para além da gestão da SUMAI, algumas iniciativas direcionadas à gestão do consumo de energia na Escola Politécnica têm sido originadas na própria unidade, em particular no Teclim (Rede de Tecnologias Limpas), associado ao Departamento de Engenharia Ambiental da Escola Politécnica da UFBA. O Teclim atua fundamentalmente na gestão do consumo da água da Escola Politécnica, e de outros prédios públicos. Dentre os diversos projetos e ações direcionadas à redução do desperdício e consumo de água na unidade, o Teclim desenvolveu em 2004 o aplicativo *online* Aguapura Vianet. A plataforma é destinada ao monitoramento do consumo de água, e foi adaptada para registrar também o consumo de energia das diversas unidades.

Para Kiperstok e Silva (2018), o Modelo Conceitual (metodologia desenvolvida visando a conservação de água) é aplicável para a conservação de energia em edificações universitárias. No ano de 2017, o Teclim dispôs de propostas para conservação de energia na UFBA, contudo, até o ano de 2018 não houve aderência destas propostas por parte diretoria da Escola Politécnica (KIPERSTOK, SILVA; 2018).

Verificou-se também que a edificação da Escola Politécnica não possui a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) para edificações, o que justifica-se pelo fato de que a instituição não tenha implementado *retrofit* ou intervenção de projeto.

4.4. DESPESAS COM ENERGIA NA INSTITUIÇÃO

O único energético com uso significativo, tanto na Escola Politécnica quanto nos demais prédios da UFBA, é a energia elétrica. O segundo energético em importância, o GLP, é apenas usado como combustível nas cantinas, refeitórios e copas.

A cantina da Escola Politécnica, localizada no Bloco I, consome energia elétrica e GLP mas fica fora da fronteira de medição considerada. Trata-se de uma concessão a uma empresa privada que paga suas contas de energia independentemente da Escola Politécnica.

As despesas da Escola Politécnica concentram-se nas seguintes categorias:

- a. Pessoal e encargos sociais;
- b. Despesas correntes; e
- c. Investimentos.

As despesas correntes concentram as despesas de custeio da instituição, como água, energia, telefonia, bolsas e auxílios, contratos de prestação de serviços, diárias, materiais de consumo, entre outros.

A Tabela 15 detalha a representatividade de custos associados à energia elétrica tanto na Universidade Federal da Bahia quanto na Escola Politécnica no ano de 2019.

Tabela 15 – Relação de despesas UFBA e EPUFBA 2019

Descrição	Valores (R\$)	%
Despesas UFBA	1.534.568.692	100%
Despesas UFBA com pessoal e investimentos	1.303.500.064	85%
Despesas correntes da UFBA	231.068.628	15%
Despesas da UFBA com a concessionária	18.789.950	8%
Despesas Escola Politécnica	1.562.188	100%
Despesas da Escola Politécnica com a concessionária	902.008	58%

Fonte: Adaptado de ESCOLA POLITÉCNICA (2019b); PORTAL TRANSPARÊNCIA (2020); PROAD (2020); PROPLAN (2020b)

Entre os anos de 2017 e 2019, constatou-se o incremento de despesas com energia elétrica, tanto na UFBA (aumento de 24%), quanto na Escola Politécnica (aumento de 19%), o que reforça a necessidade de atenção para a gestão de energia na unidade (PROAD, 2020).

Observa-se que a implementação de um Sistema de Gestão de Energia (SGE) de acordo com a metodologia proposta pela norma ABNT NBR ISO 50001 (2018) é oportuna

para Escola Politécnica da UFBA, pelo fato de favorecer a melhoria do desempenho energético da instituição e, como consequência, a redução de gastos operacionais. Para além dos ganhos financeiros, a melhoria do desempenho energético promove a redução de emissão de gases do efeito estufa, dada a redução do consumo energético, o que representa um comprometimento institucional com as principais questões ambientais contemporâneas.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO DO ESTUDO DE CASO

5.1. ANÁLISE DO USO E CONSUMO DE ENERGIA

5.1.1. Identificação das fontes de energia atuantes

A energia elétrica foi identificada como a principal fonte de energia da Escola Politécnica da UFBA, que é abastecida pela Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia (COELBA). Há também a utilização de energia GLP atendendo ao Restaurante e Cantina “*Cosi Buono*” (4º andar) e atendendo às copas do Programa de Engenharia Industrial (6º andar), do Departamento de Engenharia Mecânica (5º andar), da Rede de Tecnologias Limpas – Teclim (4º andar), e do Programa de Pós Graduação em Engenharia Química (2º andar).

A Escola Politécnica da UFBA é classificada no grupo de consumidores de Alta Tensão, Grupo A, possuindo tarifa binômica. Estes consumidores são atendidos em alta tensão, com valores acima 2.300 volts.

Os consumidores do Grupo A são sub agrupados de acordo com a tensão de atendimento. A unidade consumidora da Escola Politécnica da UFBA é classificada no subgrupo A4 (Poder Público Federal) para níveis de tensão de 2,3 a 25 kV. A modalidade de fornecimento de energia elétrica para unidade consumidora é horo-sazonal verde, conforme detalhamento nas subseções seguintes.

5.1.2. Avaliação do histórico de consumo

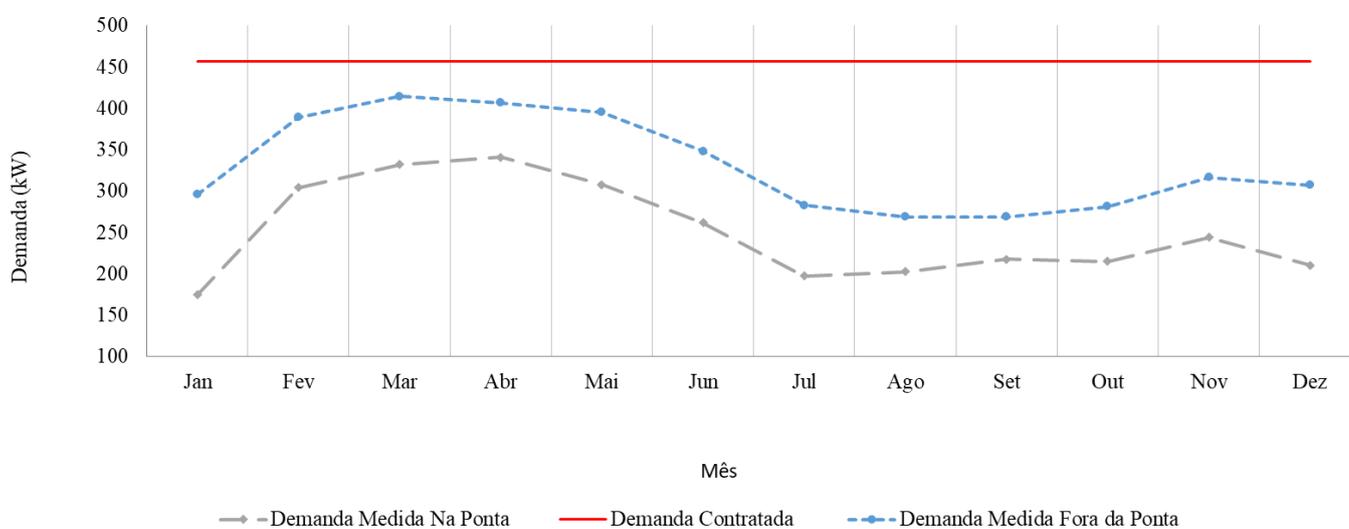
5.1.2.1. Comportamento da Demanda

O período analisado neste estudo corresponde a 36 meses, desde Janeiro de 2017 a Dezembro de 2019. Neste período, a demanda contratada na unidade consumidora foi 457 kW. A tolerância de ultrapassagem da demanda contratada é 506 kW (acrécimo de 10% no

valor da demanda contratada), não havendo registro de ultrapassagem da demanda contratada.

A modalidade tarifária horo-sazonal verde contempla a contratação de um valor de demanda contratada, independentemente da hora do dia (ponta ou fora de ponta). Apesar disso, o relatório “Histórico de consumo de energia elétrica” da unidade consumidora especifica a demanda medida nos horários de ponta (corresponde ao período entre as 18hs e 21hs) e nos horários fora de ponta (demais horários), conforme ilustrado pela Figura 29.

Figura 29 – Demanda medida (2019)



Fonte: Adaptado do histórico de consumo (PROAD, 2020).

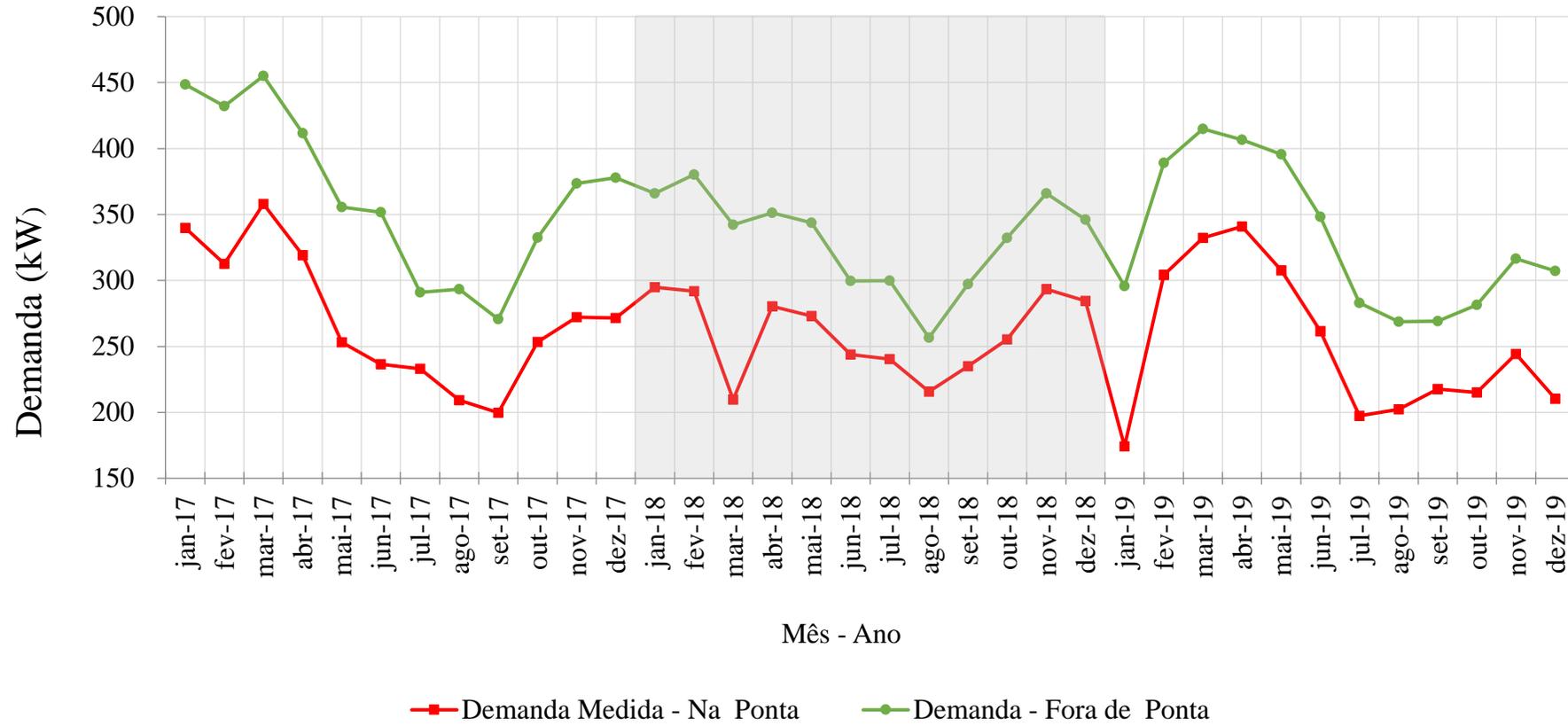
É possível observar que a demanda medida apresenta maiores valores entre os meses de Fevereiro, Março e Abril, e menores valores entre os meses Julho, Agosto e Dezembro.

Este comportamento se repete nos anos de 2017 e 2018, e pode estar associado ao período letivo (período de aula ou recesso), o que contribui com a ocupação da edificação, e consequentemente com o aumento/redução da demanda na unidade.

Este perfil de demanda pode estar associado também às alterações de temperatura marcadas pela mudança de estação. A busca do usuário pelo conforto térmico ocasiona o acionamento de aparelhos de climatização instalados na edificação, o que justifica o comportamento sazonal da demanda medida ao longo do ano.

A Figura 30 ilustra o comportamento da demanda nos horários de ponta e fora de ponta. Para tanto, é apresentado o gráfico de linhas em orientação de página do tipo paisagem, visando melhor visualização da imagem.

Figura 30 – Demanda medida na ponta e fora da ponta (2019)



Fonte: Adaptado do histórico de consumo (PROAD, 2020).

A maior demanda medida acontece nos horários fora de ponta. Neste período há maior ocupação da edificação, dada a ocorrência das atividades acadêmicas e administrativas.

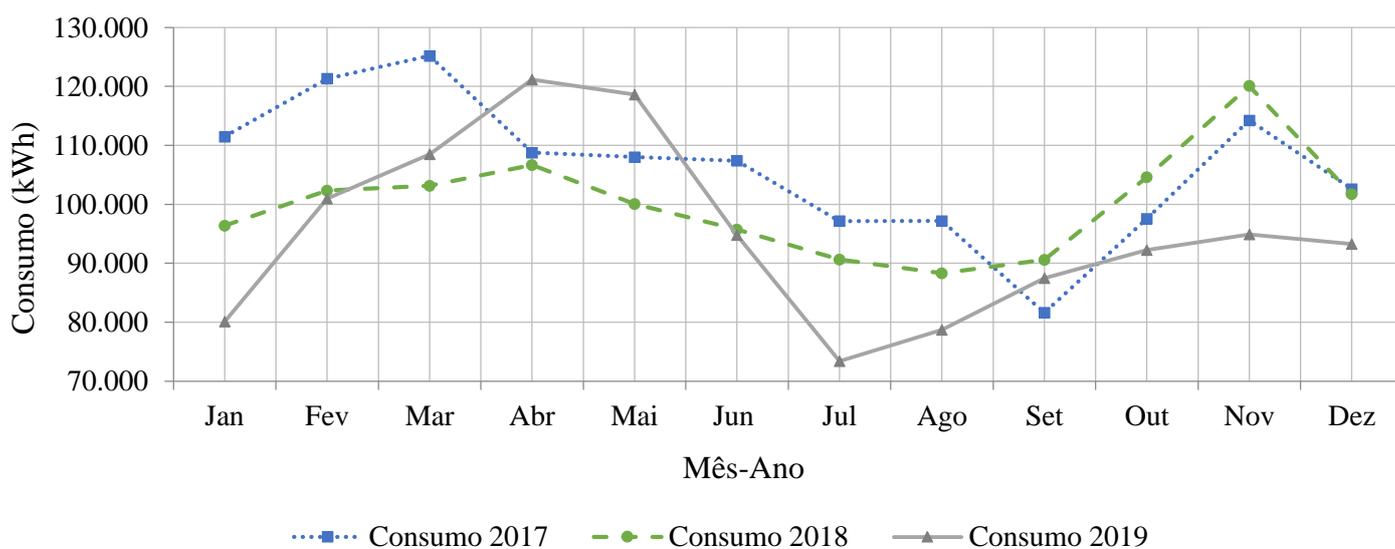
As discontinuidades no comportamento da demanda ao longo do período analisado correspondem aos períodos de recesso das aulas da graduação, em que o número de alunos de graduação (que respondem por 92% da população fixa) presentes na edificação é reduzido.

No ano de 2017, o período de recesso ocorreu nos meses de Abril, Maio e Setembro, período em que houve decréscimo da demanda. No ano de 2018, os meses de Março e Agosto indicaram o decréscimo da demanda em período que corresponde ao recesso. Já no ano de 2019, os menores valores de demanda ocorreram durante o recesso dos meses de Janeiro e Julho, períodos correspondentes aos menores níveis de demanda medida.

5.1.2.2. Comportamento do Consumo

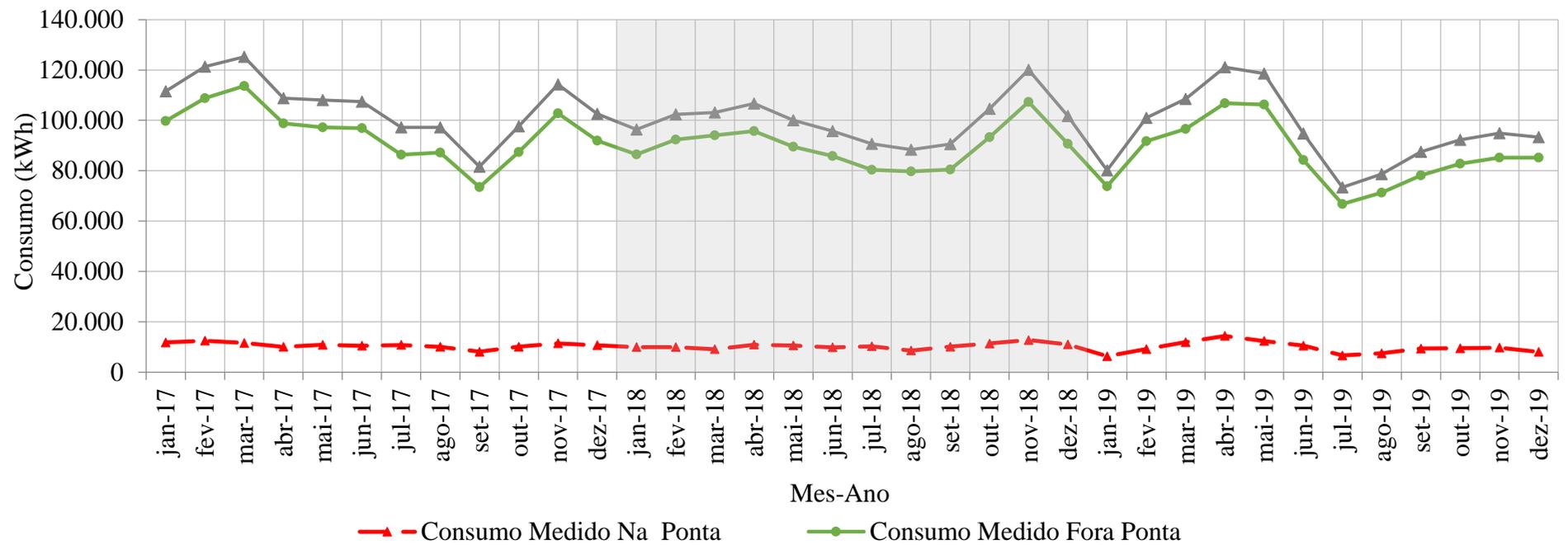
A Figura 31 apresenta o comportamento do consumo ativo na unidade consumidora e a Figura 32 apresenta o consumo nos horários de ponta e fora de ponta entre os anos de 2017 e 2019.

Figura 31 – Consumo medido



Fonte: Adaptado do histórico de consumo (PROAD, 2020)

Figura 32 – Consumo medido na ponta e fora da ponta



Fonte: Adaptado do histórico de consumo (PROAD, 2020)

Entre os anos de 2017 e 2019 a maior parte do consumo ocorre nos horários fora de ponta, comportamento semelhante ao da demanda.

No ano de 2017, o maior consumo ocorre nos meses de Fevereiro e Março, período de aulas marcado pelas mais altas temperaturas do ano, com predominância de desconforto térmico por calor na cidade de Salvador durante a maior parte do dia. Neste mesmo ano, o menor consumo medido ocorreu no mês de Setembro, período de recesso da graduação, quando ocorreu também redução da temperatura e predominância de conforto térmico ao longo dia.

É importante considerar que o ano de 2017 foi um ano atípico em relação às atividades acadêmicas, pois nele ocorreu a finalização do semestre de 2016.2 (entre Janeiro e Abril), o semestre de 2017.1 (entre Maio e Setembro), o recesso acadêmico (entre Setembro e Outubro), e o semestre de 2017.2 (entre Outubro e Dezembro). Este ano foi marcado por atividades acadêmicas intensas, com o menor período de recesso, tendo em vista o ajuste semestral previsto para o ano de 2018.

No ano de 2018, o menor consumo medido ocorreu no mês de Agosto, período de recesso e predominância de conforto térmico. O maior consumo ocorreu durante o mês de Novembro, no período de aulas, havendo condições de conforto térmico na cidade na maior parte do dia.

No ano de 2019, o maior consumo é dado no mês de Abril, durante o período de aulas, havendo predominância de desconforto térmico por calor ao longo do dia. O menor consumo foi registrado no mês de Julho, período de recesso, quando há predominância de conforto térmico na cidade ao longo do dia.

O ano de 2019 foi um ano atípico para a Escola Politécnica da UFBA devido a adoção de medidas de racionalização do consumo elétrico implementadas desde o mês de Julho/2019.

Essas medidas consistiram em:

a. Horário Especial de Funcionamento (de 8/Julho/19 a 2/Agosto/19): Redução do horário de funcionamento das atividades de turno integral para o período entre 07h 30min e 13h 30min determinado através da Portaria nº 082/2019 (UFBA, 2019a);

b. Realização de eventos (a partir de 24/Setembro/2019): Suspensão da realização de eventos que demandem o uso das instalações a partir das 17 horas ou nos finais de semana e feriados (UFBA, 2019b); e

c. Climatização (a partir de 24/Setembro/2019): Redução do uso de aparelhos de ar condicionado (salvo exceção de ambientes específicos) determinado através da Portaria nº 124/2019 (UFBA, 2019b).

Como resultado, o ano de 2019 apresentou redução do consumo elétrico de 5% em relação ao ano anterior (2018), equivalente a 56.094 kWh/ano. Contudo, entre os anos de 2017 e 2018 também verificou-se semelhante redução do consumo elétrico (6%), equivalente a 72.404 kWh/ano.

A análise do comportamento do consumo ao longo dos 36 meses permite constatar que:

a. A maior parte do consumo elétrico medido na unidade consumidora ocorre dos horários fora de ponta, horário em que há maior concentração de atividades acadêmicas e administrativas;

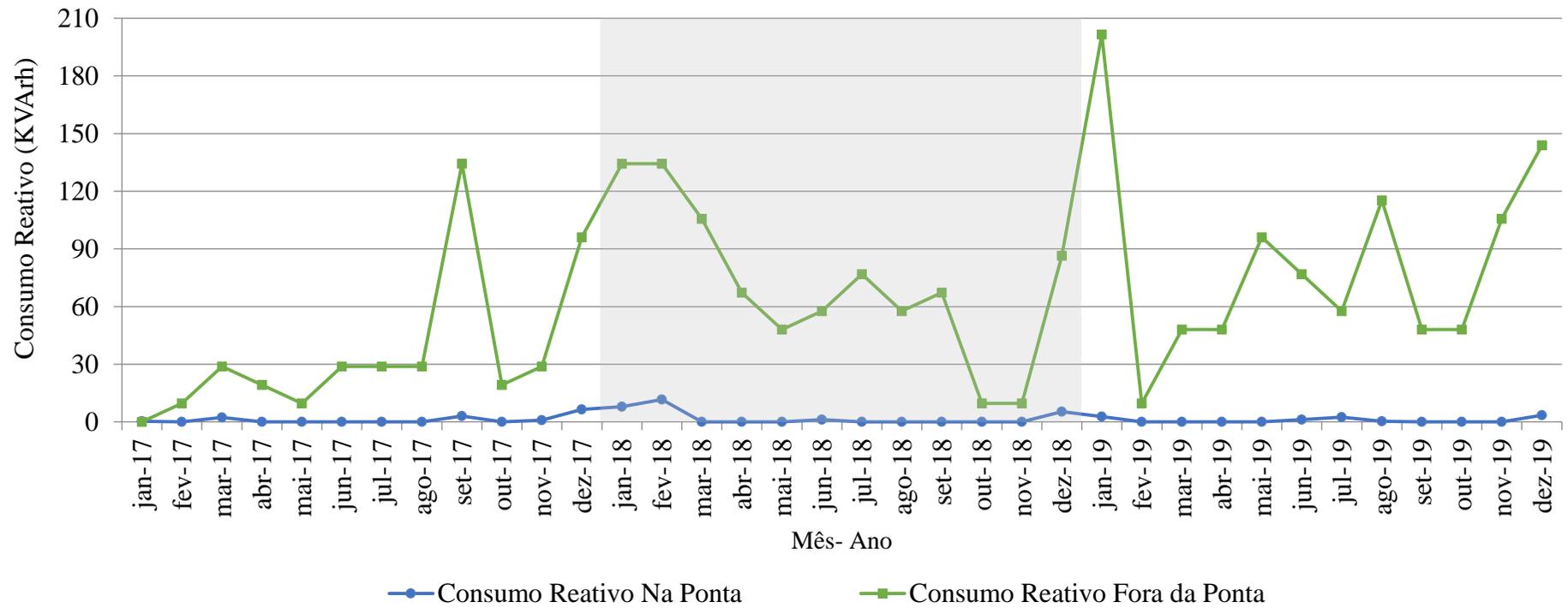
b. A sazonalidade do consumo medido pode estar relacionada com o período letivo de aulas da graduação, visto que durante os recessos os alunos de graduação, que representam 92% da população fixa, ocupam a edificação em menor proporção; e

c. O aumento do consumo medido nos meses em que há ocorrência ou predominância de desconforto térmico por calor, pode estar associado ao acionamento de condicionadores de ar visando redução do desconforto térmico. Tal comportamento pode ser mais frequente durante o período letivo de aulas e nos horários da manhã e da tarde, correspondentes ao horário fora de ponta.

Essas análises sugerem que a variação da ocupação da edificação, os períodos letivos e não letivos, e as alterações das características climáticas no entorno da edificação podem estar intimamente relacionadas com o comportamento do consumo elétrico da unidade consumidora.

Para além do consumo da energia ativa, os consumidores de estrutura tarifária horosazonal verde também são tarifados pelo consumo de energia reativa, indicada através do Faturamento da Energia Reativa (FER). Figura 33 ilustra o perfil do consumo da energia reativa na ponta e fora da ponta da EPUFBA.

Figura 33 – Consumo de energia reativa na ponta e fora da ponta



Fonte: Adaptado do histórico de consumo (PROAD, 2020)

O consumo da energia reativa na unidade consumidora é maior nos horários fora de ponta, o que pode estar intimamente ligado ao acionamento de equipamentos de baixo fator de potência, tais como motores, condicionadores de ar e equipamentos diversos.

5.1.3. Análise Tarifária

Abaixo são detalhados os itens da composição do faturamento de consumidores do Grupo A (atendidos em Alta Tensão) de modalidade tarifária horo-sazonal verde, como é o caso da Escola Politécnica da UFBA. São também detalhadas as variáveis que interferem no custo unitário das tarifas.

Nessa modalidade tarifária (horo-sazonal verde), o consumidor estabelece um valor para a demanda pretendida (demanda contratada) que possui o mesmo valor independente do horário do dia ou período do ano. A parcela de ultrapassagem é cobrada caso a demanda medida ultrapasse, em algum dos intervalos de medição do mês, 10% da demanda contratada. Essa parcela é calculada a partir da multiplicação da tarifa de ultrapassagem pelo valor da demanda medida que supera a demanda contratada. A tarifa de ultrapassagem corresponde a três vezes a tarifa de demanda.

Em relação ao consumo, são atribuídas tarifas diferentes considerando os períodos do dia (na ponta e fora da ponta), os meses do ano (período seco e período úmido), e as condições de geração de energia (bandeira tarifária).

O sistema de bandeiras tarifárias indica os acréscimos da tarifa de energia, o qual pode variar a depender das condições de geração de energia. Em tempos de chuvas, nas regiões onde se localizam os principais reservatórios, há um aumento da produção das hidrelétricas, reduzindo-se assim a necessidade de acionamento de parque termoeletrico para atendimento da demanda. Desta forma, em condições favoráveis de geração de energia, a tarifa não sofre nenhum acréscimo (bandeira verde).

A bandeira amarela indica condições de geração menos favoráveis, resultando num acréscimo R\$ 1,343 para cada 100 kWh consumidos. Já a bandeira vermelha (patamar 2) indica as condições mais custosas de geração, ou seja, com maior participação das térmicas, resultando num acréscimo sobre a tarifa de até R\$ 6,243 cada 100 kWh consumidos (ANEEL, 2020).

O período seco corresponde ao período com poucas chuvas, compreendido entre os meses de Maio a Novembro, totalizando sete meses, por esta razão as tarifas deste período podem apresentar valores mais elevados. O período úmido, corresponde ao período com mais chuvas nas nascentes e afluentes dos principais rios brasileiros, ocorrendo entre os meses de Dezembro a Abril, totalizando cinco meses. No período seco (Maio a Novembro) as tarifas de consumo na ponta e fora de ponta são mais caras que no período úmido (ANEEL, 2010).

O horário de ponta corresponde às três horas consecutivas dos dias úteis nos quais a demanda e o consumo elétrico têm preços mais elevados. De acordo com a Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia (COELBA), o horário de ponta corresponde ao período entre 18h e 21h. O horário fora da ponta corresponde às demais 21 horas do dia.

A fatura de energia elétrica dos consumidores de classificação tarifária horo-sazonal verde é composta pela soma de parcelas referentes à demanda contratada, ultrapassagem da demanda contratada (caso exista), consumo medido na ponta, ao consumo medido Fora da ponta.

O cálculo da fatura de energia elétrica da tarifação horo-sazonal verde considera as equações abaixo (Equação 18, Equação 19, Equação 20 e Equação 21)²:

Parcela Demanda:

$$P_{\text{demanda}} = \text{Tarifa}_{\text{Demanda}} \times \text{Demanda Medida} \quad (18)$$

Parcela Ultrapassagem da Demanda Contratada:

$$P_{\text{ultrapassagem}} = \text{Tarifa}_{\text{Ultrapassagem}} \times (\text{Demanda Medida} - \text{Demanda Contratada}) \quad (19)$$

Parcela Consumo:

$$P_{\text{consumo}} = (\text{Tarifa}_{\text{consumo Na Ponta}} \times \text{Consumo Medido na ponta}) \\ + (\text{Tarifa}_{\text{consumo Fora da Ponta}} \times \text{Consumo Medido fora de ponta}) \quad (20)$$

² Equações simplificadas extraídas do Manual de Tarifação da Energia Elétrica PROCEL (2011).

Considera-se a diferenciação na tarifa do consumo, a qual varia entre período seco (Maio a Novembro) e período úmido (Dezembro a Abril). Desta forma tem-se: a Tarifa_{consumo Na Ponta (úmido)}; a Tarifa_{consumo Fora da Ponta (úmido)}; a Tarifa_{consumo Na Ponta (seco)}; e a Tarifa_{consumo Fora da Ponta (seco)}.

Desta forma, tem-se a composição do faturamento da energia ativa, indicado na Equação 21.

$$P_{\text{total}} = P_{\text{Demanda}} + P_{\text{Consumo}} + P_{\text{Ultrapassagem}} \quad (21)$$

Os consumidores do Grupo A, tais como unidade consumidora da Escola Politécnica da UFBA, também são cobrados pela energia reativa através do parâmetro denominado “fator de potência”. O fator de potência expressa a relação entre a energia ativa e a energia reativa consumida. A energia ativa está associada a realização do trabalho (útil), ao passo que a energia reativa que está associada às perdas e ao trabalho não útil. O fator de potência equivalente ao valor unitário indica uma boa relação entre as energias ativa e reativa consumidas.

A ANEEL (2010), através da Resolução Normativa nº 414/ 2010, define que, em caso de fator de potência inferior a 0,92 (indutivo das 6h30min às 23h30min e capacitivo entre 23h30min e 6h30min), o consumidor é cobrado pela utilização de energia reativa (consumo de energia reativa excedente) e pela demanda de potência reativa (demanda reativa excedente).

O faturamento da energia reativa difere para consumidores de tarifa convencional, horo-sazonal verde e horo-sazonal azul (PROCEL, 2011). Os consumidores de tarifa horo-sazonal verde são cobrados pelo Consumo de Energia Reativa (UFER) e pela a Demanda Reativa (UFDR) nos horários de ponta e fora de ponta, conforme expresso na Equação 22 e na Equação 23:

Demanda Reativa ou Faturamento de Demanda Reativa (FDR):

$$FDR = \text{Tarifa Demanda} \times \text{UFDR} \quad (22)$$

Consumo Reativo ou Faturamento da Energia Reativa (FER):

$$\begin{aligned} FER = & (\text{Tarifa Consumo}_{\text{na Ponta}} \times \text{UFER}_{\text{na Ponta}}) \\ & + (\text{Tarifa Consumo}_{\text{Fora da Ponta}} \times \text{UFER}_{\text{Fora da Ponta}}) \end{aligned} \quad (23)$$

Em síntese, a fatura de energia elétrica relaciona as tarifas associadas às seguintes parcelas³:

Demanda Ativa, abordada na Equação 18;

Demanda de Ultrapassagem, abordada na Equação 19;

Consumo Ativo, abordado na Equação 21;

Demanda Reativa, abordada na Equação 22;

Consumo Reativo, abordado na Equação 23.

A Tabela 16 descreve a composição da fatura de energia elétrica da Escola Politécnica da UFBA a partir de dados do Histórico de Consumo.

Tabela 16 – Composição da fatura de energia elétrica da EPUFBA

Despesas	Descontos
Demanda ativa (medida);	Tributo Federal: Programas de Integração Social (PIS);
Ultrapassagem da demanda contratada;	Tributo Federal: Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social (COFINS).
Consumo ativo;	
Consumo reativo;	
Demanda reativa	
Tributos Municipais: Contribuição para Custeio do Serviço de Iluminação Pública (CIP);	
Multas e juros.	

Fonte: Adaptado do histórico de consumo (PROAD, 2020)

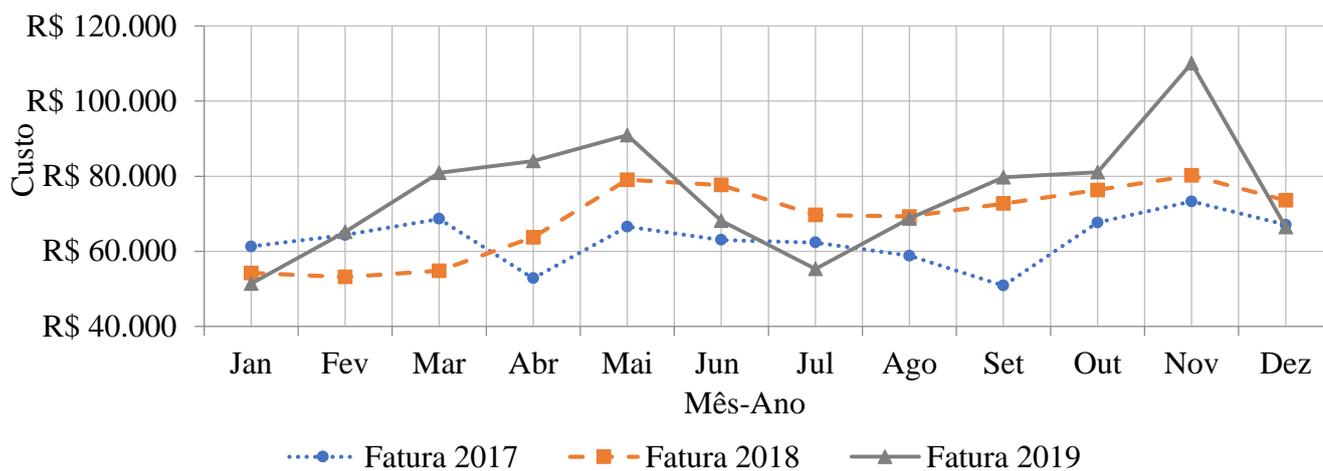
O Tributo Federal referente ao Programa de Integração Social (PIS) e Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social (COFINS), considera alíquotas de 1,65% e 7,6% sobre o faturamento bruto de forma não cumulativa. Devido ao fato de que o objeto deste estudo se trata de uma Universidade Federal, estes tributos são abatidos do faturamento. A Concessionária arrecada taxas referentes à iluminação pública, Contribuição para Custeio do Serviço de Iluminação Pública (CIP), que são repassadas para o Município o qual se

³ Equações extraídas do Manual de Tarificação da Energia Elétrica PROCEL (2011)

responsabiliza pelo projeto, implantação, expansão, operação e manutenção das instalações de iluminação pública (ANEEL, 2008).

A Figura 34 apresenta o gráfico do Faturamento da Energia Elétrica da Escola Politécnica da UFBA.

Figura 34 – Faturamento de Energia Elétrica da EPUFBA



Fonte: Adaptado do histórico de consumo (PROAD, 2020)

O faturamento de energia elétrica da Escola totalizou R\$ 756.519 no ano de 2017, R\$ 824.170 no ano de 2018, e R\$ 902.008 no ano de 2019. É importante destacar que o período analisado contempla reajustes tarifários. No ano 2017, o Reajuste Tarifário Anual para consumidores de alta tensão foi 3,48%, ao passo que no ano de 2019 o reajuste foi 5,09%, o que reflete no faturamento da unidade (ANEEL, 2016b.).

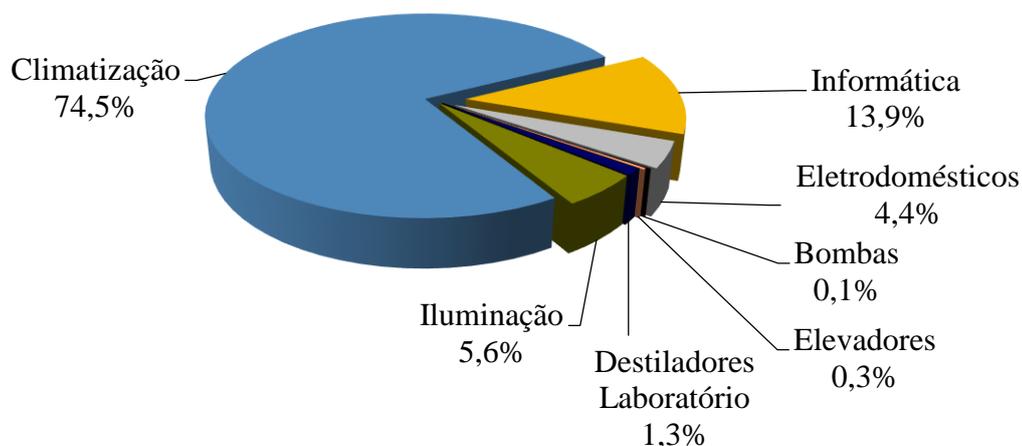
Os picos nos meses de Março, Abril e Maio de 2019 estão associados ao maior consumo nos horários de ponta e fora de ponta, conforme identificado previamente.

5.2. IDENTIFICAÇÃO DAS ÁREAS DE USO SIGNIFICATIVO DE ENERGIA E CONSUMO

5.2.1. Análise do Uso e Consumo de Energia Elétrica

5.2.1.1. Uso da Energia Elétrica

A Potência Instalada na Escola Politécnica da UFBA totalizou 1.738 kW. A Figura 35 ilustra a distribuição da potência instalada na unidade consumidora.

Figura 35 – Potência instalada - Edificação da EPUFBA

Dentre os sete usos finais de energia elétrica, constata-se que a Climatização responde pela maior parcela, correspondendo a 74% da potência instalada na unidade consumidora, em seguida o uso final da Informática (14%) e da Iluminação (6%).

Dentre as maiores motivações de uma edificação universitária estão as atividades de docência e pesquisa. Apesar de os equipamentos e tecnologias de iluminação e informática serem necessários para o desenvolvimento das atividades acadêmicas, a potência instalada associada à Iluminação e Informática são inferiores à potência instalada da Climatização. Esta constatação nos leva a:

- a. Necessidade de aprofundamento e detalhamento dos equipamentos de climatização, considerando aspectos como quantidade, tipologia, potência e atividade de cada equipamento;
- b. Necessidade de identificar a motivação do uso de aparelhos de climatização na edificação, que pode estar associada tanto a uma tendência cultural de substituição da ventilação natural por equipamentos de ar condicionado, quanto a uma necessidade de melhoria do conforto térmico nos ambientes.

É válido ressaltar que, mesmo considerando as adaptações climáticas e as intervenções construtivas ocorridas na instituição ao longo dos anos, a edificação da Escola Politécnica foi projetada e construída contemplando uso de ventilação natural cruzada, sendo beneficiada pela falta de obstruções no entorno e por fachadas direcionadas para o noroeste e sudeste.

As subseções seguintes detalham o levantamento de cargas dos usos finais de Climatização, Informática, Iluminação, Eletrodomésticos, Equipamentos de Laboratório, Elevadores e Bombas.

- Detalhamento da Climatização

A Climatização responde por 74% da potência instalada na edificação. Os equipamentos de climatização identificados na edificação se dividem entre: condicionadores de ar do tipo *split* e de janela, ventiladores de mesa, ventiladores de coluna, e ventiladores de teto. A Tabela 17 detalha a potência instalada Climatização na edificação.

Tabela 17 – Potência instalada Climatização

Equipamento	Quantidade (und)	Potência dos Equipamentos (kW)	Potência Instalada (kW)	% Potência Instalada
Ar condicionado <i>Split</i>	224	1.758	1.040	80,3%
Ar condicionado Janela	78	2.051	246	19,0%
Ventilador Coluna	21	200	4	0,3%
Ventilador Mesa	28	80	3	0,2%
Ventilador Teto	15	130	2	0,1%
Total	366	-	1.294	100,0%

Foram identificados alguns equipamentos inoperantes: 18 condicionadores tipo *split*, 16 tipo janela e 2 ventiladores. Por essa razão, estes equipamentos foram desconsiderados do levantamento de cargas.

A maior parcela da potência instalada da Climatização se deve aos condicionadores tipo *split*, cujas potências variam entre 1.758 e 17.584 W. Os condicionadores tipo janela apresentam potência entre 2.051 e 6.154 W, respondendo pela segunda maior parcela da potência instalada da Climatização. Os ventiladores encontram-se em menor quantidade e apresentam potência entre 80 e 200 W, respondendo pela menor parcela da potência instalada da Climatização.

A Tabela 18 propõe um comparativo da quantidade de aparelhos de Climatização identificados na Escola Politécnica entre os anos de 2006 e 2019.

Tabela 18 – Quantidade de equipamentos - Climatização

Equipamento	Quantidade	
	2006	2019
Ar condicionado – <i>Split</i>	38	224
Ar condicionado – Janela	170	78
Ventiladores	73	64

Fonte: Adaptado de MORAES (2007).

É possível constatar que o número de condicionadores de ar do tipo *split* aumentou cerca de seis vezes ao longo dos últimos treze anos. Em paralelo, é possível constatar uma redução de 54% na quantidade de aparelhos de ar condicionado do tipo janela, e redução de 12% na quantidade de ventiladores. Estas constatações sugerem que:

- a. Os condicionadores de ar tipo janela vêm sendo substituídos ao longo dos anos por tecnologias mais recentes, como condicionadores do tipo *split*;
- b. Os condicionadores de ar tipo *split* vêm sendo instalados em ambientes que anteriormente não contemplavam condicionadores de ar;
- c. Os ventiladores podem ter sido substituídos por condicionadores do tipo *split* ao longo dos anos; e
- d. Os ventiladores presentes na edificação no ano de 2006 entraram em desuso ao longo dos anos.

Ao analisar o “Relatório Quantitativo de Bens por Grupo Contábil” da instituição, constata-se que, dentre os condicionadores de ar adquiridos entre os anos de 2007 e 2019, 77% são do tipo *split*, 9% são do tipo janela e 14% possuem tipologia não definida.

- Detalhamento da Informática

A Informática responde por 14% da potência instalada na edificação, o segundo maior grupo. A Tabela 19 detalha a potência instalada da Informática.

Tabela 19 – Potência instalada Informática

Equipamento	Quantidade (und)	Potência do Equipamentos (Watt)	Potência Instalada (kW)	% Potência Instalada
Computador (completo)	779	230	179	74%

Equipamento	Quantidade (und)	Potência do Equipamentos (Watt)	Potência Instalada (kW)	% Potência Instalada
Projeto	44	361	16	7%
Servidor de Rede	17	920	16	6%
Impressora	124	570	10	4%
Estabilizador	44	180	8	3%
Monitor	45	90	4	2%
<i>Notebook</i>	36	90	3	1%
CPU	44	60	3	1%
Xerox	2	1.100	2	1%
Total	1.137	-	241	100%

A maior parcela da potência instalada se deve aos computadores, que somados (computadores completos, estabilizadores, monitores e CPUs), totalizam 80% da Informática. Esse percentual se deve à elevada quantidade de computadores presentes na instituição em diversos ambientes, como laboratórios (de informática, de pesquisa e de ensaio), salas (de aula, de estudo, de projetos, de professores, de coordenadores e administrativo), auditórios, sala de congregação, biblioteca, inspetoria e empresas júnior.

A segunda maior parcela da potência instalada da Informática se deve aos projetores (7%) presentes nas salas de aula, auditórios, laboratórios e biblioteca. Os servidores de rede foram identificados no 6º, 5º, 4º, 3º e 2º pavimentos da edificação, respondendo pela terceira maior parcela (6%).

As impressoras respondem por 4% da potência instalada da Informática. Durante as visitas em campo na instituição, foi possível identificar a falta de centralização de serviços digitais nos departamentos e setores, de modo que cada ambiente possui impressora independente.

- Detalhamento da Iluminação

A Iluminação responde por 6% da potência instalada na edificação, o terceiro maior grupo. A Tabela 20 detalha a potência instalada da Iluminação.

Tabela 20 – Potência instalada Iluminação

Lâmpada (tipo/modelo)	Quantidade (und)	Potência (Watt)	Potência Instalada (kW)	% Potência Instalada
Fluorescente	2.369		75	66%
Tubular - T8	2.087	32	67	89%
Tubular - T5	51	50	3	3%
Compacta	147	18	3	4%
Refletor	17	100	2	2%
Bulbo	43	18	1	1%
Light Emitting Diode (LED)	1.211		21	34%
Tubular - T8	1.076	18	19	94%
Compacta	78	12	1	5%
Bulbo	33	5	0	1%
Dicrónica	24	5	0	1%
Total	3.608	-	97	100%

Além das 3.608 lâmpadas quantificadas na edificação, foram identificadas 260 lâmpadas queimadas e 14 luminárias sem lâmpadas. O relatório das lâmpadas nessas condições foi compartilhado com a Equipe de Manutenção da Escola Politécnica da UFBA, possibilitando a reposição nos ambientes especificados.

As lâmpadas do tipo fluorescente predominam na edificação e respondem por 66% da potência instalada. A maior parcela das lâmpadas fluorescentes é de modelo Tubular T8 com potência de 32 W. Foram quantificadas lâmpadas de modelo Tubular - T10 (8 und), Espiral (15 und) e Arandela (1 und), que pelo baixo quantitativo responderam por 0,43%; 0,30%; e 0,03% da potência instalada da iluminação.

As lâmpadas tipo LED respondem por apenas 34% da potência instalada e são em sua maioria de modelo Tubular T8 com potência de 18 W.

A iluminação do tipo halógena (modelo dicrónica) representa 0,47% da potência instalada. Apesar de possuírem potência de 35 W, estão em baixa quantidade. O mesmo ocorre com as lâmpadas do tipo incandescente (modelo bulbo), que respondem por 0,30% da potência instalada e possuem potência de 40 W.

Apesar das lâmpadas fluorescentes estarem em maior número em relação às lâmpadas LED, há na instituição um planejamento de substituição das lâmpadas fluorescentes, que ocorre na medida em que as lâmpadas fluorescentes encontram-se inoperantes.

- Detalhamento dos Eletrodomésticos

Os Eletrodomésticos respondem por 4% da potência instalada na edificação, o quarto maior grupo. A Tabela 21 detalha a potência instalada dos Eletrodomésticos.

Tabela 21 – Potência instalada Eletrodomésticos

Equipamento	Quantidade (und)	Variação Potência (Watt)	Potência Instalada (kW)	% Potência Instalada
Micro-ondas	28	1.200	34	44%
Chuveiro elétrico	5	3.500	18	23%
Cafeteira	15	600	9	12%
Televisor	24	180	4	6%
Geladeira/Refrigerador	38	90 a 760	4	6%
Bebedouro	22	100 a 154	3	3%
Chapa elétrica	1	1.600	2	2%
Lava louças	1	1.500	2	2%
Frigobar	15	70	1	1%
<i>Freezer</i>	4	130	1	1%
Total	159	-	76	100%

A maior parcela da potência instalada dos Eletrodomésticos se deve aos aparelhos micro-ondas (44%). Estes aparelhos estão em grande quantidade e presentes em diversos setores, departamentos e ambientes entre 2º e o 8º pavimento. A falta de um centro de refeição que disponibilize aparelhos micro-ondas para atendimento da população fixa leva os setores e departamentos a se responsabilizarem pela compra destes equipamentos e ativarem sua operação junto à rede da instituição. A definição de um centro de refeições com quantidade planejada de micro-ondas evitaria a aquisição (não controlada) destes equipamentos.

Foi constatada a existência de 5 chuveiros elétricos na edificação. Dada a impossibilidade de identificação, foi adotada potência de 3.500 W. A segunda maior parcela da potência instalada dos Eletrodomésticos se deve aos chuveiros elétricos.

Foram quantificados 5 fogões e 1 exaustor, que responderam por 0,4% e 0,2% da potência instalada dos eletrodomésticos.

- Detalhamento Equipamentos Laboratório (Destiladores)

Os destiladores presentes nos laboratórios de ensaio da Instituição respondem por 1,2% da potência instalada da edificação, o quinto maior grupo. A Tabela 22 detalha a potência instalada dos Destiladores de Laboratório.

Tabela 22 – Potência instalada Destiladores de Laboratório

Destiladores	Quantidade (und)	Potência (kW)	% Potência Instalada
Destilador- Biopar	1	4	16%
Destilador - Quimis	1	2	8%
Destilador – Fanem	1	4	16%
Destilador - Quimis	1	6	28%
Destilador - Quimis	1	4	16%
Destilador	1	4	16%
Total	6	22	100%

Fonte: Adaptado de NAKAGAWA (2009)

- Detalhamento dos Elevadores

Os elevadores respondem por 0,3% da potência instalada na edificação, o sexto maior grupo. Dentre os elevadores presentes na edificação da Escola Politécnica, dois atendem 8 paradas e dois atendem 7 paradas, totalizando quatro elevadores. Contudo, atualmente apenas um elevador encontra-se ativo, atendendo 8 paradas. Os demais elevadores não foram considerados neste estudo por estarem inativos.

Dentre os elementos que compõem os elevadores, encontram-se motores, lâmpadas, ventiladores, inversores e turbinas. A Tabela 23 detalha a potência instalada dos Elevadores.

Tabela 23 – Potência instalada Elevadores

Componentes do elevador	Quantidade (und)	Potência Instalada (kW)	% Potência Instalada
Potência elétrica do motor	1	4,22	78%
Turbinas	1	1,10	20%
Iluminação Cabina - Fluorescente	4	0,08	1%
Inversor	1	0,03	1%
Total	1	5,43	100%

Fonte: Adaptado de Projeto dos Elevadores (SUMAI, 2019b)

A maior parcela da potência instalada dos Elevadores se deve ao motor, localizado da máquina de tração, e responsável pelo controle da velocidade e acionamento do freio de segurança.

- Detalhamento das Bombas

O módulo de Bombas responde por 0,1% da potência instalada na edificação. O sistema de bombas é composto por dois conjuntos moto bomba com potência de 3 CV cada um, comunicando dois reservatórios inferiores (localizados entre o 2º e o 4º pavimento), e o reservatório superior (localizado no 8º pavimento).

Para que as bombas sejam mantidas em operação, a instituição adota uma logística de revezamento de atividade das bombas, na qual cada bomba opera individualmente a cada quinze dias. A distribuição da potência instalada no módulo de Bombas é ilustrada na Tabela 24.

Tabela 24 – Potência instalada Sistema de Bombas

Sistema de bombas	Quantidade (und)	Potência (kW)	% Potência Instalada
Bombas – Potência Elétrica	1	2,45	100%

O levantamento na Escola Politécnica da UFBA permitiu a constatação de que a maior parcela da potência instalada se deve à Climatização (74%), à Informática (14%) e à Iluminação (6%).

Diante desse cenário, é proposta uma análise da potência instalada da edificação por pavimento, o que permite a visualização das áreas com maior concentração de cargas.

A Tabela 25 apresenta a distribuição da potência instalada na edificação por pavimento.

Tabela 25 – Potência instalada da edificação da EPUFBA por pavimento

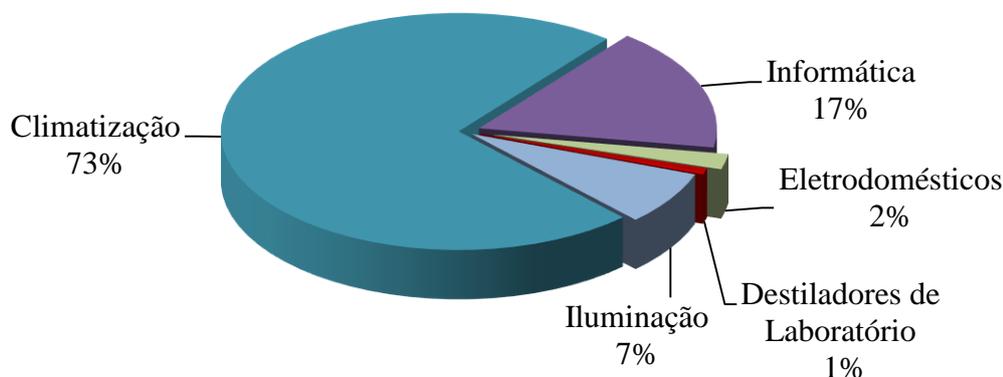
Pavimento	Potência Instalada (kW)			% Potência Instalada
	Edificação	Salas de Aula	Áreas Comuns	
1º Pavimento	96	-	-	5,51%
2º Pavimento	268	-	-	15,44%
3º Pavimento	246	16	-	15,10%
4º Pavimento	274	5	-	16,02%
5º Pavimento	240	5	-	14,12%
6º Pavimento	291	4	-	16,97%
7º Pavimento	148	22	-	9,77%
8º Pavimento	40	20	-	3,50%
Anexos	-	-	53	3,04%
Elevador	-	-	5	0,31%
Bombas	-	-	2	0,14%
Estacionamento	-	-	2	0,09%
Total	1.604	72	62	100,00%

A maior parte da potência instalada da edificação concentra-se no 6º pavimento (17%), no 4º pavimento (16%) e no 2º pavimento (15%).

Apesar de as salas de aula responderem por apenas 4% da carga instalada da edificação, esse estudo apresenta o detalhamento da carga instalada de cada sala de aula. Esse detalhamento pode auxiliar na definição da alocação de disciplinas lecionadas por sala, considerando que as salas com menor carga instalada devem ser ocupadas por maior período. O Anexo D detalha a potência instalada das salas de aula.

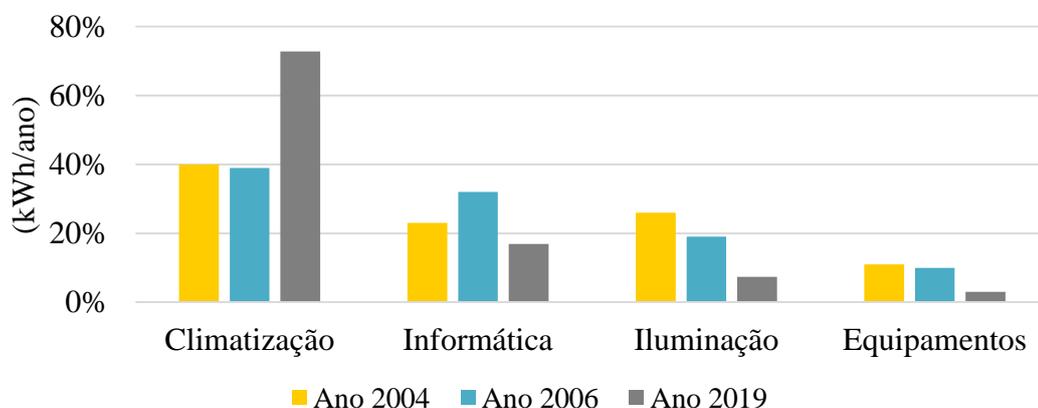
5.2.1.2. Consumo de Energia Elétrica

A estimativa de consumo da energia elétrica na unidade totalizou 1.086.434 kWh/ano. A Figura 36 ilustra consumo de energia elétrica por uso final.

Figura 36 – Consumo de energia por uso final

O gráfico acima ilustra a participação de cada uso final no consumo de energia estimado, evidenciando maior contribuição da Climatização (73%), da Informática (17%), da Iluminação (7%) e dos Eletrodomésticos (2%). Os usos menos significativos correspondem aos Equipamentos de Laboratório (1%), aos Elevadores (0,3%) e às Bombas (0,1%).

O consumo elétrico medido pela concessionária no ano de 2019 totalizou 1.143.974 kWh/ano, apresentando uma variação de 5% do consumo elétrico calculado nesta pesquisa (1.086.434 kWh/ano). Entende-se que esta diferença, correspondente a 57.540 kWh/ano, deve-se ao consumo dos demais equipamentos de laboratório não considerados nesta pesquisa, tais como prensas, estufas, balanças eletrônicas, fornos industriais, motores, máquinas e equipamentos diversos. A Figura 37 apresenta o comportamento do consumo elétrico por uso final da EPUFBA entre os anos de 2004 e 2019

Figura 37 – Evolução do consumo de energia por uso final (2004 – 2019)

Fonte: Adaptado de SILVA (2006); MORAES (2007)

O acréscimo do consumo elétrico da Climatização se deve ao uso de condicionadores de ar, sobretudo dos *splits*, cuja quantidade aumentou cerca de seis vezes ao longo dos últimos treze anos (conforme apresentado previamente na Tabela 18).

A redução do consumo da Informática ao longo dos últimos anos pode estar associada tanto à substituição de equipamentos com tecnologias mais eficientes (com selo *Energy Star*), quanto por premissas adotadas para estimativa de cálculo em cada pesquisa.

A redução do consumo da Iluminação pode estar associada à gradativa substituição de lâmpadas fluorescente por lâmpadas LED na instituição. Apesar da impossibilidade de comparativo do quantitativo de lâmpadas por categoria, sabe-se que atualmente 34% das lâmpadas da instituição são do tipo LED e 66% do tipo fluorescente.

Os Equipamentos representam o menor consumo por uso final ao longo dos anos analisados. Contudo, é importante destacar que cada pesquisa contempla suas respectivas considerações para este item. No ano de 2004, dentre os equipamentos contemplados estão as estufas, balanças e alguns eletrodomésticos. Ao passo que em 2019, os equipamentos considerados são os destiladores de laboratório, elevadores, bombas e todos os eletrodomésticos.

O Anexo E apresenta estudo detalhado do consumo nos sistemas de Climatização, Informática, Iluminação, Eletrodomésticos, Elevadores, Bombas e Equipamentos de Laboratório, especificando o consumo de cada equipamento.

É proposta uma análise do consumo elétrico da edificação por pavimento, o que permite a visualização das áreas responsáveis por maior consumo. Para tanto, os ambientes físicos da unidade consumidora foram agrupados em Salas de Aula, Áreas Comuns e Edificação. A Tabela 26 apresenta consumo elétrico por pavimento.

Tabela 26 – Consumo elétrico por pavimento

Pavimento	Consumo (kWh/ano)			% Consumo
	Edificação	Salas de Aula	Áreas Comuns	
1° Pavimento	55.456	-	-	5,10%
2° Pavimento	140.695	-	-	12,95%
3° Pavimento	138.186	16.962	-	14,28%
4° Pavimento	178.395	3.694	-	16,76%

Pavimento	Consumo (kWh/ano)			% Consumo
	Edificação	Salas de Aula	Áreas Comuns	
5º Pavimento	157.873	3.233	-	14,83%
6º Pavimento	151.198	4.285	-	14,31%
7º Pavimento	143.724	29.315	-	15,93%
8º Pavimento	25.136	7.461	-	3,00%
Anexos	-	-	25.373	2,34%
Reservatórios	-	-	790	0,07%
Casa de Máquinas	-	-	2.779	0,26%
Estacionamento	-	-	1.881	0,17%
Total	990.662	64.949	30.823	100,00%

A menor parcela do consumo deve-se às áreas comuns (3%) e às salas de aula (6%), indicando maior consumo nos demais ambientes da edificação (91%), contemplando biblioteca, auditórios, sala de congregação, sala de videoconferência, laboratórios de informática, laboratórios de pesquisa, laboratórios de ensaio, salas de professores, áreas administrativas, almoxarifado, depósitos, copas, circulação, sanitários, área da cantina e área de serviços digitais

De maneira complementar, a Tabela 27 ilustra o consumo elétrico por ambiente e a representatividade de cada ambiente.

Tabela 27 – Consumo elétrico por ambiente

Ambiente	Consumo Edificação kWh/ano	% Consumo
Laboratórios	486.890	44,82%
Biblioteca	135.202	12,44%
Sala dos Professores	128.621	11,84%
Salas de Aula	64.949	5,98%
Sala - Secretaria	49.965	4,60%
Administrativo	48.390	4,45%
Empresa Júnior	34.419	3,17%
Sala - Coordenação	26.844	2,47%
Memoria Arlindo Coelho	23.857	2,20%
Sala - Reunião	15.581	1,43%
Circulação	10.779	0,99%
Cantina	9.328	0,86%
Sala - Projeto	8.729	0,80%

Ambiente	Consumo Edificação kWh/ano	% Consumo
Sala - Diretoria	8.047	0,74%
Auditório	6.375	0,59%
Salas - Sem especificação	5.704	0,53%
Copa	5.671	0,52%
Impressão Digital	5.259	0,48%
Salas de Aula - PPEQ/LEDMA/LABMAD	4.213	0,39%
Área comum	3.569	0,33%
Sanitários	2.271	0,21%
Área externa	1.289	0,12%
Escadas	484	0,04%
Total	1.086.434	100,00%

Através da análise da Tabela 27 constata-se que os Laboratórios respondem pela maior parcela do consumo elétrico (45%), em seguida a Biblioteca (12%) e as Salas de Professores (12%).

O Anexo F detalha o consumo elétrico das salas de aula, o qual pode ser utilizado como um parâmetro para definição da alocação das aulas ministradas em cada sala. Sugere-se que as salas de aula com maior potência instalada sejam ocupadas com menor frequência, visando a minimização do consumo elétrico.

Considerando a representatividade da área dos laboratórios no consumo elétrico da unidade, a Tabela 28 detalha o consumo de energia por uso final dos laboratórios.

Tabela 28 – Consumo de energia por uso final dos Laboratórios

Laboratórios	Consumo kWh/ano	Climat.	Inform.	Ilumi.	Eletro.	Eqp. Laboratório
Pesquisa e Ensaio	205.341	78%	13%	6%	1%	1%
Pesquisa e Informática	189.576	55%	42%	3%	0%	0%
Ensaio	91.973	78%	5%	9%	3%	4%
Total	486.890	69%	23%	6%	1%	1%

Através da análise da Tabela 28 constata-se que 69% do consumo de energia dos laboratórios deve-se à climatização, o equivalente a 336.694 kWh/ano.

5.2.1.3. *Identificação das áreas de Uso Significativo da Energia (USE)*

O uso da energia responsável por substancial consumo se concentra na Climatização, respondendo por 73% do consumo.

A maior parcela do consumo da unidade (91%) concentra-se nos ambientes definidos nesta pesquisa como Edificação, contemplando biblioteca, auditórios, sala de congregação, sala de videoconferência, laboratórios de informática, laboratórios de pesquisa, laboratórios de ensaio, salas de professores, áreas administrativas, almoxarifado, depósitos, copas, circulação, sanitários, área da cantina e área de serviços digitais.

Dentre os ambientes analisados, os Laboratórios de Ensaio e Pesquisa respondem pela maior parcela de consumo por ambiente, correspondendo a 45%, dos quais a maior parte concentra-se no uso final de climatização (69%).

É possível concluir que o uso final de Climatização, sobretudo dos laboratórios, configura um potencial considerável para a melhoria do desempenho energético.

5.3. SAÍDAS DO PLANEJAMENTO ENERGÉTICO

5.3.1. **Linha de Base Energética (LBE)**

5.3.1.1. *Identificação das variáveis que impactam significativamente no consumo de energia da edificação*

A Linha de Base Energética pode ser definida como uma referência que caracteriza e quantifica o desempenho energético de uma organização num período de tempo especificado. Este período deve considerar alterações e variabilidades quantificadas por meio das variáveis chave.

Para a definição da LBE é fundamental identificar e analisar as variáveis que impactam significativamente no uso e consumo de energia, os quais refletem o desempenho energético da organização no período especificado. Tendo em vista que o diagnóstico mostrou que o uso significativo de energia elétrica (USE) da Escola Politécnica se concentrou na Climatização, foram analisadas as variáveis que impactam na operação dos condicionadores de ar. Dentre estas, destaca-se o conforto térmico do usuário e as variáveis ambientais.

A temperatura de conforto térmico pode variar entre 18 e 32 °C, o que depende, principalmente, da relação entre a temperatura do ar interno e externo de um local. Contudo, os padrões de conforto térmico humano podem variar em função de variáveis climáticas e individuais, e suas interações (SCHINAZI et al. 2018). A Tabela 29 apresenta as principais variáveis associadas ao conforto térmico.

Tabela 29 – Variáveis associadas ao conforto térmico e aclimação

Ambientais	Temperatura do ar (T_{ar} - °C)
	Umidade relativa (UR - %)
	Velocidade do ar (V - m/s)
<hr/>	
Temperatura radiante de um ambiente (TMR - °C)	
Individuais	Fator fisiológico
	Fator psicológico
	Fator comportamental

Fonte: Adaptado de LAMBERTS et al. (2014); SCHINAZI et al. (2018).

Os fatores fisiológicos estão associados às respostas fisiológicas das pessoas como resultado da exposição prolongada aos diferentes ambientes térmicos, e que acabam se tornando parte da herança genética de um indivíduo. O fator psicológico está associado a percepções e reações das informações sensoriais que um indivíduo recebe em contato com um ambiente térmico. Ao passo que o fator comportamental contempla as alterações no estado térmico do usuário, como roupa, atividade, postura ou cultura (SCHINAZI et al. 2018).

Considerando a estreita relação das características climáticas com o conforto térmico do usuário, considerou-se para este estudo as seguintes Variáveis Climáticas:

- (1) temperatura compensada;
- (2) precipitação;
- (3) insolação;
- (4) velocidade média do vento; e
- (5) umidade relativa.

Tendo em vista que o uso de condicionadores de ar visa atender o conforto térmico do usuário, é factível considerar variáveis que reflitam a ocupação dada pelos usuários na edificação.

A Escola Politécnica é ocupada por cerca de 5.123 pessoas, dentre elas alunos de graduação, alunos de pós-graduação, funcionários docentes e não docentes, os quais compõem a população fixa. Sabe-se que além destes, há também uma população flutuante, composta de visitantes, prestadores de serviços terceirizados e técnicos (DUMÊT et al., 2020).

Dentre as Variáveis de População que se alinham com a ocupação da edificação estão:

(6) o número de alunos da graduação; e

(7) o número população total (compreendida por alunos da graduação, pós-graduação e funcionários docentes e não docentes).

A ocupação da universidade também varia em função da sazonalidade. Durante o período de recesso, o número de alunos da graduação presentes na edificação é reduzido. Dentre as Variáveis de Sazonalidade que estão alinhadas com a ocupação da edificação estão:

(8) o número de dias úteis e letivo;

(9) o número dias úteis e não letivos; e

(10) o número dias não úteis e feriados.

Desta forma, a Tabela 30 ilustra o intervalo de variação das dez Variáveis (Climáticas, de População e de Ocupação) e da variável dependente (consumo elétrico mensal), no período entre 2017 e 2019.

Tabela 30 – Intervalo de variação das variáveis (2017 - 2019)

Agrupamento das variáveis	Variáveis mensais	2017	2018	2019
Variável Dependente	Consumo elétrico mensal (kWh/mês)	81.600 a 125.183	88.305 a 120.052	73.375 a 121.145
Variáveis Climáticas	Temperatura compensada (°C)	23 a 27	26 a 28	24 a 29
	Precipitação (mm)	24 a 324	62 a 241	44 a 292
	Insolação (hs)	132 a 257	129 a 225	150 a 268
	Velocidade do vento (mps)	0,59 a 1,79	0,48 a 1,01	0,49 a 0,91
	Umidade relativa (%)	73 a 88	78 a 80	75 a 87
Variáveis de População	População graduação	0 a 4.976	0 a 5.071	0 a 5.023
	População total	883 a 5.859	540 a 5.611	428 a 5.451

Agrupamento das variáveis	Variáveis mensais	2017	2018	2019
Variáveis de Sazonalidade	Dias úteis e não letivos (dias/mês)	0 a 15	0 a 21	0 a 22
	Dias não úteis (dias/mês)	8 a 13	8 a 12	9 a 14
	Dias úteis e letivos (dias/mês)	5 a 23	0 a 22	0 a 22

Fonte: Adaptado de SUPAC (2019); ESCOLA POLITÉCNICA (2019b); INMET (2020)

- Variável Dependente:

Entre os anos de 2017 a 2019, o consumo mensal de energia elétrica oscilou entre um valor máximo de 125.183 kWh/mês e um valor mínimo de 73.375,39kWh/mês, o que supõe uma variabilidade máxima de $\pm 27\%$ sobre o valor médio de 100.459 kWh/mês, conforme ilustrado pela Figura 31 (previamente apresentada na seção 5.1.2.2).

- Variáveis Climáticas:

Os dados climáticos obtidos nesta análise partem da estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Estação de Ondina, localizada a menos de 1 km de distância da EPUFBA, o qual realiza a leitura de parâmetros climáticos.

Devido à baixa amplitude térmica na cidade de Salvador, a temperatura compensada apresentou variabilidade de até 5° C. Durante os meses de Março, Abril, Maio (correspondentes ao outono) e Junho, Julho e Agosto (correspondentes ao inverno) ocorrem os maiores índices de chuvas anuais que respondem pela variabilidade da precipitação.

As alterações de valores de velocidade do vento estão relacionadas sobretudo pelas diferenças de temperatura entre as massas de ar, o que provoca seu deslocamento da área de maior pressão, ar mais frio e pesado, para a área de menor pressão, ar quente e leve (LAMBERTS et al., 2014). Já a umidade relativa (resultado da evapotranspiração dos vegetais e evaporação dos mares, rios e lagos) apresentou uma variabilidade de 21%.

- Variáveis de População:

O consumo de energia de uma edificação universitária depende do número de pessoas que trabalhem ou frequentem a instituição, o que se denomina “população” ou “ocupação” da edificação. Quanto maior a ocupação, maior o consumo de energia associado aos usos finais.

A quantidade de alunos da graduação é contabilizada semestralmente, ao passo que a quantidade de alunos da pós-graduação e de funcionários (docentes e não docentes) é contabilizada anualmente. Durante o período compreendido entre Janeiro de 2017 e Dezembro 2019 não houve mudanças significativas na instituição, como abertura de novos cursos ou laboratórios, greves e substituição de equipamentos elétricos.

Apesar disso, o período compreendido entre Julho e Dezembro de 2019 foi marcado por medidas que: a. reduziram do horário de funcionamento das atividades de turno integral para meio período; b. restringiram o uso de equipamentos de ar condicionado (conforme detalhado previamente na subseção 5.1.2.2).

Apesar da impossibilidade de quantificar a aderência à restrição do uso de ar condicionado, e da impossibilidade de quantificar a população por dia e por turno, é esperado que estas medidas reflitam no consumo elétrico da unidade.

- Variáveis de Sazonalidade:

Foi quantificado, para cada mês, o número de dias úteis e letivos, o número de dias úteis e não letivos, e o número de dias não úteis e feriados, sendo os seguintes:

- a. Dias úteis e letivos: número de dias em que a edificação teve ocupação máxima, com a presença de alunos de graduação, pós graduação, professores e funcionários;
- b. Dias úteis e não letivos: número de dias em que a edificação foi ocupada por alunos da pós-graduação, professores e funcionários; e
- c. Dias não úteis e feriados: número de dias em que a edificação teve ocupação mínima, contando apenas com a permanência de vigilantes de segurança patrimonial.

Considerando as Variáveis Climáticas, as Variáveis de População e as Variáveis de Sazonalidade, tem-se dez variáveis que serão utilizadas neste estudo para a determinação da Linha de Base Energética.

5.3.1.2. Determinação da Linha de Base Energética (LBE)

De acordo com a norma ABNT NBR ISO 50006 (2016), a Linha de Base Energética é utilizada para determinar os valores dos Indicadores de Desempenho Energético (IDE) referentes ao período de linha de base. A comparação do desempenho energético entre o período de reporte (após a implementação do SGE) e o período de linha de base (anterior a implementação do SGE) é dado pelo cálculo da diferença dos valores do IDE nos dois períodos.

A LBE pode ser estabelecida por meio de um modelo estatístico (tais como regressões lineares e não lineares) que permita a verificação da melhoria de desempenho energético a partir das medidas implementadas por meio da gestão de energia. O tipo de informação necessária para estabelecer uma linha de base energética é determinado pelo propósito específico do IDE e o seu histórico.

É importante considerar que o período de base e de reporte sejam suficientemente longos, o que garante que as possíveis variações nos padrões de operação sejam refletidas na LBE. Geralmente períodos de 12 meses de duração costumam refletir a sazonalidade do consumo de energia e das variáveis relevantes (ABNT, 2016).

No caso da Escola Politécnica, o período linha de base compreende Janeiro de 2017 a Junho de 2019, totalizando trinta meses. Esse intervalo de tempo contempla todas as variabilidades que antecederam a implementação de medidas racionalização do consumo de energia elétrica da Escola Politécnica da UFBA (detalhadas previamente na subseção 3.4.1).

Para a determinação da LBE realizou-se primeiramente uma análise de sensibilidade através do diagrama de dispersão e correlação para conhecer a relação existente entre as variáveis selecionadas e o consumo de eletricidade mensal (kWh/mês) do período analisado. A Tabela 31 detalha a correlação das variáveis com o consumo elétrico mensal.

Tabela 31 – Dependência do consumo elétrico mensal com as variáveis estudadas

Agrupamento das variáveis	Variáveis mensais	Coefficiente de Pearson (Jan 2017- Jun 2019)
Variáveis Climáticas	Temperatura compensada (°C)	0,28
	Precipitação (mm)	0,27
	Insolação (hs)	-0,08
	Velocidade média do vento (mps)	-0,16
	Umidade relativa (%)	-0,14
Variáveis de População	População - graduação (qtd)	0,26
	População - total (qtd)	0,27

Agrupamento das variáveis	Variáveis mensais	Coefficiente de Pearson (Jan 2017- Jun 2019)
Variáveis de Sazonalidade	Dias úteis e letivos (qtd)	0,37
	Dias úteis e não letivos (qtd)	-0,42
	Dias não úteis e feriado (qtd)	0,09

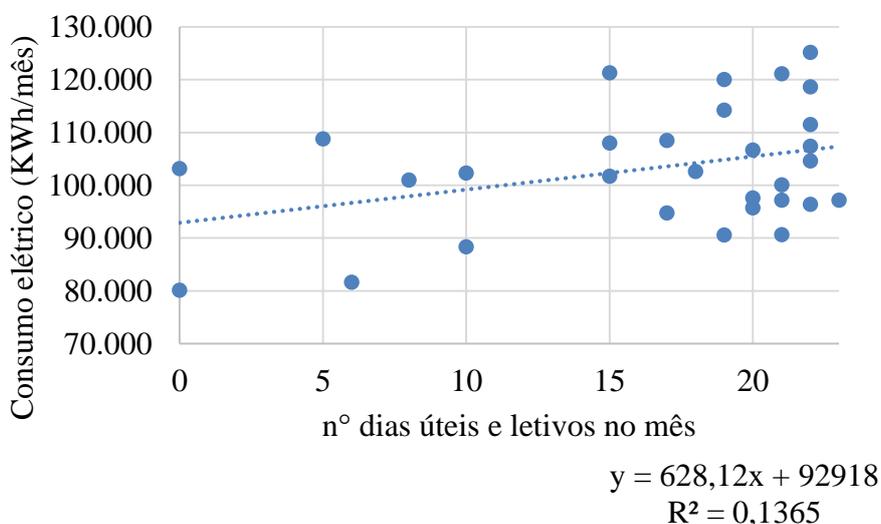
A maior parte das variáveis analisadas apresentou correlação predominantemente “fraca” com o consumo elétrico mensal. A variável que apresenta dependência “moderada” com o consumo elétrico mensal é a variável “dias úteis não letivos”, período em que a ocupação da edificação é predominantemente composta por funcionários (docentes e não docentes) e alunos da pós-graduação.

Este resultado pode estar associado ao fato de que:

- O consumo elétrico não se relaciona com estas variáveis de maneira independente, e sim integrada; e
- O banco de dados contendo máximas de 30 amostras não é o suficiente para refletir a relação das variáveis no consumo elétrico mensal.

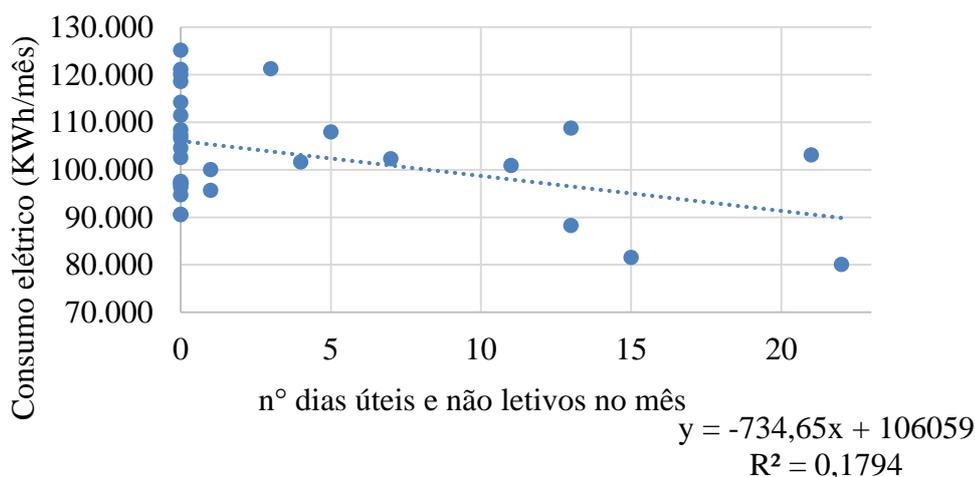
Dado ao fato de que as variáveis de sazonalidade apresentaram correlação “moderada” com o consumo elétrico mensal, é apresentado o diagrama de dispersão e correlação dessas variáveis com o consumo elétrico mensal. Os diagramas são ilustrados na Figura 38, na Figura 39 e na Figura 40.

Figura 38 – Consumo elétrico X Dias úteis e letivos



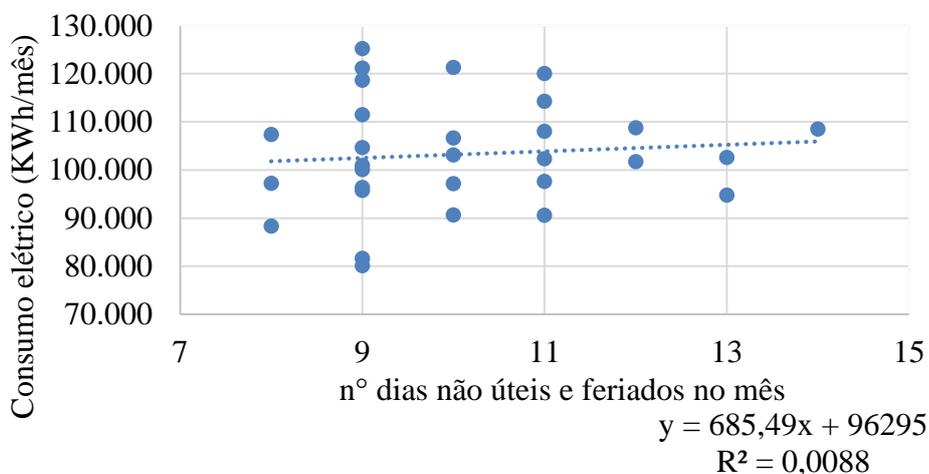
O diagrama permite constatar que os maiores níveis de consumo elétrico ocorrem nos meses com maior número de dias letivos. Apesar da “moderada” correlação (P de Pearson de $r = 0,37$), o coeficiente de determinação (R^2) indicou que a variação do número de dias pouco explica a variação no consumo de energia.

Figura 39 – Consumo elétrico X Dias úteis e não letivos



O gráfico indica que os meses com maior número de “dias úteis e não letivos” registram os menores níveis de consumo elétrico. Apesar das variáveis indicarem correlação “moderada” (P de Pearson de $r = -0,47$), o coeficiente de determinação (R^2) indicou que a alteração do número de dias pouco explica a variação do consumo elétrico.

Figura 40 – Consumo elétrico X Dias não úteis e feriados



O número de “dias não úteis e feriados” apresenta “fraca” correlação com a variável dependente (P de Pearson de $r = 0,09$). A variação da variável número de dias pouco explica a variação do consumo elétrico, constatado pelo coeficiente de determinação $R^2 = 0,0088$.

A análise da correlação entre as dez variáveis propostas, com o consumo elétrico mensal no período de base (2017 a 2019), juntamente com os resultados da revisão energética, possibilitaram as seguintes constatações:

- **Variável Dependente:** O consumo elétrico mensal não apresenta comportamento normalizado. Entre os anos de 2017 a 2019, a variabilidade do consumo elétrico registrou $\pm 27\%$ sobre o valor médio de 100.459 kWh/mês. Essa variação pode ser explicada:

- a. Pelas oscilações anuais do calendário acadêmico;
- b. Pelos ajustes que alteram tanto o horário de funcionamento da universidade quanto a jornada de trabalho dos funcionários técnico administrativo;
- c. Pela ocupação da universidade; e
- d. Pela rotina particular de uso dos equipamentos presentes nos ambientes.

A interação destes fenômenos pode justificar a variabilidade no comportamento do consumo, de modo que a correlação das variáveis (sazonalidade, população e climáticas) com o consumo elétrico, de forma isolada, não expressa uma dependência de grau forte.

Tal fato indica que faltam dados mais precisos sobre a variável dependente, como medição diária e/ou medição individualizada em cada ambiente para uma análise mais consistente.

- **Variável Climática:** O banco de dados meteorológicos da estação da Bahia (Ondina) apresenta dados mensais faltantes, ocasionando a redução do número de amostras de 30 para 21 amostras correspondentes aos meses. Entende-se que esta redução amostral das variáveis pode refletir na análise de sensibilidade.

- **Variável de População:** O desconhecimento de dados da população efetiva que realmente ocupa a edificação diariamente limita a análise. Os dados trabalhados tratam da população (graduação, pós-graduação, professores e funcionários) que são admitidos constantes ao longo de cada semestre.

Apesar de os alunos da graduação responderem por 92% da população fixa da edificação, esses usuários não têm total poder de decisão sobre o acionamento dos equipamentos de ar condicionado nas áreas de consumo mais significativo de energia (laboratórios, biblioteca e salas de professores) e nem nas salas aula.

O acionamento dos equipamentos não está relacionado apenas à população de alunos de graduação, mas sim da parcela de população dos funcionários administrativos, professores e alunos de pós-graduação, cujas informações detalhadas (quantidade e frequência diária de ocupação) são desconhecidas. Além disso, o acionamento dos equipamentos de ar condicionado pode estar associado a outras variáveis não contempladas neste estudo, tais como:

- a. Comportamento do usuário;
- b. Baixa incidência de ventilação natural nos ambientes;
- c. A elevada luminosidade nos ambientes iluminados naturalmente, o que leva ao fechamento de portas e janelas, e ao acionamento dos condicionadores de ar; e
- d. Nível de ruídos nos ambientes externos, o que leva ao fechamento de portas e janelas e acionamento dos condicionadores de ar.

-Variável de Sazonalidade: As variáveis de sazonalidade não apresentaram correlação satisfatória com a variável dependente. Uma solução para esta lacuna concentra-se no monitoramento diário do consumo de energia na edificação, no monitoramento diário do número de pessoas que realmente ocupam a edificação, e na associação destes dados com os dias letivos e não letivos.

A correlação predominantemente “fraca” e “moderada” das variáveis estudadas (climática, população, sazonalidade) com o consumo elétrico mensal, dispensou a definição da LBE por meio do método normalizado, processo através do qual se considera as mudanças das variáveis relevantes para comparar o desempenho energético em condições equivalentes. Nestes casos, a norma ABNT NBR ISO 50006 (2016) recomenda comparações diretas de consumo de energia (método não normalizado) entre o período de base e o período de reporte.

É proposto neste estudo que a LBE período base contemple o período imediatamente anterior à implementação de medidas restritivas. Esse período, compreendido entre Janeiro/2017 e Junho/2019, indicou consumo elétrico acumulado de 3.096.563 kWh e consumo elétrico mensal médio de 103.219 kWh/mês.

De posse dos dados do histórico de consumo medido (Janeiro/2017 a Junho/2019) é proposto um o modelo estatístico que visa atuar na predição do consumo elétrico do período imediatamente posterior, ou seja, o período em que as medidas restritivas entraram em vigor (Julho/2019 a Fevereiro/2020). A comparação do consumo elétrico predito neste período, com o consumo elétrico aferido, indica se houve (ou não) a melhoria do desempenho energético promovida por meio das medidas de racionalização.

A Tabela 32 indica o resultado do modelo de regressão linear simples para predição do consumo elétrico do período de Julho/2019 a Fevereiro/2020.

Tabela 32 – Resumo dos resultados da regressão para modelo de linha de base

Parâmetros	Coefficientes	Erro Padrão	p-valor
Intercepto	5,719	2,062	0,0197
Consumo elétrico	4,038	1,933	0,063
Erro padrão residual: 7606 com 10 graus de liberdade			
R²	0,3037	R² - ajustado	0,2341
F de significância	4,362	p-valor	0,06328

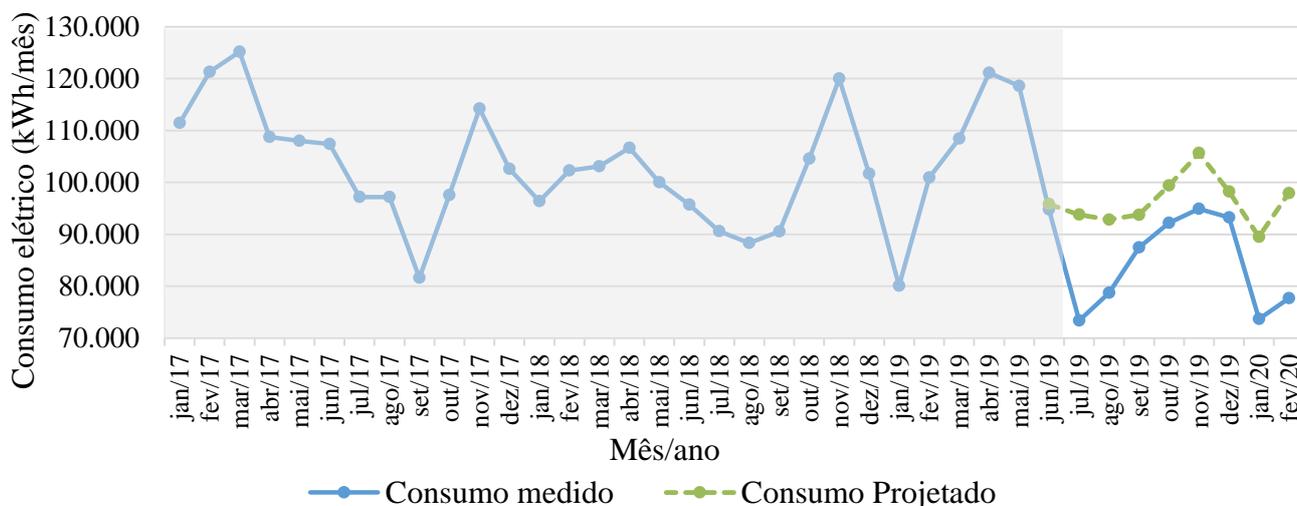
A partir da análise de regressão linear simples obteve-se a Equação 24 para representação deste modelo:

$$\text{Consumo predito} = 4,038x + 5,719 \quad (24)$$

Considerando a avaliação da significância da variável independente com a hipótese usada na regressão linear simples, para um intervalo de confiança de 95%, verificou-se que a variável independente não é significativa estatisticamente, pois o p-valor foi igual 0,063, sendo maior que o nível de significância de 5%. Contudo, para modelagens menos robustas é aceitável um intervalo de confiança de 90%, o que confere a variável como significativa, considerando os resultados do p-valor.

Com base no coeficiente de determinação ($R^2 = 0,3037$), percebe-se que o modelo estatístico foi ajustado da melhor forma a partir dos dados, visto que $0 \leq R^2 \leq 1$. Deste modo, o modelo pode ser utilizado para predição do consumo do período que compreende Julho/2019 a Fevereiro/2020. A comparação do consumo elétrico predito nesse período com o consumo elétrico aferido, indica se as medidas restritivas foram eficazes.

A Figura 41 ilustra o comportamento consumo elétrico medido e do consumo elétrico predito a partir de modelo de regressão simples não normalizado.

Figura 41 – LBE e melhoria de desempenho energético

O consumo elétrico predito (consumo projetado) totalizou 771.204 kWh, ao passo que o consumo elétrico medido totalizou 671.326 kWh, indicando uma redução de consumo elétrico de 15%, equivalente a 99.878 kWh. Apesar da impossibilidade de aferir a aderência dos ambientes e departamentos frente a estas medidas, é possível reconhecer que de fato houve a redução considerável do consumo num intervalo de 8 meses.

Muito embora as medidas adotadas não tenham sido amplamente divulgadas, monitoradas e fiscalizadas, entende-se que a identificação desta melhoria, da ordem de 15%, possa fortalecer a aderência destas medidas e estimular o planejamento de medidas futuras combinadas ao monitoramento contínuo.

5.3.2. Indicadores de Desempenho Energético (IDE)

De acordo com a norma ABNT NBR ISO 50001 (2018), os IDE são utilizados para quantificar o desempenho energético da organização. As linhas de base energética (LBE) são referências quantitativas utilizadas para comparar valores do IDE ao longo dos períodos analisados. Os IDEs ao serem comparados ao longo do tempo, permitem que uma organização determine se o desempenho energético mudou e se ele está atingindo as metas previstas.

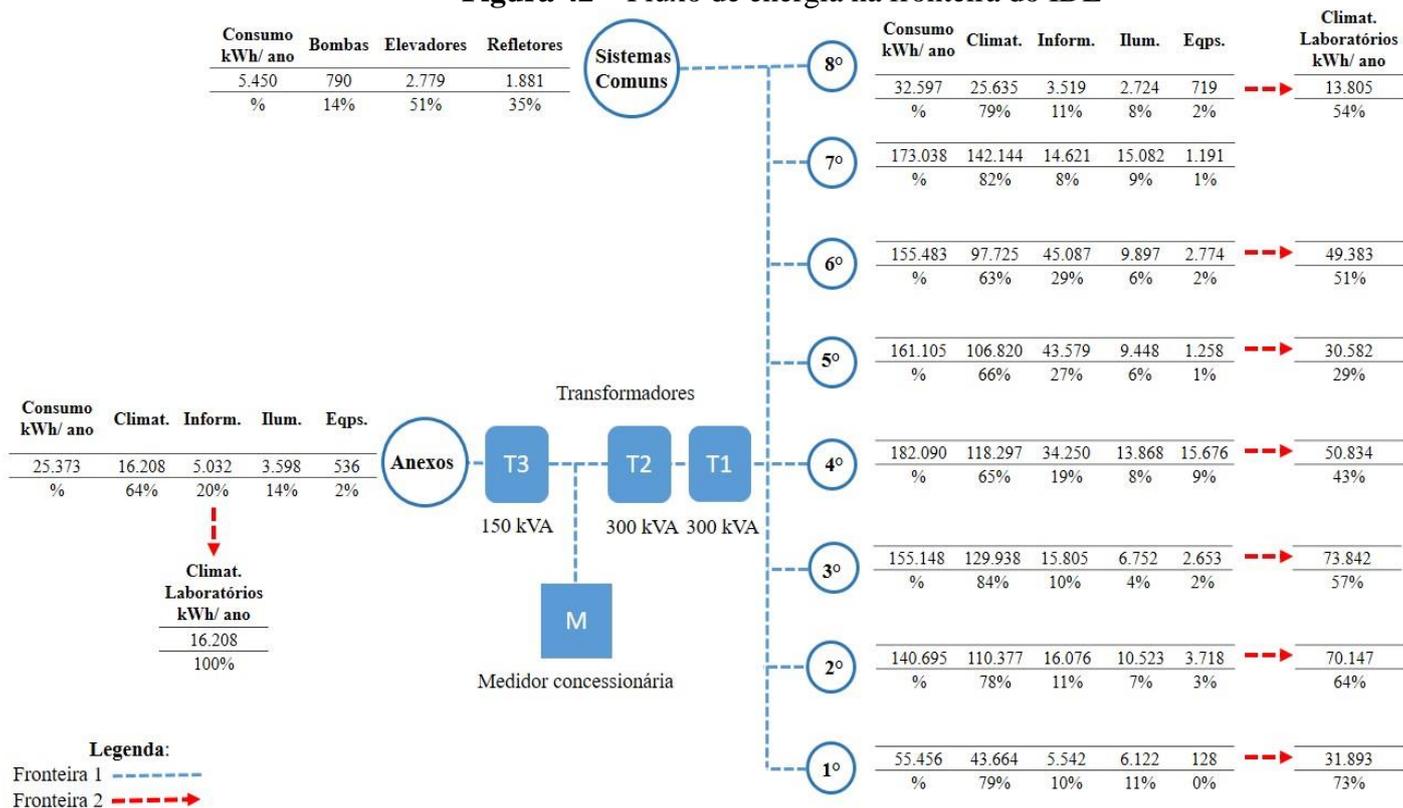
No caso da Escola Politécnica, o período linha de base compreende Janeiro de 2017 a Junho de 2019, totalizando trinta meses. Este intervalo de tempo contempla todas as variabilidades que antecederam a implementação de medidas restritivas que visavam a melhoria do desempenho energético da instituição.

Dentre os critérios para a definição de um IDE alinhado a LBE estão o uso significativo de energia (USE) ou grupos de USE que a organização designar como prioridade para controle e melhoria. Para tanto, a norma recomenda que seja delineada a fronteira do IDE, e que seja identificado o fluxo de energia na delimitação da fronteira, o que pode ser realizado através de um diagrama de energia.

O diagnóstico energético mostrou que o Uso Significativo de Energia (USE) se concentra na categoria de climatização, respondendo por 73% do consumo elétrico, e que os laboratórios da instituição respondem por 45% do consumo elétrico da edificação. Para identificação e definição da fronteira do IDE da Escola Politécnica, propõe-se inicialmente a quantificação dos fluxos de energia por meio do diagrama de energia.

A Figura 42 ilustra o mapa de energia, identificando o fluxo de energia para a definição da fronteira do IDE.

Figura 42 – Fluxo de energia na fronteira do IDE



A análise do fluxo de energia reforça a representatividade do sistema de climatização no consumo elétrico, bem como a contribuição dos laboratórios no consumo elétrico do sistema de

climatização. De posse do fluxo de energia da organização, foram propostas duas fronteiras, sendo uma para a edificação e outra para os laboratórios.

A Fronteira 1 considera todos os sistemas consumidores de energia na edificação. A esta fronteira atribui-se os seguintes Indicadores de Desempenho Energético:

CM: Consumo Médio Mensal (kWh/mês);

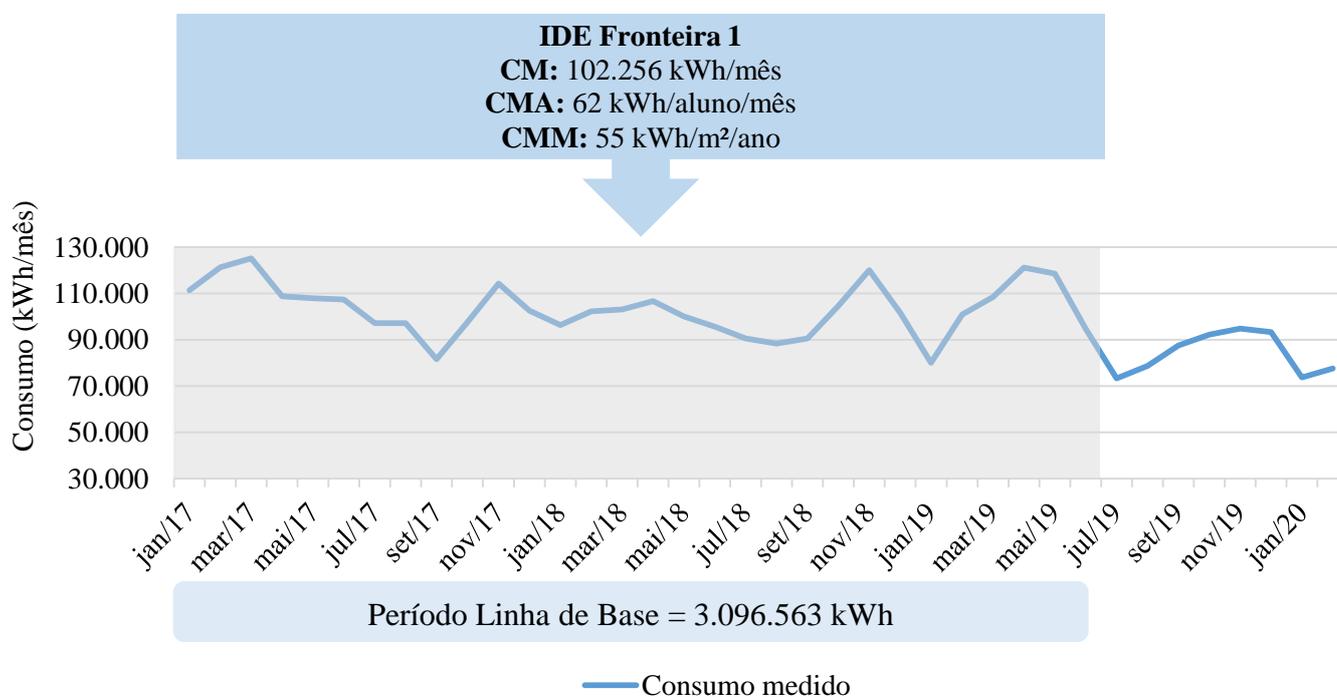
CMM: Consumo Médio Mensal por m² (kWh/m²/ano); e

CMA: Consumo Médio Mensal por Alunos (kWh/aluno/mês).

De acordo com Favato (2005) e Saidel et al. (2005), o CMM e o CMA estão entre os principais indicadores utilizados em universidades. Entende-se que estes indicadores, em especial o CM e CMA, possam ao longo do tempo refletir o desempenho energético da instituição em período anterior e posterior à implementação de medidas de melhoria de desempenho energético.

A Fronteira 2 considera consumo da climatização dos laboratórios, atribuindo o indicador CMM - Consumo Médio por m² (kWh/m²/ano). A Figura 43 ilustra os IDEn da Fronteira 1 associados às LBE.

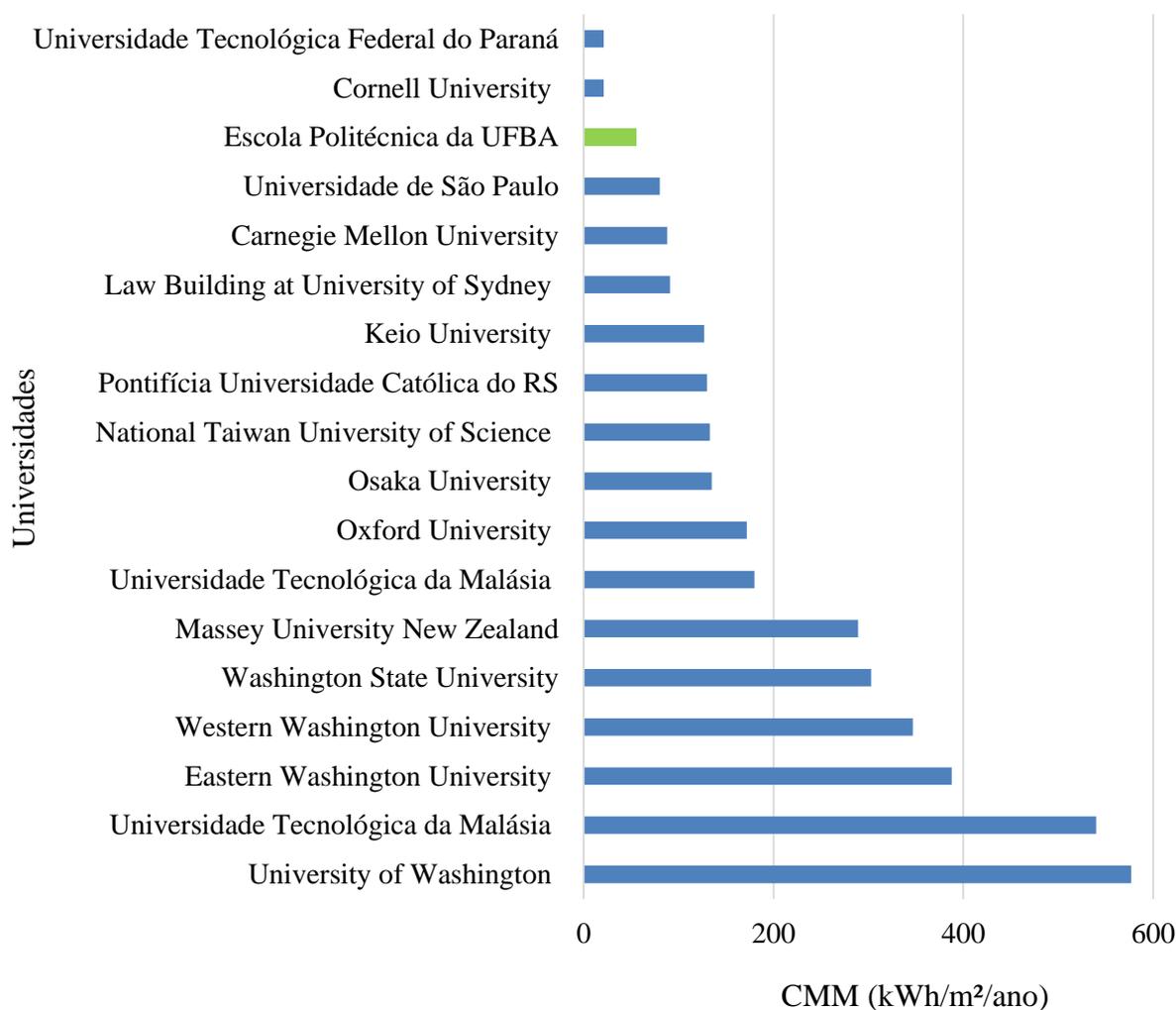
Figura 43 – IDE da Fronteira 1



No período linha de base, o consumo elétrico apresentou média mensal de 102.256 kWh/mês. O indicador Consumo Médio por m² resultou 55 kWh/m²/ano, não havendo neste período reformas que resultaram em variação da área construída. O indicador Consumo Médio por Aluno resultou 62 kWh/aluno/mês, neste período o número médio de alunos de graduação e pós graduação foi de 4.521.

Dentre os indicadores calculados, o Consumo Médio Mensal por m² (CMM) é o mais utilizado para quantificar o desempenho energético de edificações, e possibilita o comparativo com edificações de mesma tipologia. Desta forma, o *benckmarking* do indicador CMM em universidades é apresentado na Figura 44.

Figura 44 – *Benchmarking* do indicador CMM em universidades

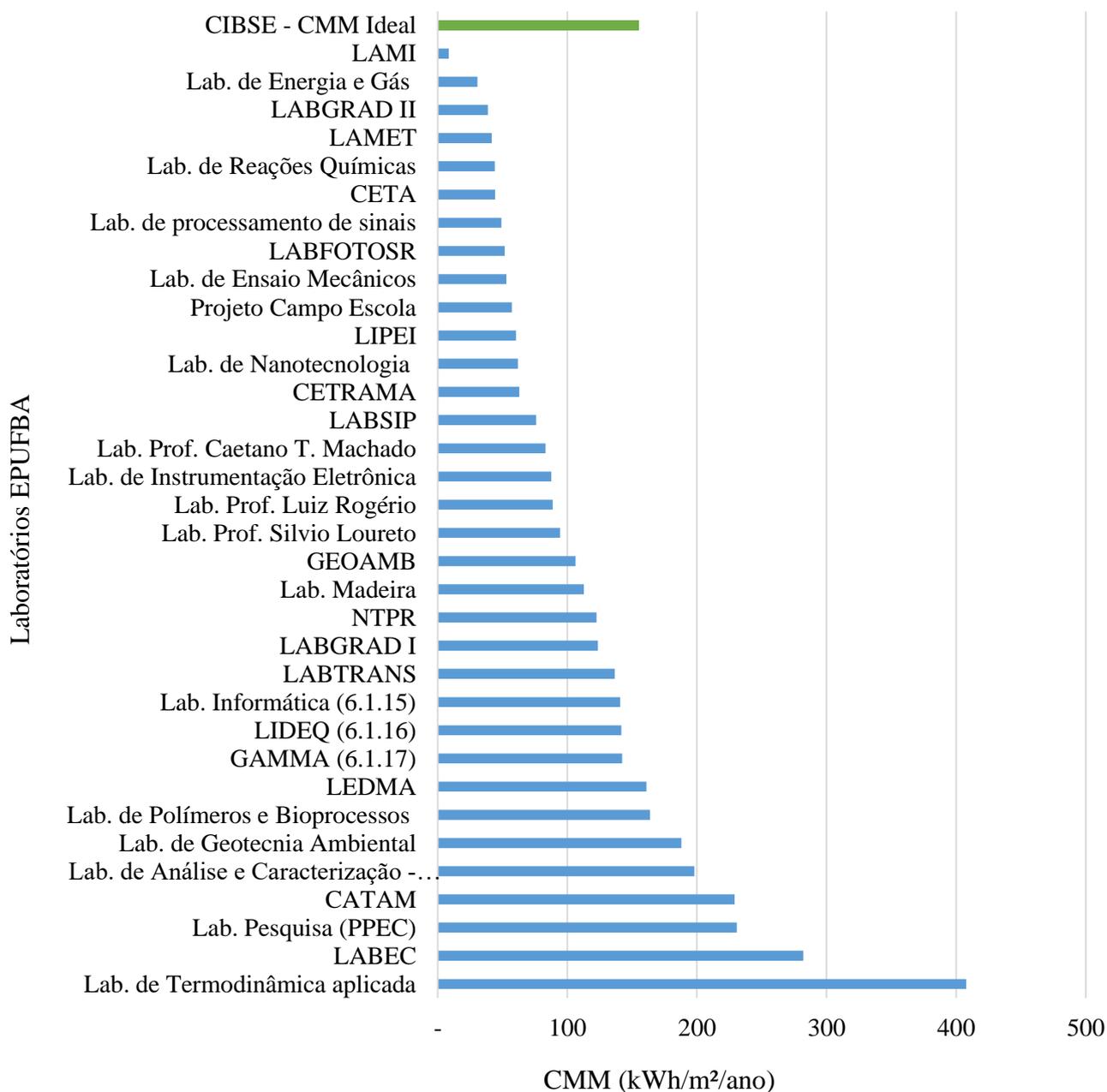


Fonte: Adaptado de ROSSI (2018)

O indicador CMM da Escola Politécnica da UFBA apresenta um bom desempenho quando comparado às demais universidades. Apesar disso, ao compararmos estes resultados com universidades nacionais que possuem um sistema de gerenciamento de energia consolidado, como a Universidade Tecnológica Federal do Paraná (Campus Pato Branco), percebe-se que os indicadores da Escola Politécnica da UFBA podem ser ainda melhorados, sobretudo, através da gestão energética e da implementação de medidas para a melhoria do desempenho energético.

Na Fronteira 2, o IDE analisado é o Consumo Médio por m² da climatização dos laboratórios da Escola Politécnica, ilustrado na Figura 45.

Figura 45 – Consumo Médio por m² dos laboratórios – Climatização



A análise da Figura 45 permite concluir que há uma grande variabilidade do indicador CMM em cada laboratório. Tem-se como referência os indicadores propostos pela CIBSE para laboratórios de edificações de ensino superior (detalhados previamente na Tabela 6, subseção 2.3.3.2).

Para os laboratórios de uma edificação de ensino superior, o CMM no valor de 155 kWh/m² indica baixo consumo da energia elétrica, definido como “*good practice*” ou “*low energy consumption*”. Ao passo que, o CMM no valor de 175 kWh/m² indica elevado consumo da energia elétrica para estes ambientes, definido como “*typical practice*” ou “*high energy consumption*”.

Tomando-se como referência o indicador CMM proposto pela CIBSE, nota-se que a maior parte dos indicadores dos laboratórios da Escola Politécnica (75%) apresentam resultados associados ao baixo consumo elétrico (ou boa prática), equivalente a 75%. Ao passo que 19% apresentam resultados superiores ao estabelecido como elevado consumo elétrico (prática típica), indicando necessidade de atenção para ao consumo elétrico destes ambientes.

É possível observar que os maiores consumos nos laboratórios se dão em função da elevada potência dos condicionadores de ar e, por vezes, pela presença de mais de um equipamento no mesmo espaço. Tal fato indica um dimensionamento inadequado da climatização dos laboratórios, justificado pelas diversas adaptações feitas na edificação para alocação e funcionamento dos laboratórios.

5.3.3. Oportunidades para melhoria do desempenho energético

Considerando que o Uso Significativo de Energia (USE) se concentra na climatização, são propostas medidas que objetivam a melhoria do desempenho energético, e as mesmas são classificadas quanto a seu custo de investimento. Além destas, são também propostas alternativas para a melhoria do desempenho energético no uso final de iluminação, e através da mudança no contrato de fornecimento de energia elétrica da unidade consumidora.

5.3.3.1. Climatização

A revisão energética indicou que 73% do consumo de energia elétrica concentra-se na climatização.

Ao analisar o consumo elétrico por ambiente, os laboratórios apresentam maior representatividade dentre os demais ambientes, respondendo por 45% do consumo elétrico.

Considerando-se este resultado, e o fato de que a edificação da Escola Politécnica apresenta características construtivas favoráveis à ventilação natural, são analisadas alternativas que promovam a melhoria do desempenho energético no uso final de climatização, e alternativas que promovam a ventilação natural sob condições de conforto térmico.

A Tabela 33 elenca as principais alternativas propostas para o uso final da climatização na Escola Politécnica.

Tabela 33 – Alternativas propostas para Climatização

Alternativa	Descrição	Classificação do investimento
<i>Retrofit</i> climatização - Edificação	(1) Substituir os condicionadores de ar da edificação por condicionadores com inversores;	Investimento necessário
<i>Retrofit</i> climatização - Laboratórios	(2) Substituir os condicionadores de ar dos laboratórios por condicionadores com inversores;	Investimento necessário
Manutenção	(3) Realizar reparos em esquadrias e portas quebradas ou fora de alinhamento que possam favorecer perdas por escape do ar; (4) Realizar manutenção periódica com limpeza de filtros dos condicionadores de ar; (5) Manter desobstruídas as grelhas de circulação de ar; (6) Manter livre a entrada de ar do condensador;	Sem custo
Boas práticas	(7) Manter janelas e portas totalmente fechadas ao utilizar os condicionadores de ar; (8) Limitar a utilização dos condicionadores de ar somente nas dependências ocupadas; (9) Desligar o ar-condicionado em ambientes que fiquem longo tempo desocupados; (10) Delimitar a temperatura do ambiente entre 22 e 24 °C; (11) Manter somente a ventilação ou desligar os condicionadores de ar no inverno ou em dias frios;	Sem custo
Ventilação natural	(12) Realizar manutenção nas esquadrias defeituosas que dificultam a circulação do vento; (13) Avaliar os parâmetros de conforto térmico de todos os ambientes - velocidade do ar, temperatura e umidade relativa;	Sem custo

Alternativa	Descrição	Classificação do investimento
	(14) Para os ambientes que apresentarem condições de conforto térmico, definir o uso predominante de ventilação natural.	

A seguir, são detalhadas as alternativas propostas à melhoria do desempenho energético no uso final da climatização.

A alternativa (1) concentra-se na substituição dos condicionadores de ar existentes por condicionadores do tipo *inverter*. Estes equipamentos consomem cerca de 40% a 60% menos de energia que condicionadores convencionais e, portanto, configuram uma alternativa para a melhoria do desempenho energético da unidade consumidora (BOTELHO, 2018; SCHINAZI et al., 2018).

Para a estimativa da redução do consumo a partir da implementação desta alternativa, considerou-se a substituição dos 258 condicionadores de ar ativos na edificação. Buscou-se através dos fornecedores, condicionadores de ar do tipo “*Hi Wall*” e “*Piso Teto*” de semelhante capacidade aos existentes e com Etiqueta Nacional de Conservação de Energia de classificação A, visando o cumprimento da Instrução Normativa SLTI n.º 2/2014 (detalhada no Apêndice B).

A Tabela 34 relaciona o uso e o consumo de energia do sistema de climatização atual do sistema proposto.

Tabela 34 – Sistema de climatização atual e sistema proposto - *Retrofit* edificação

Sistema Atual				Sistema Proposto		
Tipo	Qtd.	Potência Instalada (kW)	Consumo (kWh/ano)	Tipo	Potência Instalada (kW)	Consumo (kWh/ano)
Split Hi Wall 60.000 Btu	2	35	2.158	Split p-Teto Inverter 60.000 Btu	11	660
Split Hi Wall 36.000 Btu	2	21	8.065	Split p-Teto Inverter 36.000 Btu	7	2.492
Split Hi Wall 28.000 Btu	2	16	8.394	Split p-Teto Inverter 24.000 Btu	4	2.025

Sistema Atual			Sistema Proposto			
Tipo	Qtd.	Potência Instalada (kW)	Consumo (kWh/ano)	Tipo	Potência Instalada (kW)	Consumo (kWh/ano)
Split Hi Wall 24.000 Btu	19	134	73.569	Split p-Teto Inverter 24.000 Btu	38	20.710
Split Hi Wall 21.000 Btu	1	6	4.327	Split Hi Wall Inverter 22.000 Btu	2	1.399
Split Hi Wall 18.000 Btu	34	179	108.803	Split Hi Wall Inverter 18.000 Btu	55	33.619
Split Hi Wall 12.000 Btu	30	106	62.886	Split Hi Wall Inverter 12.000 Btu	33	19.401
Split Hi Wall 11.000 Btu	40	129	69.712	Split Hi Wall Inverter 12.000 Btu	52	23.462
Split Hi-Wall 9.000 Btu	19	50	28.657	Split Hi Wall Inverter 9.000 Btu	15	8.855
Split Hi Wall 7.000 Btu	6	12	7.554	Split Hi Wall Inverter 9.000 Btu	5	3.001
Split Hi Wall 6.000 Btu	1	2	2.338	Split Hi Wall Inverter 9.000 Btu	1	1.084
Split p-Teto 60.000 Btu	8	141	136.084	Split p-Teto Inverter 60.000 Btu	43	41.635
Split p-Teto 42.000 Btu	3	37	24.392	Split p-Teto Inverter 36.000 Btu	10	6.460
Split p-Teto 36.000 Btu	9	95	54.481	Split p-Teto Inverter 36.000 Btu	29	16.834
Split p-Teto 24.000 Btu	2	14	15.108	Split p-Teto Inverter 24.000 Btu	4	4.253
Split p-Teto 18.000 Btu	3	16	3.345	Split Hi Wall Inverter 18.000 Btu	5	1.034
Split p-Teto 11.000 Btu	14	45	27.115	Split Hi Wall Inverter 12.000 Btu	15	9.126

Sistema Atual				Sistema Proposto		
Tipo	Qtd.	Potência Instalada (kW)	Consumo (kWh/ano)	Tipo	Potência Instalada (kW)	Consumo (kWh/ano)
Split p-Teto 6.000 Btu	1	2	2.158	Split Hi Wall Inverter 9.000 Btu	1	1.000
De Janela 21.000 Btu	11	68	35.558	Split Hi Wall Inverter 22.000 Btu	22	11.497
De Janela 18.000 Btu	7	37	25.507	Split Hi Wall Inverter 18.000 Btu	11	7.881
De Janela 15.000 Btu	1	4	2.241	Split Hi Wall Inverter 12.000 Btu	1	553
De Janela 12.000 Btu	2	7	4.517	Split Hi Wall Inverter 12.000 Btu	2	1.394
De Janela 11.000 Btu	38	123	74.355	Split Hi Wall Inverter 12.000 Btu	41	25.025
De Janela 9.000 Btu	2	5	2.776	Split Hi Wall Inverter 9.000 Btu	2	858
De Janela 7.000 Btu	1	2	1.442	Split Hi Wall Inverter 9.000 Btu	1	573
Total	258	1.286	785.542	-	409	244.832

É importante considerar que os condicionadores propostos, embora possuam capacidade de refrigeração semelhante aos condicionadores operantes, são de equipamentos mais eficientes que requerem menor quantidade de energia elétrica para o resfriamento.

Por meio da substituição dos condicionadores de ar por condicionadores mais eficientes tem-se uma redução de 68% na carga instalada, o equivalente a 876 kW. Estima-se que a operação destes equipamentos em condições equivalentes, resulta numa redução do consumo elétrico anual de 540.710 kWh/ano.

A Tabela 35 detalha o uso e consumo de energia do sistema atual e do sistema previsto após a substituição dos condicionadores por tecnologia *inverter*.

Tabela 35 – Resultados do sistema de climatização proposto - *Retrofit* edificação

Uso e consumo	Sistema Atual	Sistema Proposto	Comparação (Atual - Proposto)	Redução
Potência Instalada Climatização kW	1.294	418	876	68%
Consumo Climatização kWh/ano	790.807	250.097	540.710	68%
Potência Instalada Edificação kW	1.738	862	876	50%
Consumo Edificação kWh/ano	1.086.434	545.724	540.710	50%

A alternativa de substituição dos condicionadores de ar refletem na redução de 50% do consumo elétrico anual da edificação. Estima-se que essa economia pode ser ainda maior durante a operação destes equipamentos, pois a eficiência do condicionador *inverter* está justamente no fato de que, ao alcançar a temperatura desejada para o ambiente, o compressor e a frequência do motor operam num giro mais lento, porém, sem parar completamente. Esta operação contínua do compressor dispensa os picos de “liga” e “desliga”, e resulta na diminuição do consumo elétrico.

A estimativa de redução do consumo elétrico não dispensa o processo de monitoramento contínuo do sistema após a sua implementação. Apesar do *retrofit* do sistema de climatização da edificação apresentar uma previsão de redução de consumo anual da ordem de 50%, recomenda-se que o mesmo seja realizado de maneira gradativa, permitindo o acompanhamento da melhoria do desempenho por meio da análise dos indicadores e a identificação de possíveis não conformidades.

Desta forma, é proposta uma alternativa (2), que direciona o *retrofit* da climatização para os laboratórios, tendo em vista que a revisão energética indicou que estes ambientes respondem por 45% do consumo elétrico da edificação. Considerando esta alternativa, a Tabela 36 relaciona o uso e consumo de energia atual do sistema de climatização dos laboratórios e do sistema proposto.

Tabela 36 – Sistema de climatização atual e sistema proposto - *Retrofit* laboratórios

Sistema Atual				Sistema Proposto		
Tipo	Qtd.	Potência Instalada (kW)	Consumo (kWh/ano)	Tipo	Potência Instalada (kW)	Consumo (kWh/ano)
Split Hi Wall 36.000 Btu	1	11	7.418	Split p-Teto Inverter 36.000 Btu	3	2.292
Split Hi Wall 28.000 Btu	2	16	8.394	Split Hi Wall Dual Inverter 24.000 Btu	4	2.025
Split Hi Wall 24.000 Btu	9	63	35.036	Split Hi Wall Dual Inverter 24.000 Btu	18	9.863
Split Hi Wall 21.000 Btu	1	6	4.327	Split Hi Wall Dual Inverter 22.000 Btu	2	1.399
Split Hi Wall 18.000 Btu	21	111	64.692	Split Hi Wall Dual Inverter 18.000 Btu	34	19.989
Split Hi Wall 12.000 Btu	19	67	36.184	Split Hi Wall Dual Inverter 12.000 Btu	21	11.163
Split Hi Wall 11.000 Btu	22	71	36.842	Split Hi Wall Dual Inverter 12.000 Btu	24	12.400
Split Hi Wall 9.000 Btu	11	29	15.832	Split Hi Wall Dual Inverter 9.000 Btu	9	4.892
Split p-Teto 60.000 Btu	2	35	22.483	Split p-Teto Inverter 60.000 Btu	11	6.879
Split p-Teto 42.000 Btu	3	37	24.392	Split p-Teto Inverter 36.000 Btu	13	8.442
Split p-Teto 36.000 Btu	3	32	21.559	Split p-Teto Inverter 36.000 Btu	10	6.661
Split p-Teto 18.000 Btu	1	5	2.698	Split p-Teto Inverter 18.000 Btu	2	880
Split p-Teto 11.000 Btu	7	23	12.766	Split p-Teto Inverter 12.000 Btu	8	4.297

Sistema Atual				Sistema Proposto		
Tipo	Qtd.	Potência Instalada (kW)	Consumo (kWh/ano)	Tipo	Potência Instalada (kW)	Consumo (kWh/ano)
De Janela 21.000 Btu	6	37	18.875	Split p-Teto Inverter 22.000 Btu	7	3.328
De Janela 18.000 Btu	1	5	2.689	Split p-Teto Inverter 18.000 Btu	2	831
De Janela 15.000 Btu	1	4	2.241	Split p-Teto Inverter 12.000 Btu	1	553
De Janela 11.000 Btu	8	26	15.656	Split Hi Wall Dual Inverter 12.000 Btu	9	5.269
De Janela 9.000 Btu	1	3	1.345	Split Hi Wall Dual Inverter 9.000 Btu	1	415
De Janela 7.000 Btu	1	2	1.442	Split Hi Wall Dual Inverter 9.000 Btu	1	573
Total	120	583	334.871		177	102.151

A proposta de substituição dos condicionadores de ar presentes nos laboratórios por condicionadores *inverter* reduz a carga instalada em 406 kW. Em se tratando do consumo, estima-se que esta substituição resulte na redução de 232.720 kWh/ano do consumo de eletricidade na unidade.

A Tabela 37 detalha o comparativo do sistema atual e do sistema previsto após a substituição dos condicionadores dos laboratórios por tecnologia *inverter*.

Tabela 37 – Resultados do sistema de climatização proposto - *Retrofit* laboratórios

Uso e consumo	Sistema Atual	Sistema Proposto	Comparação (Atual - Proposto)	% Redução
Potência instalada Laboratórios kW	586	180	406	69%
Consumo anual Laboratórios kWh/ano	336.694	103.973	232.720	69%
Potência instalada Edificação kW	1.738	1.332	406	23%
Consumo anual Edificação kWh/ano	1.086.434	853.714	232.720	21%

A substituição dos condicionadores de ar dos laboratórios (2) resulta numa estimativa de redução de 21% do consumo elétrico anual da Escola Politécnica. O *retrofit* dos condicionadores dos laboratórios pode ser considerado o ponto de partida para a melhoria do desempenho energético da edificação no uso final da climatização, considerando que, após sua implementação, possibilita a análise do cumprimento dos objetivos estimados e a identificação de não conformidades que aperfeiçoam os resultados esperados. Caso o objetivo de redução do consumo seja alcançado, o *retrofit* pode ser ampliado para os demais ambientes da edificação.

Outro ponto favorável à implementação do *retrofit* da climatização dos laboratórios está na possibilidade de conjugá-la a outras à outras alternativas que possam colaborar com a melhoria do desempenho da climatização, tais como as alternativas de manutenção. Neste estudo, propõe-se a realização de reparos em esquadrias e portas quebradas (ou fora de alinhamento) que possam favorecer perdas por escape do ar (3).

Durante a auditoria energética, verificou-se nos ambientes climatizados a má vedação das esquadrias e portas, que favorecem a perda de ar por escape. Este efeito é indesejado, sobretudo frente ao objetivo da redução de desperdícios e da melhoria na eficiência da climatização.

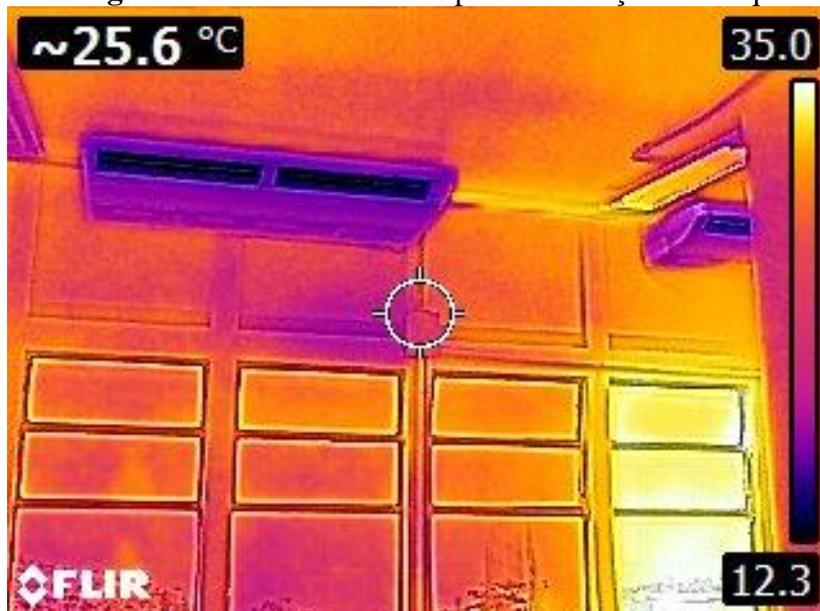
A Figura 46 ilustra pontos de escape de ar nos ambientes climatizados.

Figura 46 – Pontos de escape de ar (sala 8.3.4 climatizada)



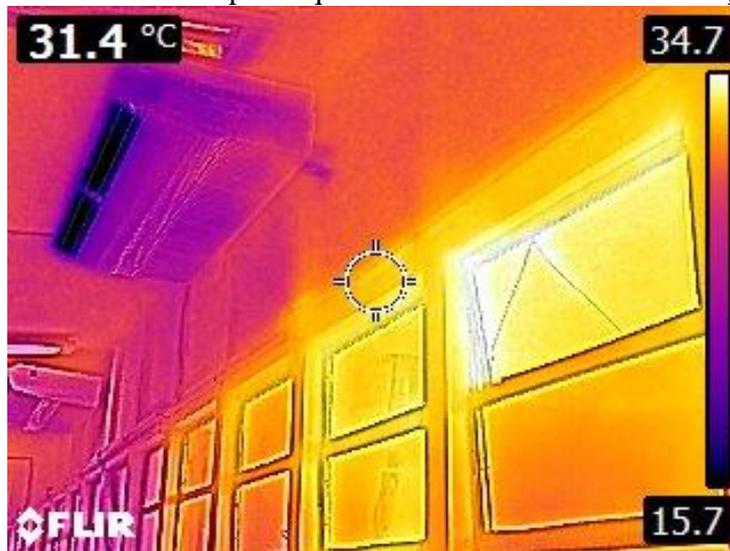
Através da utilização de uma câmera térmica, foi possível identificar, nos ambientes climatizados artificialmente, pontos de fuga e pontos de isolamento ineficiente, conforme ilustrado pela Figura 47 e Figura 48.

Figura 47 – Perdas térmicas por má vedação das esquadrias



A imagem termográfica indica o gradiente de alta temperatura (35°C) na área das janelas, próximo a um condicionador de ar operando a 12.3°C. A perda térmica deve-se à má vedação das esquadrias.

Figura 48 – Perdas térmicas por esquadrias em mau estado de vedação e manutenção



Na Figura 48 as perdas térmicas por escape nas laterais das esquadrias ficam ainda mais nítidas, indicando mau isolamento, vedação insuficiente, e esquadria em mau estado de conservação (favorecendo o escape térmico).

Um ponto favorável, identificado na etapa de diagnóstico energético, é a utilização de persianas e filtros de vidros nos ambientes, cujo objetivo concentra-se na redução da incidência de raios solares no ambiente climatizado. Esta estratégia é positiva, visto que contribui com a redução da carga térmica proveniente da radiação solar, podendo ser adotada nos ambientes em que o uso dos condicionadores de ar é indispensável.

A identificação das perdas térmicas nas esquadrias foi recorrente nos ambientes condicionados artificialmente, o que reforça que a alternativa de reparos nas esquadrias (3) é fundamental para a redução de desperdícios energéticos associados ao uso final da climatização, e para garantia do conforto térmico nos ambientes climatizados.

Junto a esta alternativa, recomenda-se ainda outras alternativas de manutenção, tais como a realização de manutenção periódica com limpeza de filtros dos condicionadores de ar (4); a desobstrução das grelhas de circulação de ar (5); e a desobstrução da entrada de ar dos condensadores (6).

Há ainda alternativas que colaboram com a redução dos desperdícios no uso final da climatização, indicadas como boas práticas (conforme relacionado previamente pela Tabela 33). Estas alternativas estão intimamente ligadas aos usuários da edificação. Dentre estas estão: manter janelas e portas totalmente fechadas ao utilizar os condicionadores de ar (7); limitar a utilização dos condicionadores de ar somente nas dependências ocupadas (8); desligar os condicionadores de ar em ambientes que fiquem longo tempo desocupados (9); delimitar a temperatura do ambiente entre 22 e 24 °C (10); e manter somente a ventilação (ou desligar os condicionadores de ar) no inverno ou em dias frios (11).

Além destas alternativas discutidas, este estudo propõe uma última alternativa para a melhoria do desempenho energético do sistema de climatização, a qual consiste na adoção da ventilação natural nos ambientes da edificação, de modo que, os ar condicionados passassem a operar apenas nos ambientes em que é imprescindível o seu uso.

Sabe-se que Escola Politécnica da UFBA foi concebida a partir de estratégias construtivas que favorecem a ventilação natural cruzada. Com o passar do tempo, diversas intervenções foram realizadas na edificação até o momento, resultando no crescente número de condicionadores de ar. Apesar disso, a ventilação natural é adotada em 16 das 28 salas de aula da instituição, e também em alguns departamentos, tais como o Departamento de Engenharia

Ambiental (DEA), cujos laboratórios de pesquisa, ensaio e sala de professores operam predominantemente sem uso de condicionadores de ar.

Desta forma, este estudo propõe que o uso de condicionadores de ar na instituição seja adotado apenas em ambientes em que é imprescindível a climatização, ou seja, em ambientes em que a ventilação natural não assegura o conforto térmico. Para tanto, faz-se necessário identificar as variáveis ambientais que influenciam na sensação de conforto térmico do usuário, possibilitando definir quais ambientes podem ser atendidos por meio da ventilação natural (sob condições de conforto térmico).

Um estudo prévio realizado na instituição aferiu as variáveis ambientais de temperatura, umidade relativa e velocidade do vento em cinco ambientes da Escola Politécnica. Os resultados estão relacionados na Tabela 38.

Tabela 38 – Variáveis ambientais de conforto térmico nos espaços ventilados naturalmente

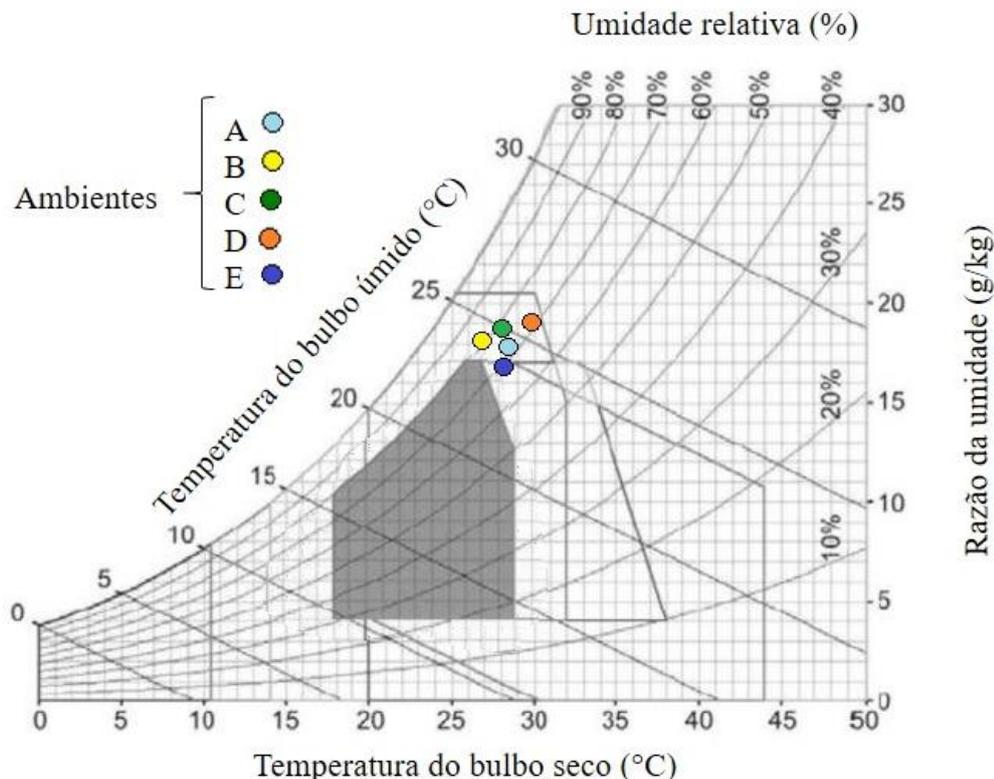
Local	Tipo	Descrição	Velocidade ar (km/h)	Umidade (%)	Umidade (g/kg)	Temperatura (°C)
A	Sala de aula	Espaço de elevada ventilação	1,7	72,1	17,9	28,5
B	Sala de aula	Espaços de ventilação reduzida	0,8	81,2	18,2	26,7
C	Lab.	Espaços de ventilação reduzida - as paredes foram fechadas para climatização	0,1	79,8	18,8	28,1
D	Adm.	Espaços de ventilação reduzida - as paredes foram fechadas para climatização	0,1	72,3	19,2	29,8
E	Adm.	Espaço de elevada ventilação	2,4	69,9	16,8	28,1

Nota-se que a velocidade média do ar é bastante particular em cada um dos ambientes, sendo que os ambientes que foram vedados para climatização apresentaram ventilação reduzida.

Ao relacionarmos estes resultados com a zona de conforto, e com as estratégias construtivas adequadas para a cidade de Salvador, dispostas na Carta Bioclimática, é possível

identificar que estes ambientes operam fora da zona de conforto térmico, conforme ilustrado pela Figura 49.

Figura 49 – Conforto térmico nos ambientes ventilados naturalmente



A zona de conforto térmico da cidade de Salvador é indicada na área destacada (zona 1). Os ambientes analisados estão contidos na zona 2, na qual a estratégia de ventilação é a principal para a redução do desconforto térmico por calor (LAMBERTS et al., 2014). Apesar disso, os ambientes B, C e D apresentaram ventilação reduzida, ao passo que os ambientes A e E apresentaram elevada ventilação.

Contudo, ainda faltam parâmetros que, juntamente com os dados das variáveis ambientais, possibilitem definir se esses ambientes são propícios para aclimação. Uma possível solução consiste na identificação do grau de desconforto (insatisfação térmica) e na identificação da sensação térmica dos usuários dos ambientes.

Para tanto, a norma internacional ISO 7730 (2005) “*Moderate Thermal Environment - Determination of PMV and PPD Indices and Specifications of the Conditions for Thermal Comfort*” é utilizada como parâmetro e base para elaboração de questionários que visam mensurar a sensação térmica do corpo (*general thermal comfort – GTC*) e a porcentagem de

usuários que apresentam desconforto térmico (*predicted percentage of dissatisfied – PPD*) (MARKOV, 2002; MORAES, 2007; COSTA et al., 2019).

Um outro parâmetro que auxiliaria a definição do ambiente apropriado para aclimação é a condição de abertura das esquadrias (que favorecem a circulação do ar). Mediante inspeção visual, na fase de auditoria energética, foram identificadas esquadrias em mau estado de conservação, que dificultam a abertura e como consequência reduzem a circulação do vento nas instalações.

Esta questão indica a necessidade de manutenção das esquadrias da edificação visando a melhoria da circulação do vento, o que contribui com a adoção da ventilação natural nos ambientes.

A Figura 50 ilustra as limitações na abertura das esquadrias da sala de aula ventilada naturalmente.

Figura 50 – Limitação na abertura das esquadrias (sala 7.3.5)



É importante destacar que a identificação dos níveis de conforto, e a implementação da ventilação, requer um estudo mais detalhado, não abordado nesta pesquisa. A expansão da ventilação natural é proposta como estratégia auxiliar, que visa evitar o acionamento dos condicionadores de ar em ambientes em que este uso é desnecessário.

Desta forma, frente a alternativa de adoção da ventilação natural (mencionada na Tabela 33), são dispostas as seguintes estratégias: realização de manutenção nas esquadrias defeituosas que dificultam a circulação do vento (12); avaliação os parâmetros de conforto térmico de todos os ambientes - velocidade do ar, temperatura e umidade relativa (13); identificação dos

ambientes que apresentarem condições de conforto térmico e, para estes, definir o uso predominante de ventilação natural (14).

Somente após a determinação dos ambientes em que é imprescindível a climatização é possível planejar a ampliação da substituição dos demais condicionadores de ar convencionais, por condicionadores *inverter*. É preciso que a instituição esgote todas as possibilidades de redução de consumo através de mudança de hábitos de uso de equipamentos de climatização, caso contrário, mesmo adotando equipamentos mais eficientes haverá desperdícios energéticos na edificação.

Dentre as alternativas identificadas para a melhoria do desempenho energético da Escola Politécnica no uso final da climatização, têm-se como principal, o *retrofit* da climatização dos laboratórios. Esta alternativa foi escolhida para continuação deste estudo, por meio da análise de investimento e estudo de viabilidade econômica, apresentado no Anexo G.

De maneira complementar, foi realizada a análise de investimento e estudo de viabilidade econômica do *retrofit* da climatização da edificação, disposto no Anexo H.

O estudo de viabilidade econômica da alternativa *retrofit* do sistema de climatização dos laboratórios, escolhida para continuação desta pesquisa, apresentou resultados dos indicadores econômicos Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e Tempo de Retorno do Investimento (*Payback*) detalhados na Tabela 39.

Tabela 39 – Indicadores econômicos climatização - *Retrofit* laboratórios

Indicadores	Valor
Investimento	R\$ 302.286
Economia	R\$ 339.345/ano
TMA	20% a.a
VPL	R\$ 1.121.407
TIR	112%
<i>Payback</i> simples	11 meses

A análise da Tabela 39 permite concluir que, para que a instituição recupere o investimento, é necessário um período de aproximadamente 1 ano. Considerando que o Valor Presente Líquido foi de R\$ 1.121.407 e a Taxa Interna de Retorno foi de 112%, sendo maior que a Taxa Mínima de Atratividade (20%), constata-se que esta alternativa é economicamente viável.

Recomenda-se também que as alternativas de manutenção, boas práticas e ventilação natural possam ser implementadas em período anterior à implementação do projeto, e mantidas após sua implementação. A implementação do projeto pressupõe o contínuo monitoramento dos indicadores de desempenho energético (IDE) visando aferir a melhoria do desempenho energético. O processo de medição e monitoramento em período anterior e posterior à implementação da alternativa proposta permite a identificação de não conformidades, e a adoção de ações corretivas que favorecem a melhoria contínua do sistema de gestão de energia.

Considerando a metodologia do Sistema de Gestão Energia proposto pela norma ABNT NBR ISO 50001 (2018), são apresentadas as etapas para o cumprimento da alternativa proposta, o *retrofit* da climatização dos laboratórios. Estas etapas são dispostas na Tabela 40.

Tabela 40 – Etapas para implementação do *retrofit* da climatização dos laboratórios

Etapas do PDCA	Requisito normativo	Categoria	Diretrizes
(P) Planejamento	Planejamento Energético	Objetivos	- <i>Retrofit</i> da climatização (laboratórios); - Redução de 21% do consumo elétrico anual;
		Metas	
(D) Execução	Implementação e Implantação	Planos de ação	- Submissão de projeto em chamadas públicas para obtenção do recurso;
		Aquisição de serviços/ materiais	- Aquisição dos condicionadores <i>inverter</i> ; - Recomenda-se a aquisição do instrumento analisador de energia elétrica, visando contínuo monitoramento elétrico da unidade;
		Controle operacional	- Sugere-se que o planejamento da instalação dos equipamentos seja alinhado entre a Diretoria da instituição e a SUMAI, tendo como objetivo o mínimo de prejuízos às atividades desempenhadas nos ambientes;
(C) Verificação	Verificação	Monitoramento/ medição/ análise	- Monitoramento do consumo elétrico por meio do analisador ou por meio do histórico de consumo; - Obtenção de indicadores e comparativo com os indicadores estimados;
		Não conformidades/ ação corretiva	- Verificação de perdas térmicas nos ambientes propensos à instalação; - Tratamento de não conformidades associadas às perdas térmicas, por meio da equipe de manutenção da instituição;

Etapas do PDCA	Requisito normativo	Categoria	Diretrizes
(A) Ação	Análise Crítica pela Direção	Geral	- Analisar o comportamento do consumo elétrico - diário e mensal; - Analisar se houve melhoria no desempenho por meio do indicador "consumo elétrico mensal", ou "consumo elétrico por m ² ".

O cumprimento destas etapas fundamentadas no PDCA, dispostas na norma ABNT NBR ISO 50001 (2018), contribui com a melhoria contínua da alternativa proposta para a melhoria do desempenho energético no uso final da climatização.

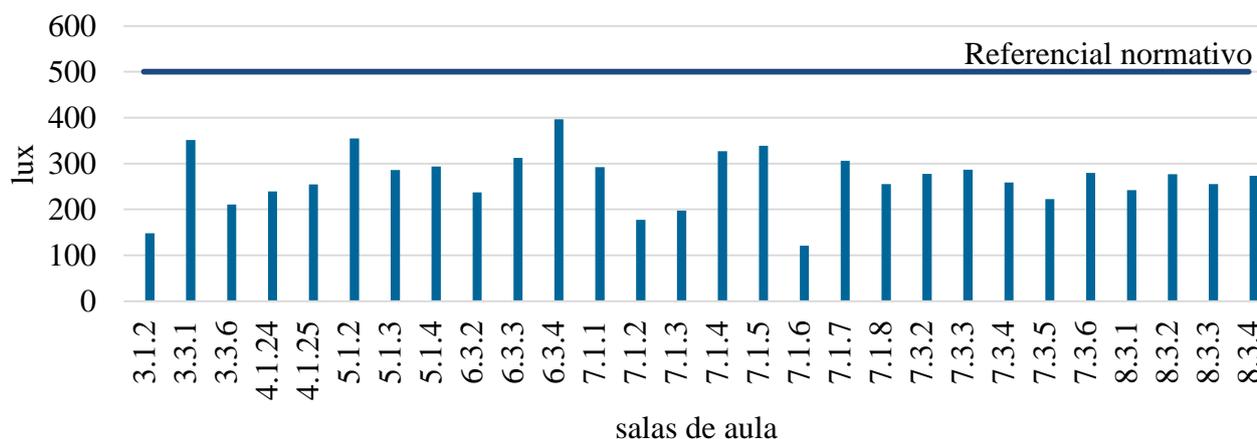
A subseção seguinte aborda alternativa para melhoria do desempenho no uso final da iluminação.

5.3.3.2. Iluminação

O sistema de iluminação da Escola Politécnica da UFBA responde por apenas 7% do consumo de energia por uso final, sendo que apenas 34% do sistema de iluminação é composto por lâmpadas do tipo LED.

Visando quantificar o desempenho lumínico das instalações da instituição, realizou-se uma análise prévia da iluminância em vinte e oito salas de aula e comparou-se estes resultados com os níveis de iluminância previstos da norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1 (2013). De acordo com a norma, para as construções educacionais de categoria “salas de aulas noturnas, classes e educação de adultos” a iluminância média do ambiente não deve ser inferior a 500 lux (previamente apresentada na Tabela 8 da subseção 2.4.2).

A Figura 51 apresenta a comparação da iluminância média em cada ambiente e níveis de iluminância exigidos pela norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1 (2013).

Figura 51 – Iluminância média Escola Politécnica

Através da análise das amostras, constata-se que nenhuma das salas de aula apresenta conformidade com a iluminância exigida pela norma. Nestes ambientes identificou-se a presença de lâmpadas LED (marca *DSW*, modelo tubular T8 1,20m X 26mm diâmetro, potência 18W, fluxo luminoso 1.850 lm) e lâmpadas Fluorescentes (marca *Philips*, modelo tubular T8 1,20m X 26mm diâmetro, potência 32W, fluxo luminoso 2.350 lm).

Além disso, identificou-se que mesmo as salas de aula que possuem toda iluminação do tipo LED, apresentaram resultados de iluminância insatisfatórios quando comparado com o referencial normativo. Dentre estas salas de aula estão as salas, 3.1.2; 3.3.6; 4.1.24; 4.1.25; 7.1.1; 7.1.2; 7.1.3; 7.1.4; 7.3.3; 7.3.4; e 7.3.6. Tal fato pode estar associado tanto ao número insuficiente de lâmpadas, quanto à distribuição inadequada de luminárias no ambiente.

A Escola Politécnica vem implementando um mecanismo de substituição contínua (ou *retrofit* contínuo), que consiste na substituição das lâmpadas antigas, sobretudo fluorescentes, por lâmpadas LED, que ocorre na medida em que as antigas vão queimando. Propõe-se neste estudo a substituição de todas as lâmpadas antigas que ainda não queimaram por lâmpadas LED de características equivalentes: devem ser de luz branca 6.500 K, e também adequadas para serem instaladas nas luminárias existentes. Além destas são propostas alternativas de verificação, manutenção e boas práticas que apoiem o *retrofit* proposto.

A Tabela 41 reúne as principais alternativas para a melhoria do desempenho energético do sistema de iluminação da Escola Politécnica.

Tabela 41 – Alternativas propostas para Iluminação

Alternativa	Diretrizes	Classificação do investimento
Retrofit iluminação	(1) Substituição de lâmpadas existentes por lâmpadas LED;	Investimento necessário
Verificação	(2) Verificação do nível de iluminância de todos os ambientes iluminados artificialmente;	Sem custo
Manutenção	(3) Realização de cálculo luminotécnico para adequação ABNT NBR ISO/CIE 8995-1; (4) Limpeza contínua das lâmpadas e luminárias para permitir a reflexão máxima da luz;	Sem custo
Boas práticas	(5) Acionamento do sistema de iluminação somente onde não haja iluminação natural suficiente; (6) Acionamento do sistema de iluminação apenas quando houver ocupação.	Sem custo

A seguir, são detalhadas as alternativas propostas para melhoria do desempenho energético no uso final da iluminação.

Na alternativa de *retrofit* do sistema de iluminação (1), propõe-se a substituição total de lâmpadas em uma única intervenção. As lâmpadas fluorescentes de modelos espiral e compacta seriam substituídas por lâmpadas LED de modelo bulbo, devido a disponibilidade das empresas fornecedoras. Pela mesma razão, as lâmpadas fluorescentes de modelo T10 (1,20m X 33mm diâmetro) seriam substituídas lâmpadas LED de modelo T8 (1,20m X 26mm diâmetro). As lâmpadas LED já instaladas na edificação seriam mantidas no sistema proposto.

Objetiva-se com essa alternativa a redução da carga do sistema, e em paralelo melhorar a eficiência luminosa. A Tabela 42 relaciona o uso e consumo de energia do sistema de iluminação atual e do sistema proposto com o *retrofit* da iluminação da Escola Politécnica.

Tabela 42 – Sistema de iluminação atual e sistema proposto - *Retrofit* edificação

Sistema Atual				Sistema Proposto				
Lâmpada	Qtd.	Potência Instalada (kW)	Consumo (kWh/ano)	Lâmpada	Temperatura de cor (K)	Eficiência Luminosa (lm/W)	Potência Instalada (kW)	Consumo (kWh/ano)
Tubular T8 FCF	2.087	66,80	52.010	Tubular T8 Led	6.500	102,8	37,57	29.214

Lâmpada	Qtd.	Sistema Atual		Lâmpada	Temperatura de cor (K)	Sistema Proposto		
		Potência Instalada (kW)	Consumo (kWh/ano)			Eficiência Luminosa (lm/W)	Potência Instalada (kW)	Consumo (kWh/ano)
Tubular T5 FCF	51	2,55	1.992	Tubular T5 Led	6.500	105,6	0,51	398
Compacta FCF	147	2,85	1.762	Bulbo Led	6.500	89,2	1,57	1.077
Refletor FCF	17	1,70	1.990	Refletor Led	6.500	75	0,85	995
Bulbo FCF	43	0,77	997	Bulbo Led	6.500	89,2	0,39	419
Tubular T10 FCF	8	0,32	252	Tubular T8 Led	6.500	102,8	0,07	57
Espiral FCF	15	0,23	144	Bulbo Led	6.500	89,2	0,14	86
Arandela FCF	1	0,03	17	Bulbo Led	6.500	89,2	0,01	6
Dicrónica Halógena	17	0,60	568	Dicrónica Led	2.700	93,3	0,13	109
Bulbo Incand.	11	0,44	280	Bulbo Led	6.500	89,2	0,10	63
Total	2.397	76,28	60.011	-	-	-	41,00	32.423

A proposta resulta na redução de 36% da potência instalada do sistema de iluminação. Estima-se que a operação das lâmpadas em condições equivalentes resulta numa redução do consumo elétrico anual de 27.588 kWh/ano.

A Tabela 43 detalha o uso e consumo de energia do sistema atual e do sistema previsto após a substituição da iluminação da edificação.

Tabela 43 – Resultados do sistema de iluminação proposto - *Retrofit* edificação

Uso e consumo de energia	Sistema atual	Sistema Proposto	Comparação (Atual - Proposto)	% Redução
Potência iluminação kW	97	62	35	36%
Consumo iluminação kWh/ano	79.896	52.308	27.588	35%

Uso e consumo de energia	Sistema atual	Sistema Proposto	Comparação (Atual - Proposto)	% Redução
Potência instalada Edificação kW	1.738	1.703	35	2%
Consumo Edificação kWh/ano	1.086.434	1.058.847	27.588	3%

O *retrofit* da iluminação resulta em uma redução de consumo elétrico anual de apenas 3%, o que se deve ao fato de que o sistema de iluminação responde por uma pequena parcela do consumo elétrico por uso final (7%), conforme indicado pela revisão energética. Apesar disso, o *retrofit* da iluminação possibilita o aumento da vida útil do sistema de iluminação da edificação, já que as lâmpadas LED possuem maior durabilidade e, como consequência, proporciona a redução da frequência de substituição e manutenção das lâmpadas.

Em se tratando de alternativa de verificação, proposta na Tabela 41, tem-se a verificação do nível de iluminância de todos os ambientes iluminados artificialmente (2), e a realização de cálculo luminotécnico para adequação ABNT NBR ISO/CIE 8995-1 (3). Um estudo preliminar realizado nas 28 salas evidenciou, nesses ambientes, a necessidade de ajuste no número de lâmpadas e na distribuição das luminárias para atendimento a iluminância requisitada pela norma (500 lux).

Foi realizado um estudo luminotécnico para identificar quantas luminárias seriam necessárias para atender a iluminância requerida pela norma, adotando-se como referência a lâmpada proposta neste estudo (fabricante *Brilia* linha *smart* modelo T8 LED 120 cm 18W 6.500K 1.850lm) e a luminária de sobrepor do fabricante *Lumicenter* modelo 01 – S232.

Como resultado, identificou-se que todas salas de aula necessitam de maior número de luminárias além das que já estão instaladas, além de um novo *layout* para distribuição das luminárias. A Tabela 44 relaciona o sistema atual e o sistema proposto para atendimento à iluminância requisitada pela norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1 (2013).

Tabela 44 – Proposta para readequação da iluminância

Sala	Sistema atual				Sistema Proposto			
	Iluminância média (lux)	Luminárias	Lâmpadas LED	Lâmpadas FCF	Iluminância média (lux)	Luminárias	Lâmpadas LED	
3.1.2	148	6	12	0	583	10	20	
3.3.1	351	9	0	18	609	20	40	

Sala	Sistema atual				Sistema Proposto		
	Iluminância média (lux)	Luminárias	Lâmpadas LED	Lâmpadas FCF	Iluminância média (lux)	Luminárias	Lâmpadas LED
3.3.6	211	2	4	0	670	4	8
4.1.24	239	4	8	0	581	9	18
4.1.25	255	4	8	0	644	12	24
5.1.2	355	6	2	10	545	12	24
5.1.3	286	11	18	4	554	18	36
5.1.4	293	9	7	10	611	24	48
6.3.2	237	10	4	15	610	24	48
6.3.3	312	8	4	12	565	15	30
6.3.4	397	4	12	4	567	15	30
7.1.1	292	8	16	0	584	12	24
7.1.2	177	6	12	0	562	15	30
7.1.3	197	8	16	0	605	24	48
7.1.4	327	8	16	0	541	12	24
7.1.5	339	10	10	10	562	15	30
7.1.6	121	5	4	6	567	25	50
7.1.7	306	18	12	22	570	25	50
7.1.8	256	12	16	16	596	24	48
7.3.2	278	9	14	4	563	15	30
7.3.3	286	11	28	0	570	25	50
7.3.4	259	8	16	0	541	12	12
7.3.5	222	11	12	10	612	24	24
7.3.6	280	9	17	0	556	15	30
8.3.1	242	5	6	2	620	12	24
8.3.2	277	5	6	4	620	12	24
8.3.3	255	5	2	6	620	12	24
8.3.4	274	5	2	8	620	12	24
Total	-	216	284	161	-	454	872

Nota-se que em todas as salas de aula é necessário aumentar o número de luminárias, e como consequência, adotar novo *layout* para alocação das luminárias no ambiente, tendo como objetivo a adequação da iluminância recomendada pela norma.

A Figura 52 ilustra o *layout* atual da sala 7.1.1 e o *layout* proposto adequação da iluminância.

Figura 52 – *Layout* atual e proposto (sala 7.1.1)

Recomenda-se também que após o *retrofit* de iluminação sejam aferidos novamente os níveis de iluminância em cada ambiente, e comparados com os parâmetros da ABNT NBR ISO/CIE 8995-1. Caso os níveis de iluminância dos ambientes permaneçam insuficientes, recomenda-se que seja adotada a proposta de readequação da iluminância, dada através da instalação de novas luminárias de acordo com *layout* proposto. O Anexo I apresenta o *layout* da iluminação das vinte e oito salas de aula analisadas.

Junto ao *layout* proposto, recomenda-se que sejam adotados nos ambientes circuitos setorizados, possibilitando a iluminação de áreas específicas por meio dos interruptores.

Em se tratando das alternativas de manutenção e boas práticas (indicados na Tabela 41), recomenda-se a limpeza contínua de lâmpadas e luminárias objetivando o aproveitamento máximo da luz (4), o acionamento do sistema de iluminação somente onde não houver iluminação natural suficiente (5), e o acionamento do sistema de iluminação apenas quando houver ocupação (6).

Estas propostas visam à redução de desperdícios e, por esta razão, devem ser regulamentadas e implementadas na instituição de maneira contínua.

A revisão energética permitiu também identificar que o sistema de iluminação dos corredores e patamares de escadas é acionado manualmente a partir das 17h30min. A partir das 22h, após a finalização das aulas da graduação, as lâmpadas dos corredores são desligadas

manualmente pelos vigilantes, sendo mantidas acesas apenas as lâmpadas dos patamares das escadas (por medida de segurança).

Dessa forma, a iluminação dos patamares e corredores é ativada independente do fluxo de pessoas presente. Nesse aspecto, entende-se que os sensores de presença possibilitariam a redução de desperdício, de modo que, em ambientes vazios, o sistema de iluminação não seria acionado. Além destes, há também os relés temporizadores, que permitiriam o comando temporizado das cargas elétricas dos circuitos de iluminação. Esta alternativa, além de dispensar o acionamento manual das áreas comuns, impediriam que sistema seja ativado desnecessariamente e, como consequência, ocasionaria a redução dos desperdícios.

Apesar das diversas alternativas identificadas para a melhoria do desempenho energético da Escola Politécnica no uso final de iluminação, têm-se como principal o *retrofit* da iluminação, dado através da substituição das lâmpadas instaladas por lâmpadas do tipo LED. Esta alternativa foi escolhida para continuação deste estudo, por meio da análise de investimento e estudo de viabilidade econômica, detalhado no Anexo J.

O estudo de viabilidade econômica da alternativa de *retrofit* do sistema de iluminação apresentou resultados dos indicadores econômicos Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e Tempo de Retorno do Investimento (*Payback*) detalhados na Tabela 45.

Tabela 45 – Indicadores econômicos iluminação - *Retrofit* edificação

Indicadores	Valor
Investimento	R\$ 57.280
Economia	R\$ 40.288/ano
TMA	20% a.a
VPL	R\$ 63.081
TIR	64%
<i>Payback</i> simples	1 ano e 5 meses

Tendo em vista que o Valor Presente Líquido foi de R\$ 63.081 e a Taxa Interna de Retorno foi de 64%, sendo maior que Taxa Mínima de Atratividade (20%), conclui-se que a alternativa consegue pagar o investimento num período de 1 ano e 5 meses, e ainda gerar economias ao longo da vida útil do sistema, ou seja, a alternativa é economicamente viável.

Considerando a metodologia do Sistema de Gestão Energia proposto pela norma ABNT NBR ISO 50001 (2018), são apresentadas as etapas para o cumprimento da alternativa

proposta, o *retrofit* da iluminação da Escola Politécnica. Estas etapas são dispostas na Tabela 46.

Tabela 46 – Etapas para implementação do *retrofit* da iluminação da edificação

Etapas do PDCA	Requisito normativo	Categoria	Diretrizes
(P) Planejamento	Planejamento Energético	Objetivo	- <i>Retrofit</i> da iluminação da edificação; - Redução de 3% do consumo elétrico anual; - Submissão de projeto em chamadas públicas para obtenção do recurso;
		Meta	
(D) Execução	Implementação e Implantação	Planos de ação	- Aquisição de lâmpadas LED; - Recomenda-se a aquisição do instrumento analisador de energia elétrica, visando contínuo monitoramento elétrico da unidade; - Sugere-se que o planejamento da instalação dos equipamentos seja alinhado entre a Diretoria da instituição e a SUMAI, considerando a possibilidade de instalação ao sábados ou domingos, período em que a ocupação da edificação é reduzida;
		Aquisição de serviços/ materiais	
		Controle operacional	
(C) Verificação	Verificação	Monitoramento/ medição/ análise	- Monitoramento do consumo elétrico por meio do analisador ou por meio do histórico de consumo; - Obtenção de indicadores e comparativo com os indicadores estimados; - Verificação do atendimento dos ambientes da edificação ao nível de iluminância previsto pela norma de ABNT NBR ISO/CIE 8995-1 (2013); - Tratamento de não conformidades associadas iluminância insuficiente (aumento do número de luminárias, adequação de <i>layout</i>)
		Não conformidades/ ação corretiva	
(A) Ação	Análise Crítica pela Direção	Geral	- Analisar o comportamento do consumo elétrico - diário e mensal; - Analisar se houve melhoria no desempenho por meio do indicador "consumo elétrico mensal", ou "consumo elétrico por m ² ".

O cumprimento dessas etapas fundamentadas no PDCA, dispostas na norma ABNT NBR ISO 50001 (2018), contribui com a melhoria contínua da alternativa proposta para a melhoria do desempenho energético no uso final da iluminação.

Como mecanismo de obtenção do recurso financeiro previsto neste estudo, recomenda-se o financiamento por meio de submissão de projeto no Programa de Eficiência Energética (PEE) da concessionária (COELBA), cujo processo é divulgado anualmente por meio de chamadas públicas. O PEE vem oportunizando a implementação para projetos de eficiência energética em universidades públicas e privadas por meio de financiamentos (o Apêndice C reúne as principais fontes de financiamento e captação de recursos para esse objetivo).

As principais alternativas propostas para a melhoria do desempenho energético da Escola Politécnica da UFBA requerem investimento para a implementação. A Tabela 47 apresenta uma avaliação geral da análise de investimento, do estudo de viabilidade econômica e dos resultados estimados para as alternativas que requerem investimento.

Tabela 47 – Resultados das alternativas propostas

Projeto	Alternativa Proposta	Redução do consumo kWh/ano	Economia R\$/ano	Investimento R\$
A	<i>Retrofit</i> Climatização - Laboratórios	232.720	R\$ 339.345	R\$ 302.286
	<i>Retrofit</i> Iluminação - Edificação	27.588	R\$ 40.228	R\$ 57.280
	Total	260.308	R\$ 379.573	R\$ 359.566
B	<i>Retrofit</i> Climatização - Edificação	540.710	R\$ 788.445	R\$ 684.106
	<i>Retrofit</i> Iluminação - Edificação	27.588	R\$ 40.228	R\$ 57.280
	Total	568.298	R\$ 828.672	R\$ 741.386

O Projeto A, embora menos robusto, apresenta potencial de conservação de energia de 24%, que pode ser ampliado a partir das alternativas de apoio a ventilação, mudança de hábitos e manutenção das instalações, e como resultado configura uma alternativa mais econômica e sustentável.

O Projeto B configura um potencial de conservação de energia de 52%. Apesar disso, este projeto não permite maior exploração da redução do consumo a partir da ventilação natural e

mudanças de hábitos, de modo que embora configure uma alternativa mais econômica, implica desperdícios energéticos do ponto de vista do uso.

Abaixo, são propostas alternativas de gestão de energia por meio do contrato de fornecimento de energia elétrica da unidade consumidora.

5.3.3.3. *Contrato de Fornecimento*

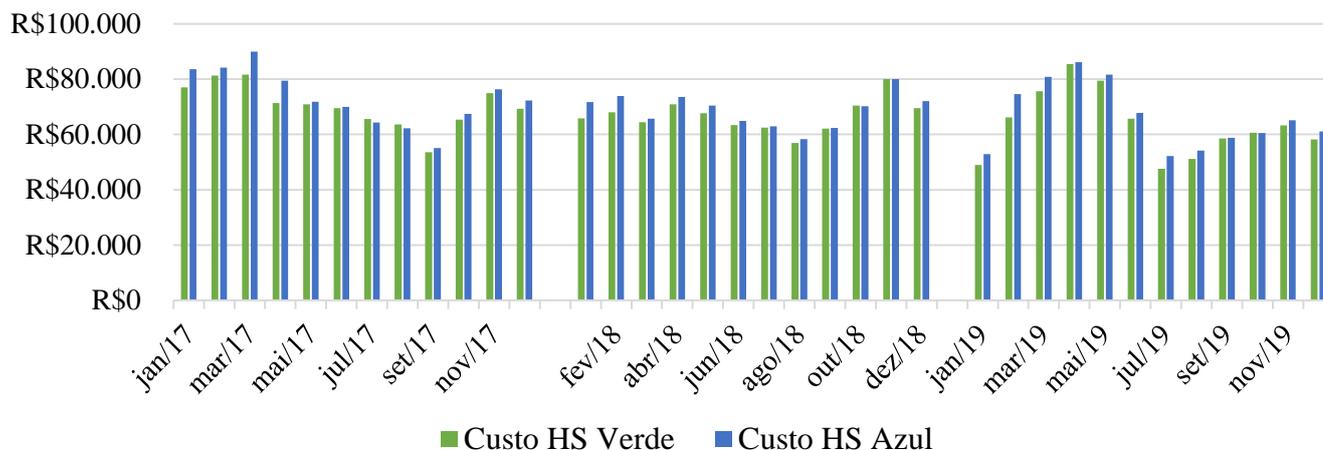
Dentre as alternativas para a gestão de energia por meio do contrato de fornecimento, tem-se a migração entre modalidades tarifárias (tarifa azul e tarifa verde), e a migração de consumidores para o Ambiente de Contratação Livre (ACL). O ACL oferece aos consumidores a possibilidade de negociar condições comerciais de contratação de energia.

Na modalidade tarifária horo-sazonal verde, são aplicados preços diferenciados para o consumo de energia (ponta seca, ponta úmida, fora de ponta seca e fora de ponta úmida), e preço único para a demanda de potência. Na modalidade tarifária horo-sazonal azul, também são aplicados preços diferenciados para consumo de energia (ponta seca, ponta úmida, fora de ponta seca e fora de ponta úmida), contudo, a demanda de potência apresenta preço diferenciado, ou seja, demanda de potência na ponta e fora de ponta.

A Escola Politécnica da UFBA possui modalidade tarifária do tipo horo-sazonal verde. A revisão energética indicou que o perfil de consumo (ativo e reativo) e de demanda são maiores no horário fora de ponta.

Para identificar a opção tarifária mais adequada para a instituição, foram realizadas simulações nas modalidades tarifárias horo-sazonal verde e horo-sazonal azul, tendo como base o histórico de consumo elétrico. Para tal comparação, foram utilizados valores da tabela de tarifas e preços finais de energia elétrica da Coelba, acrescidos do ICMS associados ao Grupo A, Classes A4 - Poder Público Federal (COELBA, 2020b).

A Figura 53 ilustra a comparação econômica entre a opção horo-sazonal verde (vigente) e azul.

Figura 53 – Comparações tarifárias entre as opções horo-sazonais verde e azul

Através da Figura 53 é possível constatar que a opção horo-sazonal verde é economicamente mais vantajosa. A opção horo-sazonal azul resulta em acréscimos mensais equivalentes R\$ 2.791. Desta forma, o contato da unidade consumidora está devidamente classificado no subgrupo tarifário A4, modalidade horo-sazonal verde.

Entre os anos de 2017 e 2019 não foi identificada a ultrapassagem da demanda contratada. A partir do mês de Novembro de 2019, houve a redução da demanda contratada de 457 kW para 395 kW, sendo esse rebaixamento adequado, considerando que a demanda medida na unidade consumidora oscila entre 261 e 343 kW.

Considerando que o histórico de consumo indicou baixo fator de potência, registrado pelo consumo reativo excedente, realizou-se o cálculo para identificar as despesas mensais com o reativo excedente. Verificou-se que o faturamento do consumo reativo excedente entre os anos 2017 a 2019 totalizou R\$ 680. Estas despesas são muito baixas, e não justificam investimento em banco de capacitores para correção do fator de potência da unidade consumidora.

Atenta-se para o fato de que cerca de 30% das despesas com a concessionária na Escola Politécnica concentra-se em multas e juros por atrasos de pagamento. Desta forma, a efetivação de pagamento da fatura dentro do prazo de vencimento configura uma oportunidade para redução das despesas em energia elétrica da unidade.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A maior parte das metodologias de gestão de energia aplicáveis a Universidades Federais Brasileiras apresenta aspectos comuns, tais como processos de identificação do uso e consumo energético, de monitoramento, de verificação e de formação de liderança. Contudo, o modelo de gestão de energia proposto pela norma ABNT NBR ISO 50001 (2018) “Sistema de Gestão de Energia – Requisitos com orientação para uso” é o único fundamentado na melhoria contínua do PDCA, configurando uma abordagem sistemática, estruturada em processos sucessivos de monitoramento, análise, controle, e tratamento de não conformidades, os quais permitem o aprimoramento do Sistema de Gestão de Energia (SGE).

Como consequência deste processo de aprimoramento, tem-se a melhoria continuada do desempenho energético da organização. Portanto, a metodologia proposta pela ISO 50001 para a implementação de um sistema de gestão de energia, pode ser utilizada como modelo para estabelecimento da gestão energética em Universidades Federais Brasileiras, sobretudo para aquelas que não possuem um modelo de gestão de energia, ou para aquelas que objetivam o aprimoramento da gestão vigente.

Tendo como base o requisito normativo “Planejamento Energético”, foi possível identificar que na Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia (EPUFBA) o uso significativo de energia (USE) concentra-se na climatização. As medidas propostas para a melhoria do desempenho energético da instituição consistem em:

a. *Retrofit* da climatização dos laboratórios (através da substituição de condicionadores convencionais por condicionadores *inverter*); e

b. *Retrofit* da iluminação da edificação (por meio da substituição de lâmpadas existentes por lâmpadas LED).

Os *retrofits* propostos devem ser acompanhados de medidas de verificação, manutenção e boas práticas, visando à redução de desperdícios energéticos e o melhor aproveitamento dos recursos naturais (ventilação e iluminação). Ao analisar os indicadores econômicos das alternativas propostas, Valor Presente Líquido (VPL); Taxa Interna de Retorno (TIR); e *Payback*, verificou-se $TIR > TMA$ e VPL positivo, indicando que o *retrofit* da iluminação e o *retrofit* da climatização são alternativas economicamente viáveis. Estas medidas, em conjunto, resultariam na redução de consumo elétrico anual de 24%, o que corresponde a uma redução de

custo de R\$ 379.573/ano. O tempo de retorno de investimento dessas medidas foi calculado em dezessete meses.

O estudo da Linha de Base Energética (LBE) indicou a eficácia das medidas restritivas implementadas no campus entre Julho/2019 e Fevereiro/2020, demonstrando uma redução do consumo elétrico de 15%, equivalente a 99.878 kWh poupados neste período.

O estudo da LBE indicou a necessidade de refinamento de dados de ocupação (número de ocupantes por hora em cada ambiente) e dados climáticos referentes a cada ambiente (velocidade do vento, temperatura do ar, umidade relativa). Estima-se que o detalhamento desses dados auxilia na definição de LBE por meio de modelo estatístico.

O indicador de desempenho energético “Consumo Médio por m²” resultou 55 kWh/m²/ano, ao passo que o indicador “Consumo Médio por Aluno” resultou 62kWh/aluno/mês. Esses indicadores auxiliam o monitoramento permanente do desempenho energético através da comparação com a linha de base.

A análise do indicador Consumo Médio por m² apresentou um bom desempenho quando comparado às demais universidades, e oferece oportunidade para melhoria a partir da implementação dos projetos propostos neste estudo. Porém, atenta-se para o fato de que os indicadores da Escola Politécnica da UFBA devem ser comparados com indicadores de campus universitários contidos na mesmo zoneamento bioclimático da cidade de Salvador (Zona 8), e com os mesmos usos de energia, ou seja, instituições climatizadas artificialmente.

Entende-se que a redução do consumo de energia da Escola Politécnica da UFBA não implica somente na redução de custos, mas auxilia na minimização do impacto ambiental da instituição, por meio da redução das emissões de CO₂ e outros gases associados ao aquecimento global. A redução do consumo elétrico no setor de edificações pode ser alcançada por meio de medidas de eficiência energética e gestão de energia, e configuram uma oportunidade para que o Brasil alcance melhor classificação no *ranking* mundial de eficiência energética.

Nesse sentido, as Universidades Federais Brasileiras, que totalizam sessenta e três ao longo no território nacional, são um interessante ponto de partida para a expansão da eficiência energética e da gestão de energia no Brasil, devido à possibilidade de implementação de práticas (e tecnologias) de elevado rendimento energético, o que colabora com a conscientização da população universitária para a adoção de novos hábitos de consumo. Soma-se o fato de que esta

possível mudança de consciência e de hábitos de consumo dos usuários pode ainda ser replicada para além do ambiente acadêmico. Desta forma, entende-se que a implementação de medidas de eficiência energética e gestão de energia, em Universidades Federais Brasileiras, imprimem nestas instituições um caráter demonstrativo e indutor que se diferencia e se destaca das demais tipologias de edificação.

Esse estudo permitiu identificar a importância de uma equipe de gestão de energia junto a unidade consumidora. Essa equipe, definida pela norma ABNT NBR ISO 50001 (2018) como alta direção, pode ser identificada como ponto estrutural do SGE, justamente por definir e disseminar a política energética da organização, além de estabelecer e assegurar o cumprimento dos objetivos e metas propostas. A formação de uma equipe de alta direção na Escola Politécnica é oportuna, e pode ser considerada como o ponto de partida para a implementação da gestão energética nos moldes da ISO 50001 (2018).

Como recomendações para pesquisas futuras na Escola Politécnica da UFBA, são propostos os seguintes itens:

- Realização de estudo detalhado das variáveis climáticas e de população em todos ambientes da edificação, que associado aos dados de consumo elétrico diário possibilitem a definição de Linha de Base Energética a partir de modelo estatístico (regressão linear);
- Um estudo direcionado ao uso final da climatização, considerando a quantificação de perdas de energia e a avaliação do conforto térmico do usuário nos ambientes climatizados; e
- Estudo de viabilidade econômica da migração do Ambiente de Contratação Regulada (ACR) para o Ambiente de Contratação Livre (ACL).

REFERÊNCIAS

A3P - Agenda Ambiental na Administração Pública; MMA - Ministério do Meio Ambiente. Sobre a A3P. Disponível em: <<http://a3p.mma.gov.br/>>. Acesso em: 26 abril 2020.

ABESCO – Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia. Empresa de Serviços de Energia - ESCO. Disponível em: <<http://www.abesco.com.br/pt/o-que-e-uma-empresa-esco/>> Acesso em: 1 maio 2020.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.821: Esquadrias para edificações - Parte 4: Esquadrias externas – Requisitos adicionais de desempenho.** Rio de Janeiro, 2017.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-3: Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social.** Rio de Janeiro, 2005.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16401: Sistemas centrais e unitários - Parte 2: Parâmetros de conforto térmico.** Rio de Janeiro, 2008.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO - 50006: Sistemas de gerenciamento de energia - Medição do desempenho energético com base na energia e indicadores de desempenho energético - Princípios e orientações gerais.** Rio de Janeiro, 2016.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 19011: Diretrizes para auditoria de sistemas de gestão.** Rio de Janeiro, 2018.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 50001: Sistemas de gestão da energia - Requisitos com orientação para uso.** Rio de Janeiro, 2011.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 50001: Sistemas de gestão da energia - Requisitos com orientação para uso.** Rio de Janeiro, 2018.

ACEEE – American Council for an Energy-Efficient Economy. The 2018 International Energy Efficiency Scorecard. Disponível em: <<https://www.aceee.org/sites/default/files/publications/researchreports/i1801.pdf>>. Acesso em: 1 maio 2020.

ACHEE – Agência Chilena de Eficiência Energética. **Guía de Implementación de Sistema de gestión de la Energía Basada en ISO 50001.** 3. ed. Santiago, Chile, 2013.

AGUAPURA. Programa Aguapura. Disponível em: <<https://www.aguapuravianet.com.br/web/aguapura/>>. Acesso em: 23 jul. 2020.

AIDA – Associação Industrial do Distrito Aveiro. **Sistema de gestão energética: Guia prático.** AIDA, 2014.

AKSO. Manual do Fabricante. Disponível em: <https://www.akso.com.br/admin/files/arquivos_produtos/15912121678952.pdf>. Acesso em: 23 jul. 2020.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Bandeira tarifária fevereiro 2020. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao/-/asset_publisher/XGPXSqdMFHrE/content/bandeira-tarifaria-sera-verde-em-fevereiro/656877?inheritRedirect=false>. Acesso em: 3 ago. 2020.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Bandeiras Tarifárias - 2019. Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br/bandeiras-tarifarias>> Acesso em: 15 out. 2019.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Chamada 001/2016: Eficiência Energética e Minigeração em Instituições Públicas de Educação Superior. Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br/documents/656831/14930433/Priorit%C3%A1rio+e+Estrat%C3%A9gico+%28Edital+final%29/7817f2ab-0f65-42b8-b8d4-e91a2b61239f>> Acesso em: 3 maio 2018.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Por dentro da conta de luz: Informação de utilidade pública**. Brasília, 2008.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Programa de Eficiência Energética. 2015. Disponível em: < <https://www.aneel.gov.br/programa-eficiencia-energetica> >. Acesso em: 26 abril 2020.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Relação de Projetos de Eficiência Energética concluídos. 2018. Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br/programa-eficiencia-energetica>>. Acesso em: 26 abril 2020.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução ANEEL nº 456/2000. Agência Nacional de Energia Elétrica, 2000.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução Normativa nº 414/2010: Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica de forma atualizada e consolidada. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/bren2010414.pdf>> Acesso em: 15 out. 2019.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução Normativa nº 414/2000: Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica de forma atualizada e consolidada. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/bren2010414.pdf>> Acesso em: 15 out. 2019.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução Normativa nº 414/2010. Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br/documents/656877/14486448/bren2010414.pdf/3bd33297-26f9-4ddf-94c3-f01d76d6f14a?version=1.0>>. Acesso em: 3 ago. 2020.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Sua conta de luz por sua conta**. Brasília, 2001.

ASHRAE – American Society of Heating, Refrigerating. **Standard 55:2013 Thermal environmental conditions for human occupancy**. ASHRAE, Atlanta, GA, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO/CIE 8995-1: Iluminação de ambientes de trabalho**. Rio de Janeiro, 2013.

BATLLE, E. A. O.; PALACIO, J. C. E.; LORA, E. E. S.; REYES, A. M. M.; MORENO, M. M.; MOREJÓN, M. B. A methodology to estimate baseline energy use and quantify savings in electrical energy consumption in higher education institution buildings: Case study, Federal University of Itajubá (UNIFEI). **Journal of Cleaner Production**, 2020.

BORDBARI, M. J.; SEIFI, A. R.; RASTEGAR, M. Probabilistic energy consumption analysis in buildings using point estimate method. **Energy**, v. 142, p. 716-722, 2018.

BORGSTEIN, E.; LAMBERTS, R.; ENERGIA, C. T. **Desenvolvimento de benchmarks nacionais de consumo energético de edificações em operação**. CBCS, São Paulo, 2014.

BOTELHO, M. P. **Análise de projeto de eficiência energética em instituição do segmento de educação**. Dissertação (Mestrado em Programa de Pós-Graduação de Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul), Porto Alegre, 2018.

BRASIL. Decreto nº 5.940, de 25 de out. de 2006. Brasília: Casa Civil. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Decreto/D5940.htm>. Acesso em: 27 abril 2020.

BRASIL. Lei nº 13.8081, de 15 de jan. de 2019a. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/lei/L13808.htm#:~:text=Estima%20a%20receita%20e%20fixa,o%20exerc%C3%ADcio%20financeiro%20de%202019%20.&text=III%20%2D%20o%20Or%C3%A7amento%20de%20Investimento,social%20com%20direito%20a%20voto>. Acesso em: 27 abril 2020.

BRASIL. Lei nº 9.741, de 29 de mar. de 2019b. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/decreto/D9741.htm>. Acesso em: 27 abril 2020.

BRASIL. Lei nº 99.656, de 26 de out. de 1990. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/Antigos/D99656.htm>. Acesso em: 27 abril 2020.

BRASIL. Portaria Interministerial nº 244, de 16 de jun. de 2012. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/dides/projeto_esplanada_portaria_n244.pdf>. Acesso em: 27 abril 2020.

BRASIL. Portaria nº 120, de 30 de abril de 2020. Disponível em: <<http://www.in.gov.br/web/dou/-/portaria-n-120/mb-de-23-de-abril-de-2020-254676552>>. Acesso em: 23 julho 2020.

BRASIL. Portaria nº 23, de 12 de fev. de 2015. Disponível em: <http://www.tst.jus.br/documents/10157/12455710/MPOG+-+PORTARIA+N%C2%BA%2023_2015,%20DE+12_2_2015>. Acesso em: 27 abril 2020.

CBCS - Conselho Brasileiro de Construções Sustentáveis. **Desenvolvimento de benchmarks nacionais de consumo energético de edificações em operação**. Conselho Brasileiro de Construções Sustentáveis, 2014.

CBCS; MITSIDI; PROCEL ELETROBRAS. **Guia Prático para Realização de Diagnósticos Energéticos em Edificações**. São Paulo, 2016.

CEBDS – Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável. **Destravando o financiamento à eficiência energética no Brasil: soluções financeiras e não financeiras para os agentes do mercado**. Rio de Janeiro, 2014.

CELG - Companhia Energética de Goiás. Resultado da Chamada Pública PEE CELG Nº 002/2016. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/78137021-Programa-de-eficiencia-energetica-da-celg-distribuicao-s-a-celg-d-resultado-da-chamada-publica-pee-celg-d-no-002-2016.html>>. Acesso em: 23 jul. 2020.

CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais. Guia do melhor consumo. Minas Gerais: Aneel; Cemig, 2014. Disponível em: <https://www.cemig.com.br/pt-br/A_Cemig_e_o_Futuro/sustentabilidade/nossos_programas/Eficiencia_Energetica/Documents/GUIA%20MELHOR%20CONSUMO_CARTILHA.pdf>. Acesso em: 05 jul. 2019.

CHUNG, M. H.; RHEE, E. K. Potential opportunities for energy conservation in existing buildings on university campus: A field survey in Korea. **Energy and Buildings**, v. 78, p. 176-182, 2014.

CIBSE – Chartered Institution of Building Services Engineers. **Guide F: Energy efficiency in buildings**. The Chartered Institution of Building Services Engineers (CIBSE), London, UK, 2012.

CNPE – Conselho Nacional de Política Energética. **Apresentação das principais ações desenvolvidas pelo setor energético para conservação de energia**. 30ª Reunião Ordinária. Brasília, DF, 2015.

COELBA - Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia. Chamada Pública de Projetos REE 001 2019. Disponível em: <<http://servicos.coelba.com.br/a-coelba/Paginas/Efici%C3%Aancia%20Energ%C3%A9tica/chamada-publica-de-projetos-2019.aspx>>. Acesso em: 23 jul. 2020.

COELBA - Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia. Tabela de tarifas e preços finais de energia elétrica Grupo A – Vigência Abril 2020b. Disponível em: <file:///C:/Users/55719/Downloads/coelba-tarifas-precos-grupo-a%20(2).pdf > Acesso em: 26 maio 2020.

COELBA - Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia. Tarifas Grupo A - 2020.a. Disponível em: <[http://servicos.coelba.com.br/residencial- rural/Pages/Alta%20Tens%C3%A3o/tarifas-grupo-a.aspx](http://servicos.coelba.com.br/residencial-<u> rural/Pages/Alta%20Tens%C3%A3o/tarifas-grupo-a.aspx)>. Acesso em: 23 jul. 2020.

CONPET – Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e Gás Natural. CONPET Ação Local. 2012. Disponível em: <http://www.conpet.gov.br/portal/conpet/pt_br/conteudo-gerais/conpet.shtml>. Acesso em: 26 abril 2020.

COPEL - Companhia Paranaense de Energia. Audiência Pública 2018. Disponível em: <<https://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Froot%2Fpagcop el2.nsf%2Fdocs%2F6A5F84936BC5DEF183258248004F056A>>. Acesso em: 23 jul. 2020.

COSTA, C. A. **105 Anos da Escola Politécnica da UFBA**. Salvador: P&A Gráfica e Editora, 2003. ISBN 8586268348.

COSTA, M. L. S. **Análise do conforto térmico em salas de aula da UFBA utilizando a ventilação natural**. Qualificação de tese (Doutorado em Programa de Pós-graduação em Engenharia Industrial da Universidade Federal da Bahia). Salvador, 2019.

COSTA, M. L.; FREIRE, M. R.; KIPERSTOK, A. Strategies for thermal comfort in university buildings - The case of the faculty of architecture at the Federal University of Bahia, Brazil. **Journal of Environmental Management**, 2019.

CPFL Energia. Parceria entre CPFL e IFSP. Disponível em: <[https://www.cpfl.com.br/releases/Paginas/parceria-entre-cpfl-e-ifsp-avare-gerara-economia- de-25-ao-ano-com-eficiencia-energetica.aspx](https://www.cpfl.com.br/releases/Paginas/parceria-entre-cpfl-e-ifsp-avare-gerara-economia-<u> de-25-ao-ano-com-eficiencia-energetica.aspx)>. Acesso em: 23 jul. 2020.

DARBY, H.; ELMUALIM, A.; CLEMENTS-CROOME, D.; YEARLEY, T.; BOX, W. Influence of occupants' behaviour on energy and carbon emission reduction in a higher education building in the UK. **Intelligent Buildings International**, 2016.

DIAKAKI, C.; GRIGOROUDIS, E.; KOLOKOTSA, D. Towards a multi-objective optimization approach for improving energy efficiency in buildings. **Energy and buildings**, 2008.

DICIONÁRIO FINANCEIRO. IPCA Acumulado. Disponível em: <<https://www.dicionariofinanceiro.com/ipca/>>. Acesso em: 23 jul. 2020.

DOVÌ, V. G. et al. Cleaner energy for sustainable future. **Journal of Cleaner Production**, v. 17, n. 10, p. 889-895, 2009.

DUMÊT, T. B.; NOVO, M. S.; SOUZA, M. A.; ALVES, A. J. A. **Relatório de Gestão Escola Politécnica da UFBA - ano base 2019**. Salvador, 2020.

ELETROACRE - Companhia de Eletricidade do Acre. Dados para Audiência Pública, 2019. Disponível em: <

[%20Audi%C3%Aancia%20P%C3%ABblica%202019%20-%20EAC.pdf](#)>. Acesso em: 23 jul. 2020.

ELETROBRÁS. Chamada Pública Procel Edifica-01/2018. Disponível em: <https://eletrobras.com/pt/AreasdeAtuacao/Chamada_Publica_Procel_Edifica/Edital_Chamada_Publica_Procel_Edifica_2018.pdf>. Acesso em: 22 abril 2020.

ELETROBRÁS. **Dicas de economia de energia por setor de consumo**. ELETROBRAS, 2016.

ELETROBRÁS/ PROCEL. **Manual de iluminação**. Rio de Janeiro, 2011.

ELO - Sistemas Eletrônicos S.A. Manual do Usuário ELO2131TM. Disponível em: <<http://www.elonet.com.br/wp-content/uploads/2017/12/Elo-2131TM.pdf>>. Acesso em: 3 ago. 2020.

ENERGY STAR. Energy Efficient Products. Disponível em: <<https://www.energystar.gov/products/spec>>. Acesso em: 2 maio 2020.

EPA - ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Business Analysis for Energy-Efficiency Investments**. United States, 1998.

EPE - Empresa de Pesquisas Energéticas. Balanço Energético Nacional - Relatório Final 2020. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-479/topico-528/BEN2020_sp.pdf>. Acesso em: 1 maio 2020.

ESCOLA POLITÉCNICA. Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia - Relatório de gestão 2019b. Disponível em: <<http://www.eng.ufba.br/relatorio-de-gestao>> Acesso em: 1 maio 2020.

ESCOLA POLITÉCNICA. Escola Politécnica Fundada em 14 de Março de 1897. 2019a. Disponível em: <<http://www.eng.ufba.br/>>. Acesso em: 12 ago. 2019.

FAVATO, L. B. **Indicadores de eficiência energética em edifícios da USP: concepção, aplicabilidade e desdobramentos energético-ambientais associados**. Dissertação (Mestrado – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo), São Paulo, 2005.

FILHO, J. C. F. A.; SOUZA, C. P.; GONÇALVES, D. A.; CURY, M. V. Q. **Finanças corporativas**. Editora FGV, ed. 11, 2012.

FLIR. Especificações Técnicas. Disponível em: <<https://www.flir.com.br/products/e5/>>. Acesso em: 23 jul. 2020.

FOSSA, A. J.; SGARBI, F. A. **Guia para aplicação da norma ABNT NBR ISO 50001: Gestão de Energia**. International Copper Association (ICA), 2017.

FRANCISCO, R. M. **Análise de participação em chamada pública de projetos de eficiência energética do instituto de ciência e tecnologia do campus universitário de rio das ostras**

da **Universidade Federal Fluminense**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas Computacionais da Universidade Federal Fluminense), Rio das Ostras, 2018.

GARDNER, G.; PRUGH, T.; RENNER, T. **Estado do Mundo 2015: Ameaças Veladas à Sustentabilidade: Como Enfrentar**. 1ª Edição, Brasil, Worldwatch Institute 2015.

GITMAN, L. **Princípios de Administração Financeira**. Editora Pearson, 12ª Edição, 2010.

GIVONI, B. Confort climate analysis and building design guidelines. **Energy and Buildings**, v. 18, [local?], 1992.

GOULART, S. V. G.; LAMBERTS, R.; FIRMINO, S. **Dados climáticos para projeto e avaliação energética de edificações para 14 cidades brasileiras**. Universidade Federal de Santa Catarina, Núcleo de Pesquisa em Construção, Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, 1998.

HAASE, M.; AMATO, A. Sustainable façade design for zero energy buildings in the tropics. **Proceedings of the 23rd Conference on Passive and Low Energy Architecture**, Suíça. 2006.

HIRSCHFELD, H. **Engenharia Econômica e Análise de Custos**. Editora Atlas, ed. 7, 2013.

HUANG, E. G. T. **Entendendo os requisitos da certificação de sistemas de gestão da energia**. **Energia e Sustentabilidade**. SGS, 2011.

IEA – International Energy Agency. The Critical Role of Buildings Perspectives for the Clean Energy Transition - 2019a. Disponível em: <<https://www.iea.org/reports/the-critical-role-of-buildings>>. Acesso em: 6 maio 2020.

IEA – International Energy Agency. World Energy Outlook - 2019b. Disponível em: <<https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2019>>. Acesso em: 1 maio 2020.

IFSULDEMINAS - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas - Campus Poços. Proposta para a Chamada N° 001/2016. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/55787672-If-solares-instituto-federal-de-educacao-ciencia-e-tecnologia-do-sul-de-minas-campus-pocos-de-caldas.html>>. Acesso em: 23 jul. 2020.

INMET- Instituto Nacional de Meteorologia. Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>> Acesso em: 5 fev. 2020.

INSTRUTHERM. Manual do Fabricante. Disponível em: <https://www.instrutherm.net.br/luximetro-mod-ldr-225.html#product_tabs_manual>. Acesso em: 23 jul. de 2020.

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Projeto Esplanada Sustentável, 2013. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=16914>. Acesso em: 26 abril 2020.

IRENA – International Renewable Energy Agency. **Global Energy Transformation – A roadmap to 2050**. IRENA, 2019.

ISO - International Organization for Standardization. **ISO 50001: Energy Management Systems**. Suíça, 2016.

ISO – International Organization for Standardization. **ISO 50002: Energy audits - Requirements with guidance for use**. Suíça, 2014.

ISO - International Organization for Standardization. ISO Survey of certifications to management system standards – 2019 Results. Disponível em: <<https://isotc.iso.org/livelink/livelink?func=ll&objId=18808772&objAction=browse&viewType=1>>. Acesso em: 1 maio 2020.

JAFARI, A.; VALENTIN, V. An optimization framework for building energy retrofits decision-making. **Building and Environment**, 2017.

JANNUZZI, G. M. **Estudo 50: Eficiência Energética no Setor Público**. Perspectivas dos Investimentos Sociais no Brasil (PIS), 2010.

JENSEN, P. A.; TU, K. Establishing the DEA energy management system for individual departments within universities. **Facilities**, 2015.

KAHLENBORN, W.; KABISCH, S.; KLEIN, J., RICHTER, I. **Energy Management Systems in Practice: ISO 50001: A Guide for Companies and Organisations**. BMU: Berlin, Alemanha, 2012.

KIPERSTOK, A.; SILVA, K. F. **Proposta para a retomada do programa de conservação de água no âmbito da gestão ambiental da UFBA**. TECLIM/UFBA, 2018.

KIPERSTOK, A; KIPERSTOK, A. C. Technology Improvements or Influencing User Behaviour for Water Savings in Administrative and University Buildings: Which One Should Come First?. **Frontiers in Civil Engineering**, v. 2, pp. 153-201, 2017.

KOLOKOTSA, D.; KALAITZAKIS, K.; STAVRAKAKIS, G.; TSOUTSOS, T. Applying Genetic Algorithms for the decision support of thermal, visual comfort, indoor air quality and energy efficiency in buildings. **Proceedings of NTUA RENES Conference in Renewable Energy Sources—Priorities in the Liberalization of the Energy Market**, Athens, Greece, 2001.

KOLOKOTSA, D.; NIACHOU, K.; GEROS, V.; KALAITZAKIS, K., STAVRAKAKIS, G. S.; SANTAMOURIS, M. Implementation of an integrated indoor environment and energy management system. **Energy and Buildings**, 2005.

LAMBERTS, R. **Avaliação do Mercado de Eficiência Energética no Brasil: Pesquisa Setor Comercial e Prédios Públicos**. Procel/Eletrobrás, 2007

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. **Eficiência Energética na Arquitetura**. PROCEL, ELETROBRAS, MME. Rio de Janeiro, ed. 3, 2014.

LOPES, D. M. C. **Avaliação operacional do sistema fotovoltaico da Escola Politécnica da UFBA**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica - Universidade Federal da Bahia), Salvador, 2008.

LUMICENTER. Lumicenter Lighting. Disponível em: <<https://www.lumicenteriluminacao.com.br/>>. Acesso em: 3 jul. 2020.

MA, H.; DU, N.; YU, S.; LU, W.; ZHANG, Z.; DENG, N. LI, C. Analysis of typical public building energy consumption in northern China. **Energy Buildings**, v. 136, p. 139-150, 2017.

MA, Z.; COOPER, P.; DALY, D.; LEDO, L. Existing building retrofits: Methodology and state-of-the-art. **Energy and buildings**, v. 55, p. 889-902, 2012

MAGALHÃES, L. C. **Orientações Gerais para Conservação de Energia em Prédios Públicos**. ELETROBRÁS/PROCEL. Brasília, 2001.

MAHLIA, T. M. I.; RAZAK, H. A.; NURSAHIDA, M. A. Life cycle cost analysis and payback period of lighting retrofit at the University of Malaya. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 15, n. 2, p. 1125-1132, 2011.

MALATJI, E. M.; ZHANG, J.; XIA, X. A multiple objective optimisation model for building energy efficiency investment decisions. **Energy and Buildings**, v. 61, p. 81-87, 2013.

ME - Ministério da Economia. Programa de Eficiência do Gasto - 2015. Disponível em: <<http://www.planejamento.gov.br/assuntos/planeja/orcamento-federal/programas/programa-de-eficiencia-do-gasto>>. Acesso em: 26 abril 2020.

MEC – Ministério da Educação. Universidades Federais. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/>>. Acesso em: 7 jul. 2018.

MICROSOFT EXCEL. Microsoft Excel 2013. Computer software. [S.l.]: 2013.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. Benchmarking de consumo energéticos de edifícios públicos. Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/informma/item/11660-benchmarking-de-consumo-energ%C3%A9ticos-de-edif%C3%ADcios-p%C3%BAblicos.html>>. Acesso em: 4 jan. 2020.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Guia prático de eficiência energética**. MMA, Brasília, 2014.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Guia prático: conceitos e ferramentas de gestão e auditoria energéticas**. Brasília, ed. 1, p. 80, 2015. ISBN 978-85-7738-251-4.

MME – Ministério das Minas e Energia; EPE – Empresa de Pesquisas Energéticas. **Plano Nacional de Energia 2030**. Brasília, 2007.

MME – Ministério de Minas e Energia. **Plano Nacional de Eficiência Energética: Premissas e diretrizes básicas**. Brasília, DF, 2011.

MME – Ministério de Minas e Energia. **Plano Nacional de Energia 2030 - Projeções**. Ministério de Minas e Energia; colaboração Empresa de Pesquisa Energética. Brasília: MME: EPE, 2007.

MONITOREE. Plataforma MonitorEE. Disponível em: <<https://plataforma.monitoree.org.br/>>. Acesso em: 4 jan. 2020.

MONTEIRO, M. A. G; ROCHA, L. R. R. **Guia Técnico - Gestão Energética**. Eletrobrás, Rio de Janeiro, 2005.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. **Applied Statistics and Probabilities for Engineers**. John Wiley & Sons, ed. 3, 2003.

MORAES, J. S. **Indicadores Energéticos de Edifícios Públicos: Estudo de Caso da Escola Politécnica–UFBA**. Dissertação (Mestrado em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo da Universidade Federal da Bahia), Salvador, 2007.

MORAES, J. S.; BITTENCOURT, L. S.; BATISTA, J. O. Aceitabilidade e conforto térmico: Caso Escola Politécnica da UFBA. **XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, Maceió, 2014.

MPOG – Ministério de Planejamento Orçamento e Gestão. Instrução Normativa SLTI n.º 2/2014. MPOG. Disponível em: <<https://www.comprasgovernamentais.gov.br/index.php/legislacao/instrucoes-normativas/304-instrucao-normativa-n-2-de-04-de-Junho-de-2014>>. Acesso em: 22 abril 2020.

MPOG – Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Cartilha PEG - Programa de Eficiência de Gasto. Disponível em: <<http://ifsulsustentavel.ifsul.edu.br/wp-content/uploads/2013/08/Cartilha-PEG-Programa-Efici%C3%Aancia-de-Gastos.pdf>>. Acesso em: 26 abril 2020.

NAKAGAWA, A. K. **Caracterização do consumo de água em prédios universitários: o caso da UFBA**. Dissertação (Mestrado em Gerenciamento de Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo da Universidade Federal da Bahia), Salvador, 2008.

NORDELO, A. B.; BONIFAZ, R. D. **Recomendaciones metodológicas para la implementación de sistemas de gestión de la energía según la norma ISO 50001**. Editorial Universo Sur, 2013. ISBN 978-959-257-360-4, 2013.

OECD - Organisation for Economic Co-operation and Development; IEA – International Energy Agency; IRENA - International Renewable Energy Agency. **Perspectives for energy transition, investment needs for a low-carbon energy system – Executive summary**. OECD; IEA; IRENA, 2017.

OZAWA-MEIDA, L.; WILSON, C.; FLEMING, P.; STUART, G., HOLLAND, C. Institutional, social and individual behavioural effects of energy feedback in public buildings across eleven European cities. **Energy Policy**, 2017.

PEE- PROJETOS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA. PE-00396-0093/2017. Disponível em: <<https://www.cpfl.com.br/energias-sustentaveis/eficiencia-energetica/legislacao/SiteAssets/Paginas/default/Projetos%20EE%20em%20Execu%C3%A7%C3%A3o%202018.pdf>>. Acesso em: 23 jul. 2020.

PES – Projeto Esplanada Sustentável. Sistema Esplanada Sustentável (SisPES). Disponível em: <<https://pes.planejamento.gov.br/private/pages/main.jsf>>. Acesso em: 27 abril 2020.

PINEDA, A. H.; VÁZQUEZ, G. E. C.; DÍAZ, L. F.; GRANADO, R. D. S. **Manual para la implementación de un Sistema de Gestión de la Energía**. Conuee / Giz, 2014.

PORTAL TRANSPARÊNCIA. Despesas e receitas. Disponível em: <<http://www.portaltransparencia.gov.br/>>. Acesso em: 1 maio 2020.

POUPELUZUFBA. Comissão Interna de Conservação de Energia – CICE. Disponível em: <<http://www.poupeluz.ufba.br/comissoes.html>>. Acesso em: 23 jul. 2020.

PROAD – Pró-Reitoria de Administração. Consumo de Energia Elétrica. Disponível em: <<https://proad.ufba.br/monitoramento-contas-de-agua-em-basa-e-energia-coelba>>. Acesso em: 1 maio 2020.

PROCEL – PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA. **Manual de tarifação da energia elétrica**. Procel, 2011.

PROCEL – PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA. **Manual para etiquetagem de edificações públicas**. Procel, 2014.

PROCEL – PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA. **Resultados PROCEL 2015 - Ano base 2014**. PROCEL, 2015.

PROCEL – PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA. **Resultados PROCEL 2017 - Ano base 2016**. PROCEL, 2017.

PROCEL – PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA. **Resultados PROCEL 2019 - Ano base 2018**. PROCEL, 2019.

PROCEL EDIFICA - Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações. Eficiência Energética nas Edificações. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/data/Pages/LUMIS623FE2A5ITEMIDC46E0FFDBD124A0197D2587926254722LUMISADMIN1PTBRIE.htm>> Acesso em: 22 abril 2020.

PROCEL; ELETROBRAS. **Orientações Gerais para Conservação de Energia Elétrica em Prédios Públicos**. Procel, Rio de Janeiro, 2001.

PROCELINFO - Centro Brasileiro de Informação de Eficiência Energética. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/>>. Acesso em: 22 abril 2020.

PROJETEEE - Projetando Edificações Energeticamente Eficientes. Disponível em: <<http://projeteee.mma.gov.br/>>. Acesso em: 16 ago. 2019.

PROJETO 3E - Eficiência Energética em Edificações. **Benchmarking Energético em Edifícios Públicos**. PROJETO 3E - Eficiência Energética em Edificações, 2017.

PROPLAN - Pró-Reitoria de Planejamento e Orçamento. Composição orçamentária - 2020a. Disponível em: <<https://proplan.ufba.br/node/341>>. Acesso em: 23 jul. 2020.

PROPLAN Pró-Reitoria de Planejamento e Orçamento. Relatório Integrado – 2020b. Disponível em: <<https://proplan.ufba.br/documentacao-legislacao/relatorios-gestao>>. Acesso em: 23 jul. 2020.

REI, F. C. F.; GONÇALVES, A. F.; SOUZA, L. P. **Acordo de Paris: Reflexões e desafios para o regime internacional de mudanças climáticas**. Veredas do Direito: Direito Ambiental e Desenvolvimento Sustentável, v. 14, n. 29, p. 81-99, 2017.

RODRIGUES, G. M; SILVA, C. E. J. B.; BARBOSA, F. R. Diagnóstico da viabilidade técnica e econômica para ação de eficiência energética no centro de tecnologia da Universidade Federal do Piauí. **Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia- CONTECC**, 2019.

ROSSI, A. L. **Sistema de gerenciamento de energia em instituição de ensino superior**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná), Pato Branco, 2018.

SAIDEL, M. A.; FAVATO, L. B.; MORALES, C. **Indicadores energéticos e ambientais: Ferramenta importante na gestão da energia elétrica**. PURE USP, São Paulo, 2005.

SÁNCHEZ, A. S. **Análise de Tecnologias e novos sistemas produtivos para fortalecer a segurança energética da região Nordeste do Brasil**. Tese (Doutorado em Programa de Pós-graduação em Engenharia Industrial da Universidade Federal da Bahia), Salvador, 2017.

SÁNCHEZ, A. S. **Aproveitamento de Águas Pluviais na Escola Politécnica da UFBA**. Dissertação (Mestrado em Programa de Pós-graduação em Engenharia Industrial da Universidade Federal da Bahia), Salvador, 2014.

SCHINAZI, A.; FUKUOKA, R.; ORTIZ, M. J. H.; FERRONATO, B.; ISSA, I. **Guia Interativo de Eficiência Energética em Edificações**. MITSIDI PROJETOS, 2018.

SECAF, B. S. O Acordo de Paris. **Agroanalysis**, v. 36, n. 1, p. 34-35, 2016.

SILVA, E. L. **Sistema de automação aplicado a eficiência energética predial em instituições do ensino superior: Um estudo de caso na Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica da Universidade Federal da Bahia), Salvador, 2006.

SILVA, K. R. **Avaliação do potencial de geração de energia elétrica pela instalação de painéis fotovoltaicos nos telhados dos campus do instituto federal de educação, ciência e tecnologia de Goiás**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Sustentáveis do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiânia), Goiânia, 2018.

SOARES, I. **Eficiência Energética e a ISO 50001**. Edições Sílabo, 2015.

SOF – Secretaria de Orçamentos Federais. **Painel 4 Sustentabilidade no Setor Público - IV Fórum Governamental de Gestão Ambiental na Administração Pública**. Brasília, 2009.

SOUZA, H. M. D; LEONELLI, P. A.; PIRES, C. A.; JÚNIOR, V. B.; PEREIRA, R. W. Reflexões sobre os principais programas em eficiência energética existentes no Brasil. **Revista Brasileira de Energia**, v. 15, n. 1, 2009.

SOUZA, P. H. R. **Planejamento de um sistema de gestão de energia elétrica-Estudo de caso: UTFPR-Câmpus Medianeira**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Tecnológica Federal do Paraná), 2017.

STEFANO, J. D. **Energy efficiency and the environment: the potential for energy efficient lighting to save energy and reduce carbon dioxide emissions at Melbourne University, Australia**. *Energy*, v. 25, n. 9, p. 823-839, 2000.

SUMAI - Superintendência de Meio Ambiente e Infraestrutura. Disponível em: <<https://sumai.ufba.br/sumai>>. Acesso em: 10 ago. 2019a.

SUMAI - Superintendência de Meio Ambiente e Infraestrutura. Projeto de Pesquisa / Elevadores EPUFBA [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <eduardo.siqueira@ufba.br>. Em: 26 jun. 2019d.

SUMAI – Superintendência de Meio Ambiente e Infraestrutura. Relatório de Gestão do Exercício. SUMAI, 2018

SUPAC – Superintendência de Administração Acadêmica (SUPAC). Calendário Acadêmico. Disponível em <<https://supac.ufba.br/calendario-academico-0>>. Acesso em: 11 mar. 2019.

TARQUINO, M. **Escola Politécnica da Bahia. Roteiro do Conjunto Politécnico – Bloco I**. EDUFBA, Salvador, 1960.

TEAM. RStudio: Integrated Development for R. RStudio, Boston, MA. 2016

TECLIM- Rede de Tecnologias Limpas. **Água e Energia nos Prédios Públicos Estaduais: Etapa IV Relatório Final**. TECLIM/SAEB, 2019.

UFAC - Universidade Federal do Acre. Convênio para economia de energia elétrica, 2019. Disponível em: <<http://www.ufac.br/site/noticias/2019/ufac-renova-convenio-para-economia-de-energia-eletrica>>. Acesso em: 23 jul. 2020.

UFBA – Universidade Federal da Bahia. Cortes Orçamentários. 2019. Disponível em: <https://ufba.br/ufba_em_pauta/cortes-orcamentarios-nota-de-esclarecimento-da-universidade-federal-da-bahia>. Acesso em: 27 abril 2020.

UFBA – Universidade Federal da Bahia. Interrupção de atividades. Disponível em: <https://ufba.br/ufba_em_pauta/ufba-interrompe-atividades-por-tempo-indeterminado-em-combate-ao-coronavirus>. Acesso em: 27 abril 2020c.

UFBA – Universidade Federal da Bahia. Itens compõem o orçamento da UFBA. Disponível em: <<https://proplan.ufba.br/node/341>>. Acesso em: 27 abril 2020.

UNILAB - Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira. Projeto de eficiência energética. Disponível em: <<http://www.unilab.edu.br/noticias/2018/08/16/projeto-de-eficiencia-energetica-poe-unilab-como-destaque-em-tecnologias-de-sustentabilidade/>>. Acesso em: 23 jul. 2020.

VIANA, A. N. C.; BORTONI, E. D. C., NOGUEIRA, F. J. H.; HADDAD, J.; NOGUEIRA, L. A. H.; VENTURINI, O. J.; YAMACHITA, R. A. **Eficiência energética: fundamentos e aplicações**. Elektro, Universidade Federal de Itajubá, Excen, Fupai, ed. 1, 2012.

APÊNDICES

Tabela 48 – Lista de Apêndices

APÊNDICE A – Normas de eficiência energética no Brasil
APÊNDICE B – Programas de incentivo a eficiência energética no Brasil
APÊNDICE C – Fontes de Financiamento e Captação de Recursos

APÊNDICE A – Normas de eficiência energética no Brasil

- Decreto nº 99.656/ 1990, dispõe sobre a criação da Comissão Interna de Conservação de Conservação de Energia (CICE) nos órgãos e entidades da Administração Federal direta e indireta. A CICE tem como responsabilidade a proposição, implementação e acompanhamento de medidas efetivas de conservação de energia, bem como o controle e divulgação de resultados e informações relevantes.
- Lei nº 9.478/1997, dispõe sobre a política energética nacional, as atividades relativas ao monopólio do petróleo, institui o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) e a Agência Nacional do Petróleo (ANP). A lei determina os princípios e objetivos da Política Energética Nacional estruturados no aproveitamento racional das fontes de energia, e tem como objetivo a proteção ao meio ambiente e a conservação da energia.
- Decreto nº 2.335/1997, constitui a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), autarquia sob regime especial, aprova sua estrutura regimental e o quadro demonstrativo dos cargos em comissão e funções de confiança e dá outras providências.
- Resolução nº 271/2000, estabelece para as concessionárias e permissionárias do serviço público de distribuição de energia elétrica os critérios de aplicação de recursos em ações de combate ao desperdício de energia elétrica e em pesquisa e desenvolvimento tecnológico do setor elétrico brasileiro.
- Lei nº 9.991/2000, define a obrigatoriedade da realização de investimentos em pesquisa e desenvolvimento, e em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica, e dá outras providências.
- Lei nº 10.295/2001, conhecida como Lei da Eficiência Energética, estabelece níveis máximos de consumo específico de energia, ou mínimos de eficiência energética, de máquinas e aparelhos fabricados ou comercializados no Brasil.
- Decreto nº 4.059/2001, regulamenta a Lei nº 10.295/2001 e institui o Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética (CGIEE), cujas principais atribuições se

direcionam: a. à regulamentação dos níveis máximos de consumo de energia ou mínimos de eficiência energética de aparelhos consumidores de energia; b. ao estabelecimento de Programas de Metas com indicação da evolução dos níveis a serem alcançados por cada equipamento regulamentado; e c. à constituição de Comitês Técnicos para analisar matérias específicas.

- Lei nº 3.867/2001, regulamenta a Lei nº 9.991/2000, definindo que os recursos captados devem ser depositados no Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – FNDCT, em categoria de programação específica denominada CT-Energ, e utilizados no financiamento de atividades de pesquisa científica e desenvolvimento tecnológico do setor elétrico e em projetos de eficiência energética no uso final.
- Resolução nº 10.847/2004, autoriza a criação da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), que tem por finalidade prestar serviços na área de estudos e pesquisas destinadas a subsidiar o planejamento do setor energético.
- Lei nº 12.212/2010, dispõe sobre a Tarifa Social de Energia Elétrica e realiza alterações na a Lei nº 9.991/2000, Lei nº 10.925/2004, e Lei nº 10.438/2002, além de dar outras providências. Como resultado, a Lei define que as concessionárias e permissionárias de distribuição de energia elétrica devem aplicar, no mínimo, 60% dos recursos dos seus programas de eficiência para unidades consumidoras beneficiadas pela Tarifa Social (inciso V).
- Portaria nº 23/2015: 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. No que tange à energia elétrica são dispostas:
 - a. Práticas imediatas e permanentes para promover o uso racional da energia elétrica, direcionadas ao sistema de climatização, iluminação, equipamentos de informática, eletrodomésticos, elevadores e bebedouros, além de orientação à equipe dos servidores;
 - b. Práticas de Eficiência Energética na aquisição e manutenção de bens e serviços, dentre estas destaca-se a aquisição de equipamentos regulamentados no Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) com adesão da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE);

- c. Práticas de Sustentabilidade em obras e serviços de engenharia, dentre estas destaque-se a aderência da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) nas edificações públicas federais novas, em fase de projeto ou que recebam *retrofit* (nos termos da Instrução Normativa nº 2/2014).

De acordo com a portaria, os órgãos e entidades devem fornecer informações referentes ao consumo de Energia Elétrica e de Água, mensalmente, por meio do Sistema do Projeto Esplanada Sustentável (SisPES).

- Lei nº 13.280/2016, altera a Lei nº 9.991/2000, para disciplinar a aplicação dos recursos destinados a Programas de Eficiência Energética. Desta forma as concessionárias e permissionárias de distribuição de energia elétrica destinam até 80% dos recursos de seus Programas de Eficiência Energética em unidades consumidoras beneficiadas pela Tarifa Social de energia elétrica, e destinam 20% ao Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL).
- Lei nº 13.589/2018, define que todos os edifícios de uso público e coletivo que possuem ambientes de ar interior climatizado artificialmente devem dispor de um Plano de Manutenção, Operação e Controle (PMOC) dos respectivos sistemas de climatização, visando à eliminação ou minimização de riscos potenciais à saúde dos ocupantes.
- Portaria nº 120/2020: Aprova o Programa de Engenharia Naval, o qual tem por principal objetivo a redução do consumo e das despesas com energia elétrica na Marinha do Brasil. Para tanto, o programa atua em três frentes estratégicas: implementação de medidas de eficiência energética, aquisição de energia por meio do Mercado Livre de Energia, e produção de micro e mini geração distribuída.

APÊNDICE B – Programas de incentivo à eficiência energética no Brasil

PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA – PROCEL

O Programa Nacional de Conservação de Energia (PROCEL) foi instituído em 30 de Dezembro de 1985, pela Portaria Interministerial n° 1.877. Criado pelo governo brasileiro, coordenado pelo Ministério das Minas e Energia (MME) e executado pela Eletrobrás, o Procel é destinado à promoção do uso eficiente da energia elétrica e ao combate do seu desperdício (PROCEL, 2019). Para tanto, o Procel dispõe da atuação do seus subprogramas:

- Procel GEM - Gestão Energética Municipal
- Procel Sanear - Eficiência Energética no Saneamento Ambiental
- Procel Educação - Informação e Cidadania
- Procel Indústria - Eficiência Energética Industrial
- Procel Edifica - Eficiência Energética em Edificações
- Procel EPP - Eficiência Energética nos Prédios Públicos
- Procel Reluz - Eficiência Energética na Iluminação Pública e Sinalização Semafórica
- Procel Selo - Eficiência Energética em Equipamentos
- Procel Info - Centro Brasileiro de Informação de Eficiência Energética

A seguir são detalhadas iniciativas dos subprogramas do PROCEL que apresentam relação mais estreita com o setor de edificações, com destaque para edificações públicas federais.

- Procel Selo

Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), criado em 1984 é conduzido pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). O PBE, através da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE), disponibiliza informações sobre o consumo e eficiência energética dos equipamentos, oferecendo ao usuário a opção por equipamentos de maior eficiência em relação ao consumo.

O Selo Procel foi instituído em 1993 e é destinado a equipamentos e eletrodomésticos que apresentam os melhores índices de eficiência energética, normalmente caracterizados pela classificação A da ENCE.

De acordo com dados do PROCEL (2019), até o ano de 2018, totalizam em 41 o número de categorias de equipamentos contemplados pelo programa. Tanto a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia quanto o Selo Procel incentivam a melhoria contínua do nível do desempenho energético dos equipamentos atuantes no mercado e contribuem para o cumprimento da Lei de Eficiência Energética (nº 10.295/2001).

- Procel Edifica (Edificações)

Programa Nacional de Conservação de Energia promove a classificação do nível de eficiência energética das edificações através da Etiqueta PBE Edifica, que faz parte do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE). Para as edificações, a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) é emitida pelo INMETRO após a avaliação realizada por um Organismo de Inspeção Acreditado (OIA).

A ENCE é aplicável a edificações públicas, residenciais e comerciais, contemplando as edificações em fase de projeto e as edificações construídas. Nas edificações de serviço público são avaliados os requisitos de Envolvória, Iluminação e Condicionamento de ar. A metodologia de avaliação do desempenho energético da edificação baseia-se no Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética em Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) do Programa Brasileiro de Edificações (PBE Edifica).

Além da ENCE, foi lançado em 2014 o Selo Procel, que reconhece um edifício como tendo o maior nível de eficiência (classificação A) em todos os requisitos avaliados (envoltória, iluminação e condicionamento de ar).

Desde Agosto de 2014, a Etiquetagem de Edificações tornou-se obrigatória em edifícios da Administração Pública Federal. Através da Instrução Normativa SLTI n.º 2/2014 (IN02), do Ministério de Planejamento Orçamento e Gestão (MPOG) são dispostas regras para a aquisição ou locação de máquinas e aparelhos consumidores de energia, além do uso Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) nas edificações públicas federais novas, em fase de projeto, ou que recebam *retrofit* (MPOG, 2014; PROCELINFO, 2020).

Abaixo são detalhados os principais requisitos para que as edificações públicas federais obtenham a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia em suas respectivas fases (PROCEL, 2014):

- a. No caso de novas edificações em fase de projeto, primeiramente deve ser obtida a ENCE de Projeto. Após a fase de projeto, a construção deve ser executada de forma a garantir a obtenção da ENCE Geral da Edificação Construída classe A. A sua obtenção é dada pela classificação A de todos os sistemas da edificação (envoltória, iluminação e ar condicionado), ou por meio de diferentes combinações da classificação do sistema que somadas as bonificações resultem na classificação A;
- b. As edificações com obras de retrofit devem ser contratadas visando ENCE Parcial de Projetos classe A, que pode ser obtida através da combinação dos sistemas (envoltória + iluminação ou envoltória + condicionamento de ar). Contudo, ainda que nem todos os sistemas da edificação sejam objeto do retrofit, é recomendável que a edificação seja completamente avaliada, emitindo-se ENCE Geral de Projetos;
- c. Para as edificações que definirem a necessidade de aquisição ou locação de produtos consumidores de energia, é exigida a escolha por modelos de equipamentos que obtenham ENCE de classificação A.

Este conjunto de medidas visa a melhoria do desempenho energético das edificações públicas federais desde a fase de concepção até a fase de operação.

- Procel EPP - Eficiência Energética nos Prédios Públicos

O Procel EPP tem por finalidade o estímulo do uso eficiente de energia elétrica das edificações públicas abrangendo as três esferas de governo no Brasil: federal, estadual e municipal. Para tanto, são desenvolvidas pelo programa: a. ações de apoio técnico aos agentes de governo envolvidos na administração de prédios públicos; b. estruturação de projetos demonstração; c. suporte à normatização; d. apoio às concessionárias de energia elétrica em projetos de eficiência energética nessa área (PROCEL, 2017). A seguir destacam-se algumas das principais ações realizadas pelo Procel EPP:

- a. Participação na elaboração do Projeto Esplanada Sustentável (PROCEL, 2011);
- b. Apoio técnico-operacional à implementação da Instrução Normativa 02/2014 a IN02 (PROCEL, 2017);

- c. Publicação do “Código Legislativo da Eficiência Energética nos Prédios Públicos Federais”, o qual fornece aos gestores de edificações públicas uma coletânea da legislação vigente relacionada à eficiência energética (PROCEL, 2015);
- d. Publicação do “Manual para etiquetagem de edificações públicas – gestor público” em parceria com o Inmetro e com o Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações (CB3e). Este manual visa orientar os gestores públicos no processo de obtenção da ENCE do PBE Edifica para edifícios públicos novos e reformados (PROCEL, 2015).

- Procel Educação

Além de atuação em projetos destinados às Escolas, o Procel Educação realiza parceria com as Universidades nacionais proporcionando a formação de laboratórios e de centros de pesquisa em eficiência energética e desenvolvimento profissional. Dentre os diversos laboratórios de ensino e pesquisa, destacam-se três centros de excelência que colaboram com a difusão de ferramentas educacionais avançadas em eficiência energética e o desenvolvimento de estudos em otimização energética (PROCEL, 2019).

Dentre os centros de pesquisa monitorados através dessa parceria, destacam-se o Centro de Excelência em Eficiência Energética da Amazônia (CEAMAZON) da Universidade Federal do Pará (UFPA), o Centro de Excelência em Eficiência Energética (EXCEN) da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI), e o Centro de Inovação em Eficiência Energética (INOVEE) da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP).

- Resultados do PROCEL

A ação dos subprogramas nas suas diferentes esferas resulta na economia de energia, na redução de impactos ambientais, na eficiência de bens e serviços, além da postergação de investimentos no setor elétrico.

De acordo com os dados do Relatório do Procel (2019) os resultados acumulados do programa, no período de 1986 a 2018, resultaram numa economia de energia da ordem de 151,6 bilhões de kWh (PROCEL, 2019). A Tabela 49 detalha os resultados do Procel entre os anos de 2014 e 2018, e a Tabela 50 detalha os investimentos do programa.

Tabela 49 – Resultados anuais do PROCEL (2014 -2018)

	2014	2015	2016	2017	2018
Energia economizada (bilhões de kWh)	10,157	11,68	15,15	21,2	22,99
Redução de demanda na ponta (MW)	4.022	4.453	8.375	6.887	7.257
Usina equivalente (MW)	2.522	2.801	3.634	5.084	5.513
Emissões evitadas (milhões tCO2)	1.425	1,453	1,238	1,965	1,701
Investimentos postergados (R\$ bilhões)	1,178	1,623	2,920	3,793	5,378

Fonte: PROCELINFO (2020)

Tabela 50 – Investimentos e custeios dos programas do PROCEL (2014 - 2018)

	2014	2015	2016	2017	2018
Investimentos Eletrobrás (R\$ milhões)	18,00	17,09	14,99	15,74	5,77

Fonte: PROCELINFO (2020)

A comparação entre a Tabela 49 e a Tabela 50 permite constatar que embora a quantidade de investimento aplicado ao programa seja elevada, a quantidade de investimento evitado a partir dos resultados do programa é ainda maior. Esta análise indica o benefício financeiro da economia de energia numa escala nacional, que pode ser utilizada como referência para tomadas de ação em amplitudes diversas.

PROGRAMA NACIONAL DE RACIONALIZAÇÃO DO USO DE PETRÓLEO E GÁS NATURAL - CONPET

Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural (CONPET) foi criado por meio de decreto presidencial em 18 de Julho de 1991. O CONPET é vinculado ao Ministério de Minas e Energia, coordenado por representantes de órgãos do Governo Federal e executado com apoio técnico, administrativo e financeiro da PETROBRÁS (MME, 2007).

Dentre os principais objetivos do CONPET estão a racionalização do consumo dos derivados do petróleo e do gás natural, a redução da emissão de gases poluentes, a produção de pesquisa e desenvolvimento tecnológico, além de apoio técnico para propagação da eficiência energética no uso final da energia. Dada a sua abrangente contribuição para o cenário energético brasileiro, o programa apresenta atuação nas áreas Industrial, Residencial e Comercial, Transportes e Institucional (CONPET, 2012).

Dentre as ações do CONPET destinadas ao uso final de energia, destaca-se o Selo Conpet de Eficiência Energética atribuído a equipamentos que atingem o grau máximo de eficiência energética na Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE). Atualmente, o selo destina-se a fogões e fornos a gás, a aquecedores de água a gás, e aos veículos leves (CONPET, 2012).

Como resultado das ações do CONPET nas suas dimensões de atuação, destaca-se a economia de mais 1 bilhão de litros de óleo diesel (o equivalente a 2,7 milhões de tCO₂ evitados), mais de 6 milhões de m³GLP economizados, e a saída de fábrica de mais de 70% dos carros com a etiqueta nacional de conservação de energia (CNPE, 2015).

PROGRAMA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA - PEE

O Programa de Eficiência Energética (PEE) regulado e fiscalizado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), foi instituído em 1998, a partir da obrigatoriedade das concessionárias e permissionárias de serviços públicos de distribuição de energia elétrica em aplicar parte da sua receita operacional líquida em ações de combate ao desperdício de energia. O principal objetivo do programa é promover o uso eficiente da energia elétrica em todos os setores da economia por meio de projetos que demonstrem a importância (e a viabilidade econômica) da eficiência energética de equipamentos, processos e usos finais de energia (ANEEL, 2015).

De acordo com dados da ANEEL (2018), entre os anos de 2008 e 2018, as ações do PEE resultaram na consolidação de 1.026 projetos direcionados aos setores comercial, residencial, industrial, edificações públicas, iluminação pública, entre outros. Como resultado, os projetos geraram uma economia de 1.901 GWh/ano, além de uma demanda retirada da ponta de 582 MW.

Ao analisarmos os projetos do PEE elencados a Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia (COELBA) neste mesmo período, verifica-se um total de 81 projetos, que resultaram numa economia 176 GWh/ano, e retirada de demanda da ponta de 65 MW. A maior parte destes projetos destina-se a tipologia de edificações públicas (27%) (ANEEL, 2018).

PROJETO ESPLANADA SUSTENTÁVEL - PES

O Projeto Esplanada Sustentável (PES) foi instituído pela Portaria Interministerial nº 244/2012, por meio de uma iniciativa conjunta do Ministério do Planejamento (MP), Ministério do Meio Ambiente (MMA), Ministério das Minas e Energia (MME) e Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome (MDS) (BRASIL, 2012).

O PES tem por objetivo integrar ações que visam à melhoria da eficiência no uso racional dos recursos públicos e à inserção da variável socioambiental no ambiente de trabalho. Para tanto, o projeto resulta na integração das ações do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), Programa de Eficiência do Gasto (PEG), Agenda Ambiental na Administração Pública (A3P), Coleta Seletiva Solidária e Sistema Esplanada Sustentável (SisPES) (IPEA, 2013). A seguir é detalhada a atuação de cada programa.

- Programa de Eficiência do Gasto (PEG)

O Programa de Eficiência de Gasto (PEG) é coordenado pela Secretaria de Orçamento Federal (SOF). O Programa tem como objetivo a otimização da qualidade do gasto de entidades e órgãos públicos através de medidas que conduzem a eliminação do desperdício e da melhoria contínua da gestão dos processos (ME, 2015).

A forma de atuação do programa visa à identificação de oportunidades de melhoria e racionalização das despesas administrativas. Para tanto, a equipe do PEG realiza um diagnóstico das despesas, apresenta indicadores de desempenho e, juntamente com a comissão responsável do órgão, define metas e planos de ação. Estas são cadastradas no Sistema do Programa de Eficiência do Gasto – SISPEG para fins de acompanhamento e monitoramento (SOF, 2009; MPOG, 2020).

As despesas foco do programa estão associadas a energia elétrica, água e esgoto, pessoal, telefonia fixa, telefonia móvel, vigilância, transportes, e limpeza e conservação. Dentre os ministérios que participam PEG está o Ministério da Educação, que em 2010 contou com a adesão de Universidades e Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia (MPOG, 2020).

- Sistema Esplanada Sustentável (SisPES).

O Sistema Esplanada Sustentável SisPES foi instituído em 2015 Portaria MP nº 23/2015. A plataforma do SisPES é direcionada ao monitoramento do consumo de energia elétrica e de água pelos órgãos e entidades da Administração Pública Federal e é disponibilizada apenas para os órgãos aderentes ao Projeto Esplanada Sustentável (PES, 2020; BRASIL, 2015).

- Agenda Ambiental na Administração Pública (A3P)

A Agenda Ambiental na Administração Pública (A3P) é um programa do Ministério do Meio Ambiente (MMA) que objetiva estimular os órgãos públicos do país a implementarem práticas de sustentabilidade.

A A3P propõe a instituição de uma cultura de responsabilidade socioambiental na administração pública, fundamentada pela política dos 5R's (Repensar, Reduzir, Reaproveitar, Reciclar e Recusar) e direcionada a seis principais Eixos de atuação da A3P: uso racional dos recursos naturais e bens públicos; gestão adequada dos resíduos gerados; qualidade de vida no ambiente de trabalho; sensibilização e capacitação dos servidores; contratações sustentáveis e construções sustentáveis (A3P; MMA, 2020).

O processo de implantação da agenda se dá pela elaboração de diagnósticos a partir de dados da instituição e Eixos de atuação da A3P; elaboração de Plano de Gestão Ambiental (PGS) contemplando objetivos, planos e metas; desenvolvimento de Plano de Sensibilização visando a disseminação das metas e meios para cumprimento das metas; e avaliação e monitoramento. Os órgãos que formalizam a parceria com MMA recebem apoio técnico para implementação e operação da agenda.

De acordo com dados do A3P e MMA (2020), entre os anos de 2007 e 2019 a adesão dos órgãos públicos da esfera federal apresentou um crescimento de 56%. Neste mesmo período foi constatada a aderência de 11 Universidades Federais, conforme detalhado no Tabela 51.

Tabela 51 – Universidades Federais participantes do A3P

Universidade	Cidade
Fundação Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF)	Petrolina
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)	Bananeiras

Universidade	Cidade
Universidade Federal de Sergipe (UFS)	São Cristóvão
Universidade Federal de Grande Dourados (UFGD)	Dourados
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)	Caruaru
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)	Florianópolis
Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)	Palmeira das Missões
Universidade Federal de Uberlândia (UFU)	Uberlândia
Universidade Federal do Cariri (UFCA)	Juazeiro do Norte
Universidade Federal do Rio Grande (UFRGS)	Rio Grande
Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA)	Belém

Fonte: A3R; MMA (2020)

APÊNDICE C – Fontes de Financiamento e Captação de Recursos

Os investimentos em eficiência energética contribuem para a economia de recursos financeiros por parte das organizações e, como consequência, para a redução do consumo de energia elétrica. Porém, apesar desses benefícios, a viabilização destes projetos ainda é uma dificuldade, tanto por questões internas das organizações, quanto por questões relacionadas às instituições financeiras (CEBDS, 2014).

Nas Universidades Federais Brasileiras, os recursos financeiros configuram um desafio para a implementação de projetos de eficiência energética, muito embora as despesas de energia elétrica tenham elevada representatividade orçamentária. Nesse sentido, a chamadas públicas, que visam a seleção de projetos, oportunizam o financiamento para implementação de projetos de eficiência energética.

A seguir são apresentados os principais meios de financiamento adequados para as Universidades Federais.

CHAMADA PÚBLICA DA AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL)

A chamada pública do Programa de Eficiência Energética (PEE) da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) é o principal meio de financiamentos de projetos de eficiência energética no Brasil. Através do PEE, as distribuidoras lançam editais anualmente, convidando os beneficiários a enviar propostas de projetos de eficiência energética a serem financiados, que são selecionados baseados em critérios técnicos e econômicos (SCHINAZI et al., 2018).

A seleção dos beneficiários, por meio das Chamadas Públicas das concessionárias, parte de uma etapa de pré-diagnóstico energético, contemplando a caracterização das instalações físicas das instituições, o consumo de energia por uso final e a análise do histórico de consumo. Tais informações levam à identificação de oportunidades de economia de energia para cada uso final de energia, as quais devem ser detalhadas e apresentadas comparando-se o cenário atual e o cenário proposto com a implementação das alternativas.

As proposições de alternativas de melhoria devem acompanhar o indicador RCB (relação custo-benefício), que é um dos principais requisitos para viabilização do projeto. A metodologia de cálculo, estabelecida pela ANEEL, deve ser apresentada na documentação juntamente com os cálculos.

De maneira complementar, devem ser apresentados os requisitos que levam à implementação da proposta, tais como estratégias de medição e verificação, catálogo de materiais e equipamentos, treinamento e capacitação, memorial descritivo do pré-diagnóstico, ou seja, toda a documentação que assegura o proponente da eficácia e assertividade do projeto proposto – tanto tecnicamente, quanto financeiramente (COELBA, 2019).

Os PEEs vêm contribuindo com o financiamento de projetos de eficiência energética em Instituições de Ensino Superior (IES) e em Institutos Federais (IFs), permitindo a implementação de *retrofits* de iluminação, micro e minigeração fotovoltaica além da implementação de sistema de monitoramento, conforme detalhado pela Tabela 52.

Tabela 52 – Programa de eficiência energética concessionárias

Instituição	Concessionária	Projeto	Relação Custo- benefício (RCB)	Referência
Fundação Universidade Federal do Paraná	COPEL	Sistema de Iluminação / Geração Fotovoltaica	0,41	COPEL, 2018
Instituto Federal da Bahia Camaçari	COELBA	Sistema de Iluminação	0,73	COELBA, 2019
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo	CPFL ENERGIA	Sistema de Iluminação / Geração Fotovoltaica.	1,24	PEE, 2017; CPFL, 2020
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas	DME DISTRIBUIÇÃO	Sistema de Iluminação / Geração Fotovoltaica/ Instalação de Medidores/ <i>Retrofit</i> das instalações elétricas	0,76	IFSULDEMIN AS, 2016
Instituto Federal de Goiás	CELG	Sistema de Iluminação / Geração Fotovoltaica	0,72	SILVA, 2018
Universidade da Integração	ENEL CEARÁ	Sistema de Iluminação /	0,51	UNILAB, 2020

Instituição	Concessionária	Projeto	Relação Custo- benefício (RCB)	Referência
Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira		Geração Fotovoltaica.		
Universidade Federal de Goiás	CELG - Companhia Energética de Goiás	Sistema de Iluminação / Geração Fotovoltaica/ <i>Software</i> de monitoramento	0,76	CELG, 2016
Universidade Federal de Santa Maria	RGE SUL	Sistema de Iluminação	0,91	PEE, 2017
Universidade Federal do Acre	ELETROACRE	Sistema de Iluminação / Geração Fotovoltaica	0,69	ELETROACRE, 2019; UFAC, 2019
Universidade Federal do Paraná	COPEL	Sistema de Iluminação / Geração Fotovoltaica.	0,94	COPEL, 2018
Universidade Federal do Paraná	COPEL	Sistema de Iluminação	0,51	COPEL, 2018
Universidade Federal do Piauí	CEPISA	Sistema de Iluminação / Sistema de Climatização	0,35	RODRIGUES et al., 2019
Universidade Federal Fluminense	ENEL DISTRIBUIÇÃO RIO	Sistema de Iluminação	0,73	FRANCISCO, 2018

CHAMADA PÚBLICA DO PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA (PROCEL)

No ano de 2018 foi publicada a Chamada Pública Procel Edifica 01/2018, destinada à seleção de beneficiários para os quais são disponibilizados serviços de eficiência energética em edificações. Dentre as três categorias de beneficiários contempladas na Chamada Pública, estão as Empresas/Instituições públicas ou privadas que possuam edificações horizontalizadas (beneficiário TR 6).

Para os beneficiários selecionados, é disponibilizada consultoria energética, contemplando o Diagnóstico de Desempenho Energético Operacional de Edificações (DEO), o projeto de *retrofit* direcionado para eficiência energética em área de cobertura, e a capacitação de equipes técnicas de operação para procedimentos de Operação e Manutenção (ELETROBRAS, 2018).

Dentre os 8 beneficiários selecionados na categoria TR 6, constam 2 Universidades, a Universidade Estadual de Maringá (UEM) e a Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

ENERGY SERVICES COMPANY - ESCO

As ESCOs (Energy Services Company) são empresas de serviços de engenharia direcionados a conservação de energia, e atuam também no apoio financeiro para implementação de projetos de eficiência energética. As economias geradas pela implementação dos projetos custeiam, a longo prazo, os serviços prestados pelas ESCOs (SCHINAZI et al., 2018).

No Brasil, a Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia (ABESCO), fundada em 1997, atua como prestadora de serviços técnicos e financeiros desde o início da implementação dos projetos de conservação de energia (e água), até a medição e verificação dos seus resultados (ABESCO, 2020).

A consultoria prestada pelas ESCOS associada a coparticipação no risco do investimento configuram um incentivo para a implementação de projetos em organizações que não disponibilizam de recursos financeiros.

ANEXOS

Tabela 53 – Lista de anexos

ANEXO A – Estimativa de dias letivos (ano 2019)
ANEXO B – Ocupação da edificação
ANEXO C – Tempo de operação dos Equipamentos
ANEXO D – Uso da energia elétrica (salas de aula)
ANEXO E – Detalhamento do consumo por uso final
ANEXO F – Consumo de energia elétrica (salas de aula)
ANEXO G – Análise de investimentos e estudo de viabilidade econômica: <i>retrofit</i> do sistema de climatização do Laboratórios
ANEXO H – Análise de investimentos e estudo de viabilidade econômica: <i>retrofit</i> do sistema de climatização da Edificação
ANEXO I – <i>Layout</i> das luminárias para adequação da iluminância média (500lux)
ANEXO J – Análise de investimentos e estudo de viabilidade econômica: <i>retrofit</i> da iluminação da Edificação

ANEXO A – Estimativa de dias letivos (ano 2019)

Mês/2019	Nº dias letivos	Nº semanas letivas
Janeiro	0	0
Fevereiro	8	1
Março	17	2
Abril	21	3
Mai	22	3
Junho	17	2
Julho	3	0
Agosto	20	3
Setembro	21	3
Outubro	21	3
Novembro	20	3
Dezembro	5	1
Total	179	26

Fonte: Adaptado de SUPAC (2019)

ANEXO B – Ocupação da edificação

Ambientes Escola Politécnica	Nº de horas/dia	Nº de dias/semana
Administrativo	8	5
Auditório/Congregação/Videoconferência	3	1
Biblioteca	12	5
Cantina	13	5
Circulação - Bloco I, III, IV	5	5
Circulação - Bloco II	13	7
Copa	9	5
Escadas	13	7
Estacionamento	12	7
Laboratórios de Informática/Pesquisa	7	5
Laboratórios de Pesquisa e Ensaio	5	5
Laboratórios Ensaio	5	5
Memorial Arlindo Coelho	8	5
Outros Ambientes	5	5
Sala – Coordenação	7	5
Sala –Diretoria	9	5
Sala - Empresa Jr.	8	5
Sala – Professores	6	5
Sala – Projetos	7	5
Sala – Reunião	5	5
Salas – Secretaria	8	5
Sanitários	5	7
Xerox	13	5

Fonte: Adaptado de COSTA (2019)

ANEXO C – Tempo de operação dos Equipamentos

Uso final	Operação de equipamentos
Climatização	Estimativa de operação variável para cada ambiente: - Condicionadores (<i>splits</i>): Até 12hs/dia; - Condicionadores (janela): Até 10 hs/dia; - Ventiladores: Até 7hs/dia.
Informática	Estimativa de operação variável para cada ambiente: - Computadores: Até 13hs/dia; - Xerox: Até 6hs/dia; - Impressora: 2min/dia; - Scanner: 1min/dia; - Notebook: Até 13hs/dia; - Projetor: 1hr/sem.
Iluminação	Lâmpadas ligadas durante todo tempo de ocupação do ambiente.
Eletrodomésticos	Estimativa de operação variável para cada ambiente: - Televisor: Até 3hs/dia; - Bebedouro: Integralmente - Cafeteira: 20min/dia - Geladeira/ Refrigerador/ Frigobar: Integral; - Lava louças/ Exaustor/ Chapa elétrica: Até 2hs/dia; - Chuveiro: 2 min/dia.
Elevadores	Em operação durante 4hs/dia.
Equipamentos de Laboratório	Acionamento de acordo com a rotina de uso de cada equipamento - Entre 5 e 12 hs/dia; - Entre 1 e 5 vezes/sem.
Bombas	Uma bomba em operação durante 2hs/dia.

Fonte: Adaptado de ANEEL (2001); CEMIG (2014); NAKAGAWA (2009); SÁNCHEZ (2014)

ANEXO D – Uso da energia elétrica (Salas de Aula)

A Climatização responde por 62% da potência instalada nas salas de aula. A Tabela 54 detalha a potência instalada da Climatização nas salas de aula

Tabela 54 – Potência instalada Climatização - Salas de Aula

Equipamento	Qtd.	Variação da Potência do equipamento (kW)	Potência Instalada (kW)	% Potência Instalada
Ar condicionado <i>Split</i>	13	2,22 a 7,03	32,82	72,87%
Ar condicionado Janela	9	3,22 a 5,28	11,72	26,02%
Ventilador	4	0,13	0,50	1,11%
Total	26	-	45,05	100,00%

Os condicionadores de ar do tipo *split* respondem pela maior parcela da potência instalada da climatização nas salas de aula. A potência dos equipamentos identificados varia entre 3.224 a 7.034 W. Os condicionadores do tipo janela apresentam potência entre 3.224 e 5.275 W e respondem pela segunda maior parcela da potência instalada da climatização nas salas de aula.

Dentre as salas de aula analisadas, 50% não possuem aparelhos de ar condicionado. São elas: 4.1.25 (4º pavimento); 6.3.2; 6.3.3; 6.3.4 (6º pavimento); 7.1.1; 7.1.2; 7.1.3; 7.1.4; 7.1.5; 7.1.6; 7.1.7; 7.3.2; 7.3.3; 7.3.4; 7.3.5; 7.3.6 (7º pavimento).

A Informática responde por 23% da potência instalada nas salas de aula, a segunda maior parcela. Cada sala de aula dispõe de um projetor, um estabilizador e uma CPU. A Tabela 55 detalha a potência instalada da Informática nas salas de aula.

Tabela 55 – Potência instalada Informática - Salas de aula

Equipamento	Quantidade (und)	Potência do equipamento (Watt)	Potência Instalada (kW)	% Potência Instalada
Projetor	28	361	10	60%
Estabilizador	28	180	5	30%
CPU	28	60	2	10%
Total	85		17	100%

Além destes equipamentos foi identificada a presença de uma lousa eletrônica atendendo ao Departamento de Engenharia Elétrica (sala 4.1.24), com potência calculada de 2,5 W de acordo com especificações do fabricante.

A Iluminação responde por 14% da potência instalada nas salas de aula, a menor parcela. A Tabela 56 detalha a potência instalada da Iluminação nas salas de aula.

Tabela 56 – Potência instalada Iluminação - Salas de Aula

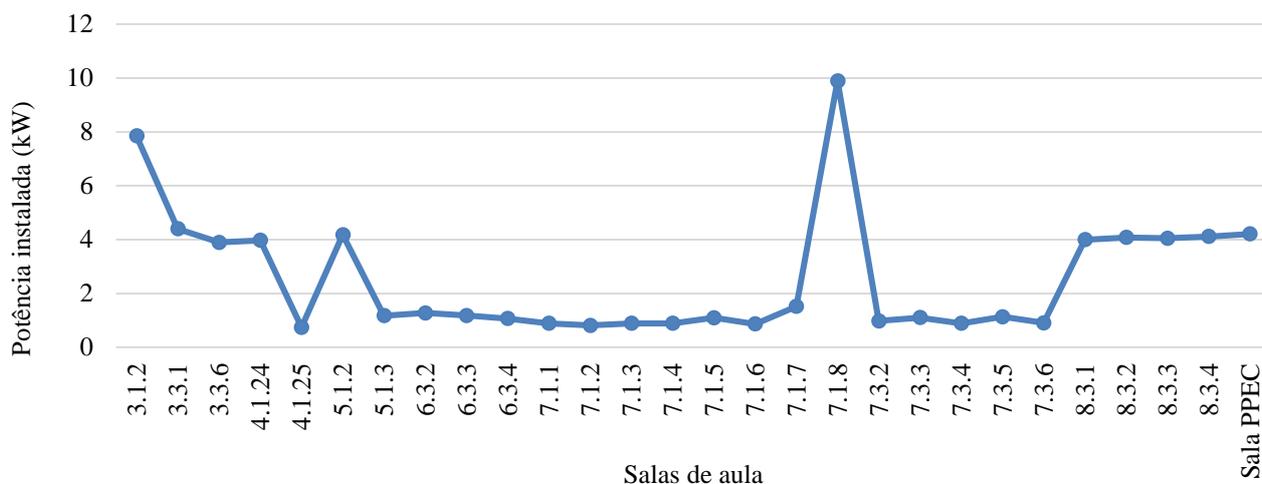
Lâmpada (tipo/modelo)	Quantidade (und)	Potência do equipamento (Watt)	Potência Instalada (kW)	% Potência Instalada
Fluorescente	163	0	5	51%
Tubular - T8	163	32	5	51%
Light Emitting Diode (LED)	277	0	5	49%
Tubular - T8	277	18	5	49%
Total	441	-	10	100%

As lâmpadas fluorescentes totalizam 163, o equivalente a 37%, ao passo que as lâmpadas LED totalizam 277 nas salas de aula, equivalente a 63%. É importante ressaltar a existência de um plano de substituição de lâmpadas fluorescentes por lâmpadas LED, que ocorre na medida em que as lâmpadas fluorescentes deixam de funcionar.

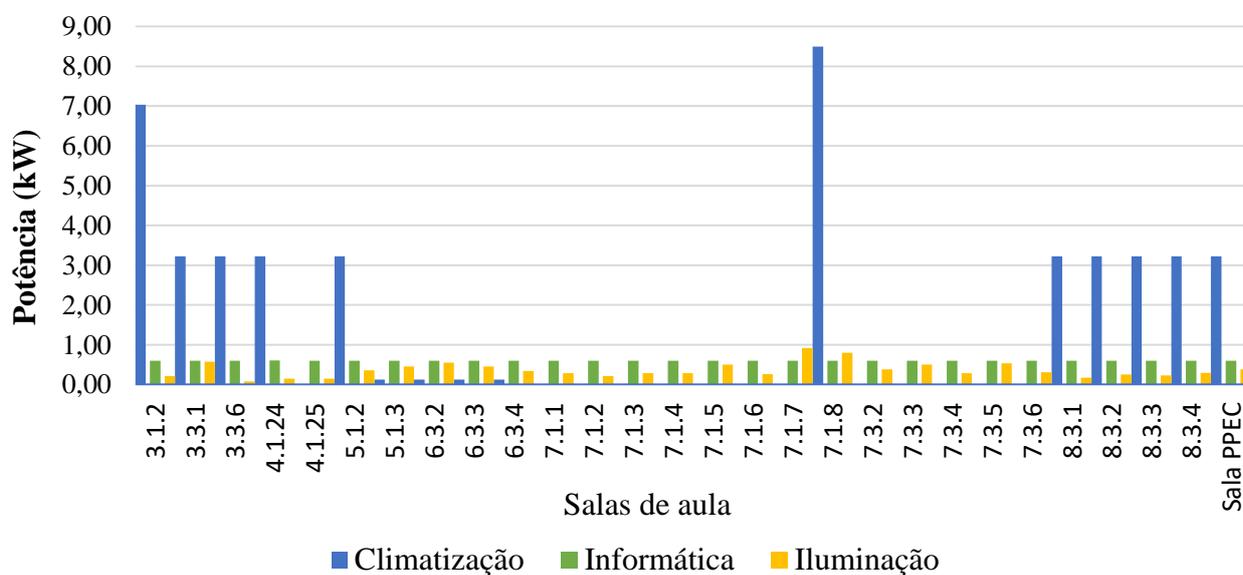
Além destas foi identificada presença de 1 lâmpada incandescente circular com potência de 18W.

Dentre as salas de aula analisadas 61% possuem potência instalada baixa, entre 0 e 6 kW, 32% possuem potência instalada moderada entre 6 e 11 kW, e 7% possuem alta potência instalada entre 11 e 17 kW.

A Figura 54 ilustra o comportamento da potência instalada nas salas de aula da Escola Politécnica.

Figura 54 – Potência instalada das salas de aula

É possível perceber que a potência instalada apresenta comportamento particular em cada uma das salas de aula. A Figura 55 auxilia visualização dos usos finais que mais contribuem para estes quantitativos.

Figura 55 – Detalhamento da potência instalada salas de aula

A climatização, quando presente nas salas de aula, responde por significativa parcela do uso final de energia.

As salas 3.3.1 e 7.1.8 destacam-se por apresentarem elevada carga associada aos equipamentos de climatização.

A sala 3.3.1 apresenta dois ares condicionados do tipo *split* e um ar condicionado do tipo janela, todos com 11.000 Btus.

A sala de aula 7.1.8 possui um condicionador do tipo Split de 11.000 Btu, um condicionador de janela de 18000 Btu, e outro condicionador de janela de 21.000 Btu, que por estar inativo não foi considerado no cálculo.

ANEXO E – Detalhamento do consumo por uso final EPUFBA

Consumo – Climatização

Equipamento	Consumo (kWh/ano)	% Consumo Climatização
Ar condicionado - <i>Split</i>	639.146	80,82%
Ar condicionado - Janela	146.396	18,51%
Ventilador - Coluna	2.639	0,33%
Ventilador - Mesa	1.703	0,22%
Ventilador - Teto	922	0,12%
Total	790.807	100,00%

Consumo – Informática

Equipamento	Consumo (kWh/ano)	% Consumo Informática
Computador (completo)	142.865	77,85%
Projektor	10.113	5,51%
Servidor de Rede	13.597	7,41%
Impressora	474	0,26%
Estabilizador	6.738	3,67%
Monitor	3.198	1,74%
Xerox	1.828	1,00%
<i>Notebook</i>	2.447	1,33%
CPU	2.246	1,22%
Total	183.509	100,00%

Consumo – Iluminação

Lâmpada (tipo/modelo)	Consumo (kWh/ano)	% Consumo Iluminação
Fluorescente	59.162	74,05%
Tubular - T8	52.009	87,91%
Tubular - T5	1.992	3,37%
Compacta	2.280	2,98%
Refletor	1.990	3,36%
Bulbo	479	0,81%

Lâmpada (tipo/modelo)	Consumo (kWh/ano)	% Consumo Iluminação
Tubular - T10	252	0,43%
Espiral	144	0,24%
Arandela Tartaruga	17	0,03%
Light Emitting Diode (LED)	19.886	24,89%
Tubular - T8	19.041	95,75%
Compacta	666	1,42%
Bulbo	129	0,65%
Dicrónica	49	0,25%
Halógena	568	0,71%
Dicrónica	568	100,00%
Incandescente	280	0,35%
Bulbo	280	100,00%
Total	79.896	100,00%

Consumo – Eletrodomésticos

Equipamento	Consumo (kWh/ano)	% Consumo Eletrodomésticos
Geladeira/Refrigerador	13.007	56,47%
Bebedouro	3.430	14,89%
Microondas	2.566	11,14%
<i>Freezer</i>	1.596	6,93%
Frigobar	752	3,26%
Chapa elétrica	409	1,78%
Lava louças	384	1,67%
Cafeteira	375	1,63%
Televisor	347	1,51%
Chuveiro elétrico	89	0,38%
Exaustor	43	0,19%
Fogão	38	0,17%
Total	23.035	100,00%

Consumo – Equipamentos de Laboratório (Destiladores)

Destiladores	Quantidade (und)	Consumo (kWh/ano)	% Consumo Destiladores
Destilador- Biopar	1	1.432	25%
Destilador - Quimis	1	230	4%
Destilador - Fanem	1	184	3%
Destilador - Quimis	1	149	3%
Destilador - Quimis	1	3.580	64%
Destilador	1	43	1%
Total	6	5.618	100%

Fonte: Adaptado de NAKAGAWA (2009)

Consumo – Elevadores

Elevador	Consumo (kWh/ano)	% Consumo Elevadores
Cabina 1	2.779	100%
Total	2.779	100%

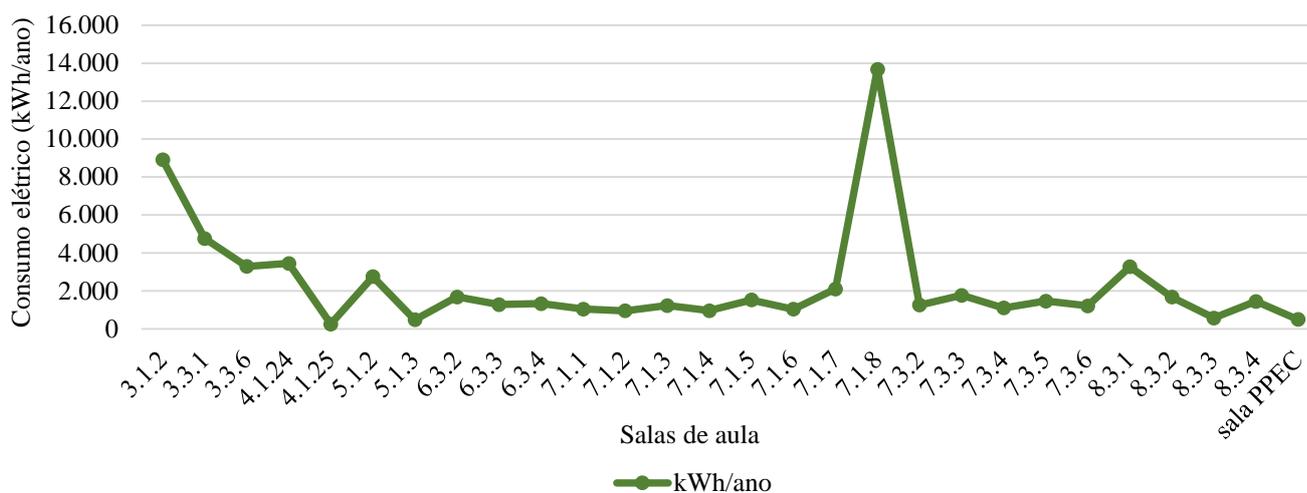
Consumo – Bombas

Sistema de bombas	Quantidade (und)	Consumo (kWh/ano)	% Consumo Bombas
Bombas - Reservatório	1	790	100%
Total	1	790	100%

ANEXO F – Consumo de energia elétrica (salas de aula)

Nas salas de aula a Climatização responde por 57% do consumo (37.921 kWh/ano), a maior parcela. A Informática responde por 26% do consumo (16.638 kWh/ano), ao passo que a Iluminação responde por 17% do consumo (11.020 kWh). A Figura 56 ilustra o consumo elétrico das salas de aula no ano de 2019.

Figura 56 – Consumo elétrico nas salas de aula (ano base 2019)



A partir da análise da Figura 56, nota-se o comportamento discrepante das salas de aula 3.1.2 e 7.1.8

A sala de aula 3.1.2 apresenta potência instalada moderada, porém muitas horas de ocupação resultando num elevado consumo elétrico. A sala de aula 7.1.8 apresenta potência instalada moderada, contudo muitas horas de ocupação, resultando num elevado consumo elétrico.

A partir do cálculo do consumo elétrico das salas de aula, constata-se que a maior parte das salas de aula opera nas faixas mais baixas de consumo elétrico. Dentre as salas analisadas 89% apresentam consumo elétrico entre 249 a 4.726 kWh/ano, 7% apresentam consumo entre 4.726 e 9.203 kWh/ano, e 4% apresentam consumo entre 9.203 e 13.608 kWh/ano.

ANEXO G – Análise de investimentos e estudo de viabilidade econômica: *retrofit* do sistema de climatização do Laboratórios

O investimento necessário para a substituição dos condicionadores de ar do laboratório por condicionadores de tecnologia *inverter* é detalhado na Tabela 57.

Tabela 57 – Investimento necessário para climatização - *Retrofit* laboratórios

Descrição	Marca	Modelo	Quantidade	Custo Unitário	Custo Total
Split Piso Teto Inverter	Carrier	42XQL36C5	7	R\$ 7.955	R\$ 55.685
Split Hi Wall Dual Inverter	LG	S4NQ24K231D	11	R\$ 3.411	R\$ 37.521
Split Hi Wall Dual Inverter	LG	S4NW24KE3W1	7	R\$ 3.513	R\$ 24.591
Split Hi Wall Dual Inverter	LG	S4-W18KL3WA	23	R\$ 1.708	R\$ 39.284
Split Hi Wall Dual Inverter	LG	S4NQ12JA3AD	57	R\$ 1.825	R\$ 104.025
Split Hi Wall Dual Inverter	LG	S4-Q09WA5AA	13	R\$ 1.630	R\$ 21.190
Split Piso Teto Inverter	Elgin	PVFI60B2NB	2	R\$ 9.995	R\$ 19.990
Total			120		R\$ 302.286

A avaliação econômica da substituição dos condicionadores dos laboratórios foi realizada tendo em vista as seguintes características:

- Custo da energia: R\$ 1,46/ kWh, média das tarifas de consumo na ponta e fora de ponta, conforme tabela de tarifas e preços finais de energia elétrica do Grupo A4, horo sazonal verde (COELBA, 2020b);
- Taxa mínima de atratividade: 20% a.a (EPA, 1998);
- Considerou-se um horizonte de 10 anos correspondente a vida útil dos condicionadores de ar;
- Considerou-se somente o investimento nos materiais, não levando em conta os custos de mão de obra, tendo em vista que a Equipe de Manutenção Predial da EPUFBA juntamente com a SUMAI se responsabilizam pelas instalações.

Os indicadores econômicos Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e Tempo de Retorno do Investimento (*Payback*) são detalhados na Tabela 58.

Tabela 58 – Indicadores econômicos climatização - *Retrofit* laboratórios

Indicadores	Valor
Investimento	R\$ 302.286
Economia	R\$ 339.345/ano
TMA	20% a.a
VPL	R\$ 1.121.407
TIR	112%
<i>Payback</i>	11 meses

A análise da Tabela 58 permite concluir que para que a instituição recupere o investimento é necessário um período de aproximadamente 1 ano. Considerando que o Valor Presente Líquido foi de R\$ 1.121.407 e Taxa Interna de Retorno foi de 112%, sendo maior que a Taxa Mínima de Atratividade (20%), constata-se que esta alternativa, embora menos robusta, é economicamente viável.

ANEXO H – Análise de investimentos e estudo de viabilidade econômica: *retrofit* do sistema de climatização da Edificação

Tabela 59 – Investimento necessário para climatização - *Retrofit* edificação

Descrição	Marca	Modelo	Quantidade	Custo Unitário	Custo Total
Split Piso Teto Inverter 60.000 Btu	Elgin	PVFI60B2NB	10	R\$ 9.995	R\$ 99.950
Split Piso Teto Inverter 36.000 Btu	Carrier	42ZQVA36C5	14	R\$ 7.955	R\$ 111.370
Split Hi Wall Inverter 24.000 Btu	LG	S4NQ24K231D	23	R\$ 3.411	R\$ 78.453
Split Hi Wall Inverter 22.000 Btu	LG	S4NW24KE3W1	12	R\$ 3.513	R\$ 42.156
Split Hi Wall Inverter 18.000 Btu	LG	S4-W18KL3WA	44	R\$ 1.708	R\$ 75.152
Split Hi Wall Inverter 12.000 Btu	LG	S4NQ12JA3AD	125	R\$ 1.825	R\$ 228.125
Split Hi Wall Inverter 9.000 Btu	LG	S4-Q09WA5AA	29	R\$ 1.630	R\$ 47.270
Split Hi Wall Inverter 9.000 Btu	LG	HW09FRLGVINV	1	R\$ 1.630	R\$ 1.630
Total	-	-	258	-	R\$ 684.106

O investimento necessário para substituição dos condicionadores de ar da edificação totalizou R\$ 684.106. A avaliação econômica dessa alternativa foi realizada tendo em vista as seguintes características:

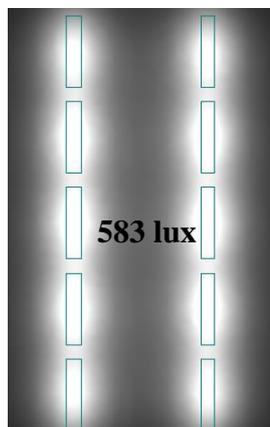
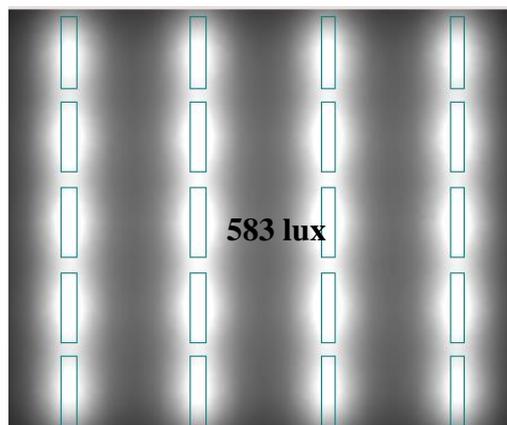
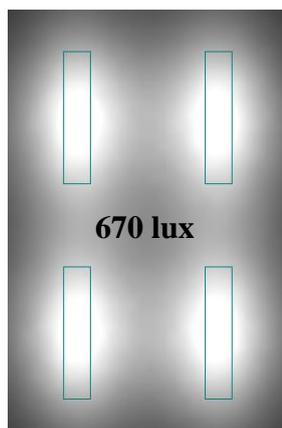
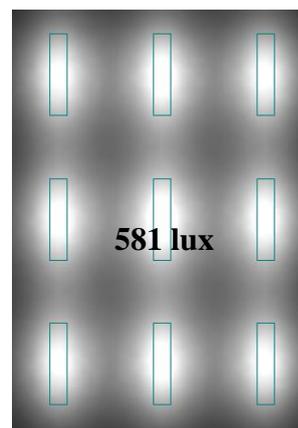
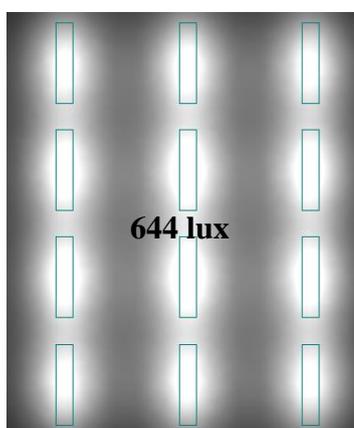
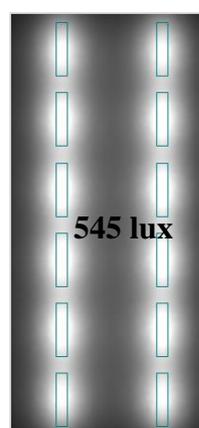
- Custo da energia: R\$ 1,46/ kWh, média das tarifas de consumo na ponta e fora de ponta, conforme tabela de tarifas e preços finais de energia elétrica do Grupo A4, horo sazonal verde (COELBA, 2020b);
- Taxa mínima de atratividade: 20% a.a (EPA, 1998);
- Considerou-se um horizonte de 10 anos correspondente a vida útil dos condicionadores de ar;
- Considerou-se somente o investimento nos materiais, não levando em conta os custos de mão de obra, tendo em vista que a Equipe de Manutenção Predial da EPUFBA e a SUMAI se responsabilizam pelas instalações.

Os indicadores econômicos Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e Tempo de Retorno do Investimento (*Payback*) são detalhados na Tabela 60.

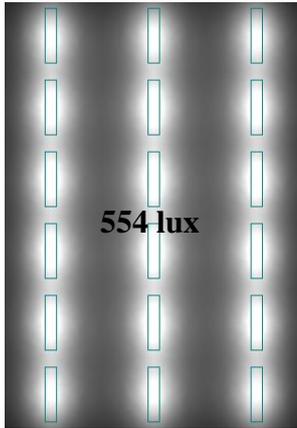
Tabela 60 – Indicadores econômicos climatização - *Retrofit* edificação

Indicadores	Valor
Investimento	R\$ 684.106
Economia	R\$ 788.445/ano
TMA	20% a.a
VPL	R\$ 2.621.427
TIR	115%
<i>Payback</i>	10 meses

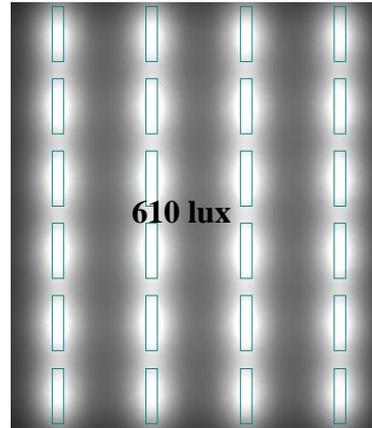
A análise da Tabela 60 permite concluir que, para que a instituição recupere o investimento, é necessário um período de aproximadamente 1 ano. Considerando que o Valor Presente Líquido foi de R\$ 2.621.427 e Taxa Interna de Retorno foi de 115%, sendo maior que a Taxa Mínima de Atratividade (20%), constata-se que esta alternativa é capaz de pagar o investimento realizado e ainda gerar economia, ou seja, a alternativa é economicamente viável.

ANEXO I – Layout das luminárias para adequação da iluminância média (500lux)**Sala 3.1.2****Sala 3.3.1****Sala 3.3.6****Sala 4.1.24****Sala 4.1.25****Sala 5.1.2**

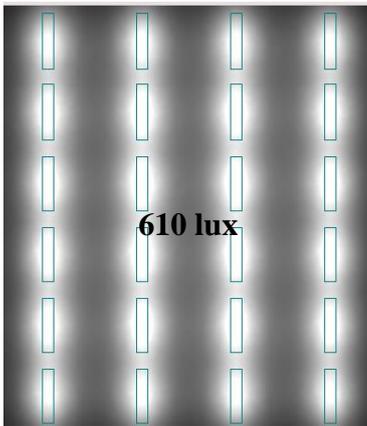
Sala 5.1.3



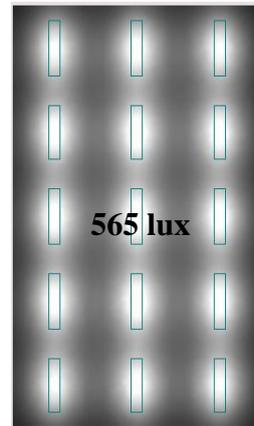
Sala 5.1.4



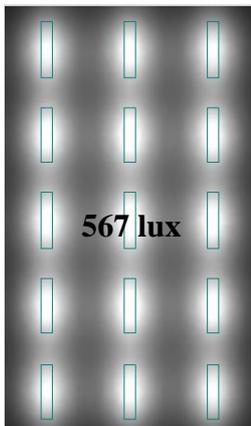
Sala 6.3.2



Sala 6.3.3



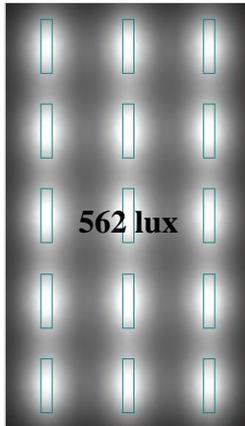
Sala 6.3.4



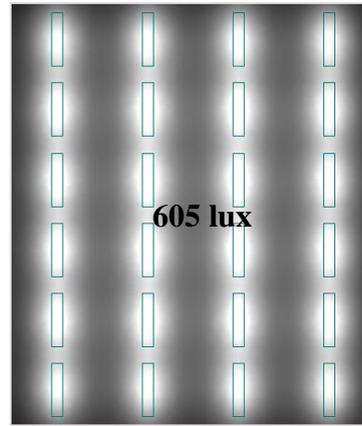
Sala 7.1.1



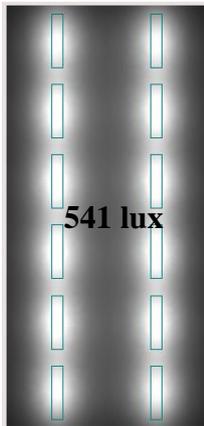
Sala 7.1.2



Sala 7.1.3



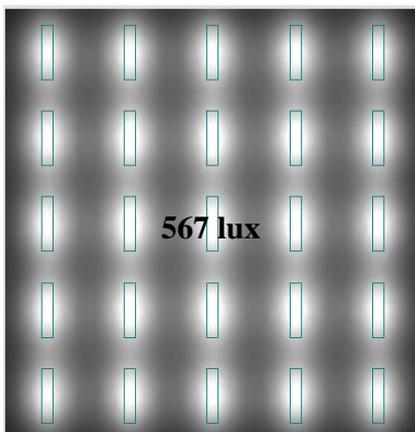
Sala 7.1.4



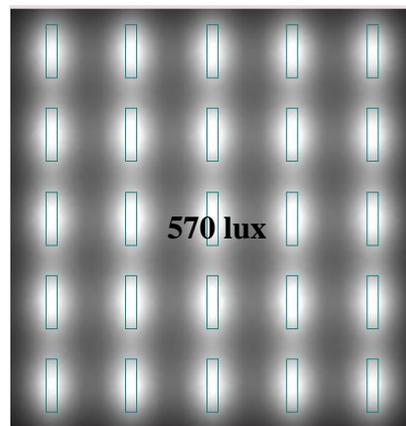
Sala 7.1.5



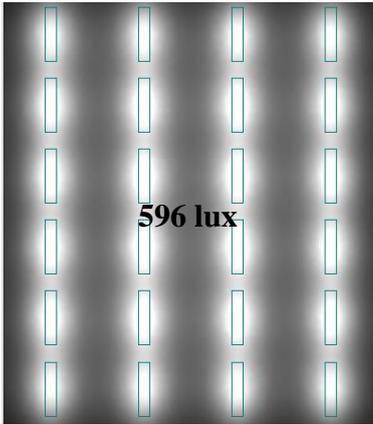
Sala 7.1.6



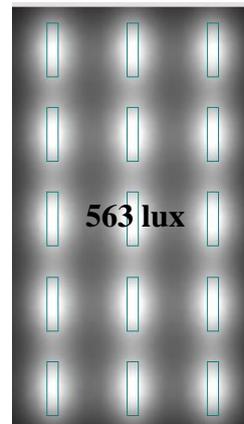
Sala 7.1.7



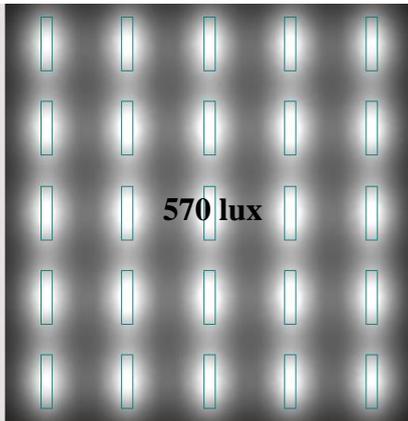
Sala 7.1.8



Sala 7.3.2



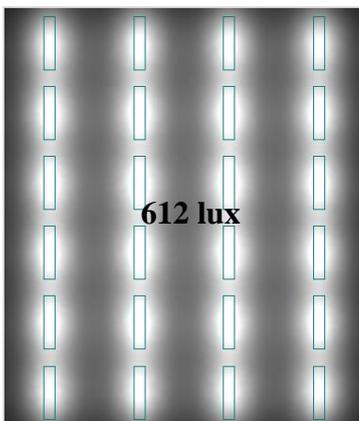
Sala 7.3.3



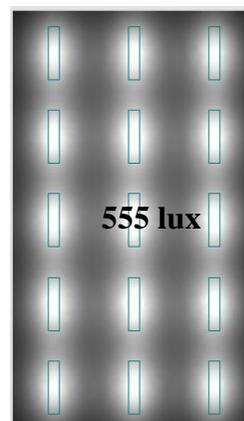
Sala 7.3.4

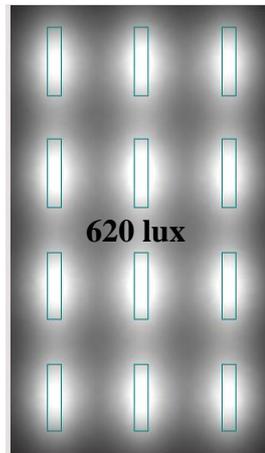


Sala 7.3.5



Sala 7.3.6



Salas 8.3.1/ 8.3.2/ 8.3.3/ 8.3.4

ANEXO J – Análise de investimentos e estudo de viabilidade econômica: *retrofit* da iluminação da Edificação

A alternativa proposta para o sistema de iluminação consiste no *retrofit* da iluminação, dado através da substituição das lâmpadas presentes por lâmpadas LED. O investimento necessário para o *retrofit* do sistema de iluminação da edificação é detalhado na Tabela 61.

Tabela 61 – Investimento necessário para iluminação - *Retrofit* edificação

Descrição	Quantidade	Preço unitário	Total
Lâmpada T8 Led 18w 6500k	2.095	R\$ 24,90	R\$ 52.165,50
Lâmpada bulbo Led 9w 6500k	217	R\$ 9,90	R\$ 2.148,30
Lâmpada T5 Led 10w 6500k	51	R\$ 29,90	R\$ 1.524,90
Refletor Led 50w 6500k	17	R\$ 68,90	R\$ 1.171,30
Lâmpada dicroica Led 4,8w 2700k	17	R\$ 15,90	R\$ 270,30
Total	2.397	-	R\$ 57.280,30

A avaliação econômica do *retrofit* do sistema de iluminação foi realizado tendo em vista as seguintes características:

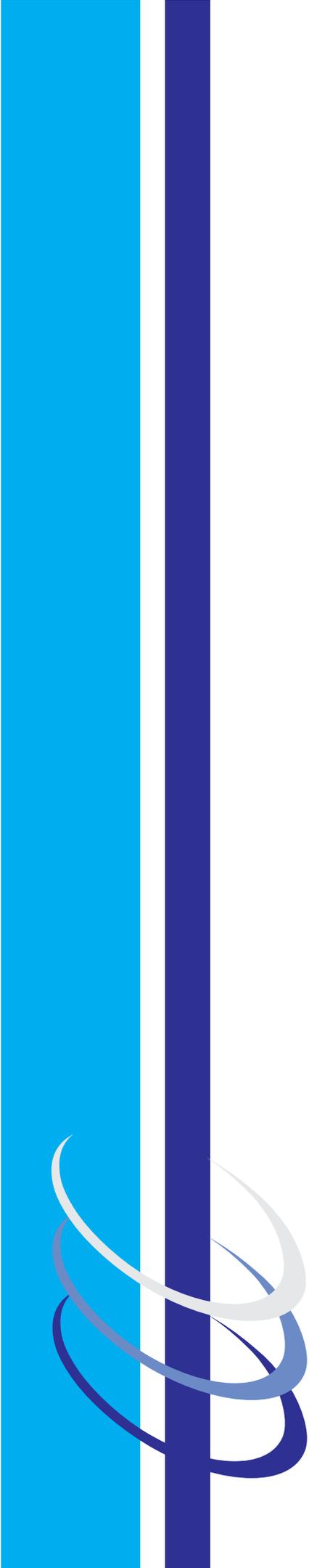
- Custo da energia: R\$ 1,46/ kWh, média das tarifas de consumo na ponta e fora de ponta, conforme tabela de tarifas e preços finais de energia elétrica do Grupo A4, horo sazonal verde (COELBA, 2020b);
- Taxa mínima de atratividade: 20% a.a (EPA, 1998);
- Considerou-se um horizonte de 5 anos correspondente a vida útil das lâmpadas (25.000hs);
- Considerou-se somente o investimento nos materiais, não levando em conta os custos de mão de obra, tendo em vista que a Equipe de Manutenção Predial da EPUFBA juntamente com a SUMAI se responsabilizam pelas instalações.

Os indicadores econômicos Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e Tempo de Retorno do Investimento (*Payback*) são detalhados na Tabela 62.

Tabela 62 – Indicadores econômicos iluminação - *Retrofit* edificação

Indicadores	Valor
Investimento	R\$ 57.280
Economia	R\$ 40.288/ano
TMA	20% a.a
VPL	R\$ 63.081
TIR	64%
<i>Payback</i> simples	1 ano e 5 meses

Tendo em vista que o Valor Presente Líquido foi de R\$ 63.081 e a Taxa Interna de Retorno foi de 64%, sendo maior que Taxa Mínima de Atratividade (20%), conclui-se que a alternativa consegue pagar o investimento num período de 1 ano e 5 meses, e ainda gerar economias ao longo da vida útil do sistema, ou seja, a alternativa é economicamente viável.



UFBA
UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA

PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL - PEI

Rua Aristides Novis, 02, 6º andar, Federação, Salvador BA

CEP: 40.210-630

Telefone: (71) 3283-9800

E-mail: pei@ufba.br

Home page: <http://www.pei.ufba.br>