

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

**CONTRIBUIÇÃO DA GERAÇÃO SOLAR FOTOVOLTAICA NA CERTIFICAÇÃO
DE EDIFICAÇÕES PÚBLICAS PELO RTQ-C E EM EDIFÍCIOS DE ENERGIA
ZERO: LABORATÓRIO DE ENSINO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ**

HOSAÍAS ALVES DOS PRAZERES SILVA

DM: 25/2020

UFPA / ITEC / PPGEE
Campus Universitário do Guamá
Belém-Pará-Brasil
2020

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

HOSAÍAS ALVES DOS PRAZERES SILVA

CONTRIBUIÇÃO DA GERAÇÃO SOLAR FOTOVOLTAICA NA CERTIFICAÇÃO DE
EDIFICAÇÕES PÚBLICAS PELO RTQ-C E EM EDIFÍCIOS DE ENERGIA ZERO:
LABORATÓRIO DE ENSINO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ

DM: 25/2020

UFPA / ITEC / PPGEE
Campus Universitário do Guamá
Belém-Pará-Brasil
2020

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

HOSAÍAS ALVES DOS PRAZERES SILVA

CONTRIBUIÇÃO DA GERAÇÃO SOLAR FOTOVOLTAICA NA CERTIFICAÇÃO DE
EDIFICAÇÕES PÚBLICAS PELO RTQ-C E EM EDIFÍCIOS DE ENERGIA ZERO:
LABORATÓRIO DE ENSINO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ

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

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

2020

S586c Silva, Hosaías Alves dos Prazeres, 1983-

Contribuição da geração solar na certificação de edificações públicas pelo RTQ-C e em edifícios de energia zero: laboratório de ensino da Universidade Federal do Pará / Hosaías Alves dos Prazeres Silva,-2020,

Orientadora: Maria Emília de Lima Tostes

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Tecnologia, Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica, Belém, 2020.

1, Sistema de energia fotovoltaica. – aspectos econômicos. 2. Arquitetura e conservação de energia. 3. Arquitetura sustentável – testes. 4. Universidade Federal do Pará. I. Título.

CDD 23 ed. 333.7932

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

CONTRIBUIÇÃO DA GERAÇÃO SOLAR FOTOVOLTAICA NA CERTIFICAÇÃO DE
EDIFICAÇÕES PÚBLICAS PELO RTQ-C E EM EDIFÍCIOS DE ENERGIA ZERO:
LABORATÓRIO DE ENSINO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ

AUTOR: HOSAÍAS ALVES DOS PRAZERES SILVA

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

APROVADA EM: 30/10/2020.

BANCA EXAMINADORA:

Dra. Maria Emília de Lima Tostes
(ORIENTADORA – PPGEE/UFPA)

Dr. Carlos Tavares da Costa Junior
(MEMBRO INTERNO – PPGEE UFPA)

Dr. Rogério Diogne Souza Silva
(MEMBRO EXTERNO – CENTRO UNIVERSITÁRIO DE BRASÍLIA/DF)

Dr. Luiz Carlos Pereira da Silva
(MEMBRO EXTERNO – UNICAMP/SP)

Visto:

Dra. Maria Emília de Lima Tostes
(COORDENADORA DO PPGEE / ITEC / UFPA)

DEDICATÓRIA

Dedico essa dissertação à minha família, pelo apoio e presença incondicionais, pela formação de meu caráter e pelo bem-estar espiritual, sem a qual não poderia alcançar a plenitude dos benefícios de todas as realizações e conquistas, dentre as quais este trabalho faz parte.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a orientação da professora doutora Emília Tostes no direcionamento e suporte para que este trabalho pudesse ser realizado.

Agradeço aos professores do Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica da UFPA pelo conhecimento e experiências compartilhados e à equipe de colaboradores e discentes usuários do Laboratório de Engenharia Elétrica e Computação na facilitação de obtenção de dados para a construção deste material.

Por fim, agradeço também aos colegas de pós graduação na colaboração e contribuição no estudo de caso desta dissertação.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	Motivação do Trabalho	17
1.2	Estado da Arte	18
1.2.1	Benefícios da Eficiência Energética nas Edificações Públicas	18
1.2.2	Cenário Atual e Contribuição da Energia Solar Fotovoltaica	26
1.2.3	Conceitos de Edifício de Energia Zero – EEZ	33
1.3	Objetivos.....	37
1.3.1	Geral	37
1.3.2	Específicos.....	38
1.4	Relevância do Estudo	38
1.5	Estrutura Organizacional da Dissertação	39
2	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E CERTIFICAÇÃO PELO RTQ-C	41
2.1	Política Energética.....	41
2.2	Métodos Ativos – Conceitos EEZ /EEQZ.....	42
2.2.1	Sistemas de iluminação com LED.....	42
2.2.2	Condicionamento de Ar.....	42
2.3	RTQ-C	43
2.4	Análise de Eficiência Energética de Sistemas de Iluminação Artificial	45
2.4.1	Procedimentos para Determinação da Eficiência	49
2.5	Análise de Eficiência Energética de Sistemas de Condicionamento de Ar	52
2.5.1	Procedimentos para Determinação da Eficiência	55
3	CONTRIBUIÇÃO DA GERAÇÃO SOLAR FOTOVOLTAICA NA CERTIFICAÇÃO RTQ-C E EDIFÍCIOS DE ENERGIA ZERO	58
3.1	Métodos Ativos para EEZ – Sistemas de Geração Solar Fotovoltaica e seus Elementos	58
3.1.1	Módulos Fotovoltaicos	60
3.1.2	Associação de Módulos Fotovoltaicos	63
3.1.3	Inversores	65
3.1.4	Inversores para Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede - SFCR.....	66
3.2	Dimensionamento de Sistema de Geração Fotovoltaica Conectado à Rede	69
3.2.1	Avaliação do Potencial Solar.....	70

3.2.2 Dimensionamento do Gerador Fotovoltaico.....	72
3.2.3 Dimensionamento do Inversor.....	75
3.2.3.1 Fator de Dimensionamento do Inversor	76
3.3 Aplicações de Geração Solar Fotovoltaica na Universidade	76
4 ESTUDO DE CASO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	81
4.1 Descrição da Edificação	83
4.2 Análise e Proposta de Eficiência Energética para o Sistema de Iluminação	84
4.2.1 Análise do Sistema de Iluminação	84
4.2.2 Proposta de melhoria do Sistema de Iluminação.....	88
4.3 Análise e Proposta de Eficiência Energética para o Sistema de Condicionamento de Ar	101
4.3.1 Análise do Sistema de Condicionamento de Ar	101
4.3.2 Proposta de melhoria do Sistema de Condicionamento de Ar	105
4.4 Análise Computacional de Viabilidade Econômica, Energética e Ambiental	108
4.4.1 Taxa Interna de Retorno – TIR e Tempo de Retorno do Investimento	111
4.5 Análise Ambiental	112
4.6 Proposta de Geração Solar Fotovoltaica conectada à Rede como Bonificação para o Nível de Eficiência do RTQ-C e Transformação em EEZ	113
4.6.1 Análise de Consumo do LEEC	113
4.6.2 Dimensionamento do Gerador Solar Fotovoltaico	116
4.6.3 Dimensionamento do Sistema de Condicionamento de Potência	117
4.6.4 Resultados da Geração Solar Fotovoltaica	119
4.7 Classificação Geral da Edificação – EEZ/EEQZ e RTQ-C	123
5 CONCLUSÃO	127
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	130
ANEXO I – Tabela do Sistema de Iluminação Existente – LEEC.....	137
ANEXO II – Tabela do Sistema de Condicionamento de Ar Existente – LEEC.....	139
ANEXO III – Planilhas de Cálculo do Sistema de Iluminação – LEEC – Atual e <i>Retrofit</i> ...	140
ANEXO IV – Planilhas de Cálculo para <i>Retrofit</i> do Sistema de Condicionamento de Ar – LEEC	213
ANEXO V – Blocos de Áreas – Software RETScreen®	252

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 – Sistemas fotovoltaicos conectados à rede em campus universitário	29
Tabela 2.1 – Índices de Refletância	47
Tabela 2.2 – Fator de depreciação	48
Tabela 3.1 – Dados técnicos que constam na etiqueta do módulo fotovoltaico	61
Tabela 3.2 – Classes de eficiência de módulos fotovoltaicos no Brasil	63
Tabela 3.3 – Potência dos sistemas fotovoltaicos integrados ao CEAMAZON	78
Tabela 4.1 – Iluminância existente no LEEC em comparação ao estabelecido pela NBR ISO/CIE 8995-1:2013	85
Tabela 4.2 – Classificação do sistema de iluminação existente no LEEC	87
Tabela 4.3 – Valores do sistema existente e da proposta de melhoria	89
Tabela 4.4 – Densidades de potência limite	92
Tabela 4.5 – Definição de atividades e comparação de RCR	93
Tabela 4.6 – Definição de equivalente numérico de cada ambiente após <i>Retrofit</i>	94
Tabela 4.7 – Análise de potência instalada	96
Tabela 4.8 – Pré-requisitos RTQ-C para o Sistema de Iluminação	99
Tabela 4.9 – Cálculo de ponderação e equivalente numérico do Sistema de Iluminação após <i>Retrofit</i>	100
Tabela 4.10 - Sistema de Condicionamento de Ar existente corrigida e análise de carga	101
Tabela 4.11 - Equivalente numérico do sistema existente de Ar Condicionado – Classificação	103
Tabela 4.12 - Dimensionamento e Classificação do sistema de Condicionamento de Ar após <i>Retrofit</i>	105
Tabela 4.13 – Economia inicial de consumo de energia elétrica com o <i>Retrofit</i>	107
Tabela 4.14 – Economia e custos iniciais para o <i>Retrofit</i>	111
Tabela 4.15 – Fator Médio de Emissão de CO ₂ grid mês/ano	113
Tabela 4.16 – Consumo geral de energia elétrica do LEEC	114
Tabela 4.17 - Comparação dos limites nominais do inversor com o arranjo fotovoltaico	119
Tabela 4.18 – Dados do inversor Fronius Symo 20.0-3-M	119
Tabela 4.19 - Resultados obtidos do Sistema de Geração Fotovoltaica	120
Tabela 4.20 – Estimativa do custo anual de energia convencional	120

Tabela 4.21 – Custo total de aquisição e instalação do sistema fotovoltaico –	
Investimento Inicial	121
Tabela 4.22 – <i>Payback</i> para vida útil estimada de 20 anos	122

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Nova proposta de ENCE para (a) avaliação completa, (b) parte 2 e (c) parte 3	22
Figura 1.2 – Nova proposta de ENCE para avaliação parcial do sistema de ar condicionado	25
Figura 1.3 – Laboratório vivo em Campus Sustentável na UNICAMP	26
Figura 1.4 – Evolução da capacidade solar fotovoltaica instalada	28
Figura 1.5 – Sistemas de Gestão do Projeto SIMA/CEAMAZON/UFPA	32
Figura 1.6 – Itinerário dos ônibus elétricos (9 km) e do barco elétrico-fotovoltaico (2 km) no Campus Guamá da UFPA	33
Figura 1.7 – Característica gráfica de Edifício de Energia Quase Zero	35
Figura 1.8 – Tipos de EEZ, conforme localização da geração de energia renovável	36
Figura 1.9 – Edifício ENERPOS – Énergie Positive	37
Figura 2.1 – Quadro de Classificação Geral de Eficiência dos Sistemas	45
Figura 2.2 – Características da tarefa e do observador	46
Figura 2.3 – Níveis de iluminância em laboratórios de ensino	46
Figura 2.4 – Índices utilizados na definição da eficiência do recinto	47
Figura 2.5 – Quadro 4.1 do RTQ-C: Relação entre pré-requisitos e níveis de eficiência	49
Figura 2.6 – Planilha para dimensionamento de sistema de iluminação	50
Figura 2.7 – Mapa de fatores climáticos	53
Figura 2.8 – Planilha de cálculo para dimensionamento de sistema de ar condicionado	55
Figura 2.9 – <i>Check list</i> para verificação de cumprimento de pré-requisito	56
Figura 3.1 – Sistema isolado com cargas em CC ou em CA	59
Figura 3.2 – Sistema conectado à rede	60
Figura 3.3 – Modelo de etiqueta do INMETRO afixada nos módulos fotovoltaicos	62
Figura 3.4 – Curvas I-V para módulos idênticos associados em série	64
Figura 3.5 – Curvas I-V para módulos idênticos associados em paralelo	64
Figura 3.6 – Tipos de inversores classificados de acordo com o princípio de funcionamento	65
Figura 3.7 – Inversor de dois estágios	66
Figura 3.8 – Modelo de etiqueta do Inmetro para controladores de carga	69

Figura 3.9 – Exemplo de perfis de radiação solar diária com valores equivalentes de HSP	70
Figura 3.10 – Tela Inicial do METEONORM para conFigurações de localização	71
Figura 3.11 – Irradiância Média Mensal em Belém/PA	72
Figura 3.12 – Temperatura Média Mensal em Belém/PA	72
Figura 3.13 – Tela inicial do SISGEE	74
Figura 3.14 - Área do CEAMAZON, com instalação de sistema fotovoltaico.....	77
Figura 3.15 – Detalhe da implantação da estrutura de suporte dos painéis fotovoltaicos	78
Figura 3.16 – Vista superior do prédio Mirante do Rio	79
Figura 3.17 – <i>Layout</i> de localização dos sistemas fotovoltaicos	79
Figura 4.1 – Edifício de Aplicação da Metodologia: LEEC/UFPA	81
Figura 4.2 – Fluxograma da metodologia aplicada no trabalho	82
Figura 4.3 – Planta baixa das atividades Pavimento Superior	83
Figura 4.4 – Planta baixa das atividades Pavimento Térreo	84
Figura 4.5 – Tela inicial do RETScreen® para o estudo de caso	108
Figura 4.6 – Escolha do combustível e inserção de preço	109
Figura 4.7 - Preenchimento de dados de iluminação no RETScreen® (bloco)	110
Figura 4.8 - Preenchimento de dados de Condicionamento de Ar no RETScreen® (bloco)	110
Figura 4.9 - Análise financeira do projeto de <i>Retrofit</i>	112
Figura 4.10 - Análise ambiental após <i>Retrofit</i>	113
Figura 4.11 – SISGEE: Perfil de consumo em maio de 2019	114
Figura 4.12 - Planta baixa de implantação do arranjo fotovoltaico	118
Figura 4.13 – Disposição dos arranjos nas coberturas do LEEC	118
Figura 4.14 – Balanço Energético do LEEC com Geração Fotovoltaica	124

RESUMO

Esse trabalho apresenta a contribuição da geração solar fotovoltaica como fonte renovável na metodologia para obtenção de Etiqueta Nível A em certificação de Eficiência Energética e para a transformação em Edifício de Energia Zero, sendo aplicável a edificações e laboratórios de ensino públicos. O passo-a-passo da metodologia consiste essencialmente em duas etapas: a primeira, através de um diagnóstico energético da edificação analisada seguindo as diretrizes estabelecidas no Regulamento Técnico da Qualidade em Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos – RTQ-C, resultando numa proposta de melhoria energética, financeira e ambiental processada com o auxílio do software RETScreen®; e a segunda, dimensionando um sistema de geração solar fotovoltaica, a partir de dados de medição local e do software Meteonorm®, como bonificação para obtenção da Etiqueta Nível A dos níveis do RTQ-C e com capacidade de produção de energia que torne o balanço energético da edificação positivo, tornando-a um Edifício de Energia Zero. A fim de contextualizar a relevância do trabalho e atualizar o leitor no estado da arte aplicável à metodologia, é apresentada uma revisão bibliográfica direcionada aos benefícios da Eficiência Energética nas edificações públicas e ao RTQ-C; ao cenário atual, aplicação e contribuição da Energia Solar Fotovoltaica no desenvolvimento sustentável, na obtenção de classificações reconhecidas nacional e internacionalmente para edifícios públicos; e aos conceitos atualmente utilizados pela comunidade acadêmica para caracterização de Edifícios de Energia Zero. A revisão bibliográfica e a metodologia foram aplicadas em estudo de caso do Laboratório de Engenharia Elétrica e Computação – LEEC, situado no Campus Guamá da Universidade Federal do Pará, com apresentação dos resultados energético, financeiro e ambiental, mostrando ser uma solução a ser aplicada em instituições e edificações públicas que possuam espaço disponível e infraestrutura semelhante à do LEEC.

Palavras-chave: sistema fotovoltaico, eficiência energética, edifícios públicos, edifício de energia zero, desenvolvimento sustentável.

RÉSUMÉ

Cette thèse s'agit de la contribution de la production solaire photovoltaïque comme source renouvelable dans la méthodologie d'obtention du Label A en Efficacité Énergétique et dans la transformation en Bâtiment à Énergie Zéro, applicable aux bâtiments et aux laboratoires d'enseignement publics. La méthodologie pas à pas se compose essentiellement de deux étapes: la première, à travers d'un diagnostic énergétique du bâtiment analysé, selon les lignes directrices établies dans le Règlement Technique sur la Qualité dans les Bâtiments Commerciaux, de Services et Publics - RTQ-C, menant à une proposition d'amélioration énergétique, financière et environnementale traitée à l'aide du logiciel RETScreen®; et la deuxième, en dimensionnant un système de génération solaire photovoltaïque, à partir des données de mesure locales et du logiciel Meteonorm®, en prime pour l'obtention du Label Niveau A des niveaux RTQ-C et avec une capacité de production d'énergie qui fait le bilan énergétique du bâtiment être positive, ce qui en fait un Bâtiment à Énergie Zéro. Afin de contextualiser la pertinence des travaux et de mettre à jour le lecteur dans l'état de l'art applicable à la méthodologie, une revue bibliographique est présentée, orientée sur les bénéfices de l'Efficacité Énergétique dans les bâtiments publics et vers le RTQ-C; au scénario actuel, à l'application et à la contribution de l'Énergie Solaire Photovoltaïque au développement durable, en obtenant des classifications reconnues au niveau national et international pour les bâtiments publics; et vers les concepts actuellement utilisés par la communauté universitaire pour caractériser les Bâtiments à Énergie Zéro. La revue bibliographique et la méthodologie ont été appliquées dans une étude de cas du Laboratoire d'Ingénierie Électrique et Informatique – LEEC (en portugais), situé sur le Campus Guamá de l'Université Fédérale du Pará, mettant en relief les résultats énergétiques, financiers et environnementaux, montrant qu'il s'agit d'une solution à appliquer dans les institutions publiques et les bâtiments qui disposent d'un espace et d'une infrastructure disponibles similaires à ceux du LEEC.

Mots-clés: système photovoltaïque, efficacité énergétique, bâtiments publics, bâtiment a énergie zéro, développement durable.

ABSTRACT

This work presents the contribution of solar photovoltaic generation as a renewable source in the methodology for obtaining Level A Label in Energy Efficiency certification and for the transformation into a Zero Energy Building, being applicable to buildings and public teaching laboratories. The methodology step-by-step essentially consists of two stages: the first, through an energetic diagnosis of the building analyzed, following the guidelines established in the Technical Regulation on Quality in Commercial, Service and Public Buildings - RTQ-C (in portuguese), resulting in a proposal of energetic, financial and environmental improvement processed with the aid of the RETScreen® software; and the second, dimensioning a photovoltaic solar generation system, based on local measurement data and the Meteonorm® software, as a bonus for obtaining the Level A Label of the RTQ-C levels and with energy production capacity that makes the energetic balance of the building as positive, making it a Zero Energy Building. In order to contextualize the relevance of the work and update the reader in the state of the art applicable to the methodology, a bibliographic review is presented, directed to the benefits of Energy Efficiency in public buildings and to the RTQ-C; to the current scenario, application and contribution of Solar Photovoltaic Energy in sustainable development, in obtaining nationally and internationally recognized classifications for public buildings; and the concepts currently used by the academic community to characterize Zero Energy Buildings. The bibliographic review and methodology were applied in a case study of the Laboratory of Electrical and Computer Engineering – LEEC (in portuguese), located at the Campus Guamá of the Federal University of Pará, with presentation of the energetic, financial and environmental results, showing that it is a solution to be applied in public institutions and buildings that have available space and similar infrastructure to that of the LEEC.

Key words: photovoltaic system, energy efficiency, public buildings, zero energy building, sustainable development.

1 INTRODUÇÃO

A segurança energética ganhou posição de destaque no debate político ao redor do planeta, inclusive no Brasil, com os preços do petróleo e do gás natural atingindo recordes e com preocupações crescentes a respeito do futuro da oferta de energia. Entretanto, não haverá nenhuma segurança energética real, caso não exista um meio ambiente estável e seguro, e tal ponto é particularmente verdadeiro quando considerados os efeitos nefastos das mudanças climáticas (WWF, 2007).

Desse modo, reduzir o consumo de energia elétrica nas edificações representa um papel fundamental no processo de transição energética, mitigando a necessidade da construção de grandes usinas geradoras, redução de emissão de gases nocivos e autossuficiência na geração de energia elétrica distribuída, cabendo destacar que a geração proveniente do recurso solar desempenha um papel notável nessa transição, dada a uniformidade de sua distribuição em escala global (VILLA-ARRIETAA, 2019).

A eficiência energética conduz ao crescimento da economia, reduz a emissão de gases de efeito estufa e aumenta a segurança energética. As energias renováveis têm um papel fundamental na construção de sistemas de energia elétrica cada vez mais eficientes e menos poluidores. No Brasil, a caminhada para a disseminação de fontes renováveis de energia constitui uma das linhas de investimento do governo federal em geração de energia. Dentre os sistemas mais promissores encontra-se a geração de energia solar fotovoltaica, com abundantes recursos de irradiação solar em grande parte do território nacional (BARBOSA FILHO, 2016)

Para Birol (2020), a correta combinação de políticas de eficiência permite alcançar percentuais acima de 40% das reduções necessárias para alcançar as metas climáticas sem a necessidade de criação de novas tecnologias. Seguindo o mesmo objetivo, diversos conceitos e ações vem se consolidando pelo mundo, dentre os quais destacam-se os conceitos de edifício de energia zero (EEZ), do inglês *Zero Energy Building* (ZEB), e de edifício de energia quase zero (EEQZ), do inglês *Nearly-Zero Energy Building* (NZEB), uma vez que este tem se tornado cada vez mais forte e alterando a forma como vemos um edifício. Edifícios do tipo EEQZ possuem alta performance energética e a energia requerida é proveniente em sua maior parte de fontes renováveis (EUROPEAN COMMISSION, 2020).

Nos últimos anos o conceito EEZ tem se tornado tendência de *design* em projetos de futuros prédios. Em países da União Europeia o conceito vem se concretizando de modo que a partir de 2020 será obrigatório para todas as novas edificações (FIGUEIREDO, 2018).

Embora sem regulação e certificação coordenadas por entidades governamentais, o Brasil possui certificações de fundações e organizações internacionais, com 52 projetos certificados (GBCBRASIL, 2020).

A partir de políticas de incentivos e regulamentação do setor energético, o conceito de EEZ pode ser introduzido nos projetos e reformas de institutos e laboratórios de ensino e pesquisa das Universidades Públicas do Brasil que possuem e operam grande número de instalações de energia elétrica em suas edificações ao longo de uma área extensa com uma crescente e contínua necessidade de fornecimento de eletricidade. Some-se a isso algumas possuírem o espaço físico que as tornam locais atrativos para inserção de projetos de integração de geradores solares fotovoltaicos, com áreas em coberturas de edificações, estacionamentos e terrenos muitas vezes ideais para utilização de tais tecnologias.

Nos resultados, benefícios associados com o desenvolvimento nos campi como energia solar fotovoltaica, energia eólica, sistemas de cogeração e medidas de eficiência energética incluem redução de custos com energia e menos emissões de CO₂ (dióxido de carbono), ajudando a reduzir os efeitos do aquecimento global e a dependência de fontes de combustíveis fósseis. Segundo relatório da EARPC (2017), uma transição de consumo energético para 100% proveniente de fontes de energias renováveis é o melhor caminho para as centenas de universidades americanas que assumiram compromisso de neutralizar suas emissões de carbono até 2050.

1.1 Motivação do Trabalho

Um estudo de campo realizado em 2019 em edificações públicas da Universidade Federal do Pará resultou na motivação para este trabalho. O estudo consistiu em análises de eficiência energética e propostas de melhoria que resultassem em prédios mais eficientes do ponto de vista da utilização de energia elétrica, com possibilidade de transformação em edifícios de energia zero (EEZ) ou edifícios de energia quase zero (EEQZ), aptos a receberem certificações do Programa Brasileiro de Etiquetagem. Durante a abordagem de ideias e propostas para a Etiquetagem segundo os Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C), verificou-se que há bonificação de até 1 ponto (numa escala de etiquetagem: 1-5) em economias de 10% com uso de energias renováveis e 70% de fração solar para coletores (PROCEL EDIFICA, 2014).

No Brasil, a iluminação artificial representa um valor bastante expressivo no consumo de energia elétrica (EPE, 2007). Sendo assim, o bom desempenho de um sistema de iluminação depende dos critérios estabelecidos na fase de projeto ou reforma, envolvendo informações sobre lâmpadas, luminárias, ambiente iluminado e o tipo de atividade a ser executada no local.

Um bom projeto também é a base para que o sistema de ar condicionado proporcione simultaneamente conforto térmico, eficiência energética e economia. Entretanto, a correta instalação e seu uso e manutenção apropriados também têm importância fundamental para manter o desempenho dos equipamentos.

Com a necessidade de melhoria dos aspectos energéticos e ambientais e como forma de bonificação para obtenção de uma Etiqueta nível A e transformação em Edifício do tipo EEQZ, mesmo em prédios existentes ou naqueles cuja análise de todos os elementos exigidos pelo Regulamento não for possível, esse trabalho propõe um guia geral com metodologia para edificações públicas de educação do tipo laboratórios de ensino e pesquisa para a inserção da geração solar fotovoltaica em conjunto com as ações de eficiência energética, a fim de esclarecer e alcançar os seguintes pontos:

- I. Quais os resultados de economia de energia e financeira a partir das ações de eficiência energética?
- II. O que representam as reduções de emissões de gases e aquecimento global decorrentes das ações propostas?
- III. De que maneira a inserção de energia solar fotovoltaica contribui para a eficiência e certificação de uma edificação pública de ensino e sua transformação em Edifício EEQZ?

1.2 Estado da Arte

1.2.1 Benefícios da Eficiência Energética nas Edificações Públicas

De acordo com a *Environment Investigation Agency – EIA* (2012), os impactos energético-financeiro-ambientais mundiais dos edifícios comerciais, de serviços e públicos são responsáveis pelo consumo de cerca de 40% da energia produzida e pela emissão de cerca de 40% de CO₂ através de seus sistemas de iluminação, condicionamento de ar e aquecimento. No Brasil, (PROCEL, 2017) o consumo de eletricidade pelos setores residenciais, comerciais e

públicos equivale a 47,6% do total de energia gerada, dos quais, 71% equivalem à demanda de uso final para sistemas de iluminação e condicionamento de ar.

Ainda segundo a *EIA* (2014), os benefícios da eficiência energética incluem várias vantagens macroeconômicas, aumento do acesso à energia, melhoria da qualidade dos serviços energéticos, redução da poluição atmosférica, entre outros.

As edificações públicas contribuem bastante para o custo de energia elétrica, a fim de atender seus sistemas de iluminação artificial, condicionamento de ar e equipamentos elétricos. Somados a ocupação predial (usuários) e trocas térmicas entre o ambiente interno e externo, esses sistemas produzem carga térmica que deve ser neutralizada pelo sistema de condicionamento de ar, requerendo ainda mais energia para atingir temperaturas dentro da zona de conforto estabelecidas em normas nacionais e de ergonomia. Portanto, a obtenção de uma edificação energeticamente eficiente é feita através de um conjunto de ações – sobretudo ainda, mas não somente, na fase de projeto – que intervenham na envoltória e no sistema de condicionamento de ar. Estes, por sua vez, são os principais responsáveis pela oferta de iluminação natural e pelas trocas térmicas entre os ambientes interno e externo (OLIVEIRA, 2013).

Zemero (2016) estudou a etiquetagem em edificações sob a ótica da viabilidade do uso da tecnologia *BIM* (*Building Information Modeling*) aplicada em um estudo de caso onde foi analisada a inserção dos *softwares* para melhorar a eficiência energética na atividade projetual arquitetônica. A tecnologia *BIM* serviu como ferramenta multidisciplinar integrada as metodologias de etiquetagem nacional e projetos de sustentabilidade.

O estudo da etiquetagem no Brasil se iniciou em 1984 pelo INMETRO, ocorrendo junto com a sociedade uma discussão sobre a questão da eficiência energética, com a finalidade de contribuir para a racionalização do uso da energia no Brasil. Inicialmente restrito à área automotiva, este projeto cresceu e ganhou *status* de Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), agindo principalmente no setor de produtos consumidores de energia elétrica. Em 2009, no âmbito do PBE, foram desenvolvidos os Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) e o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R) e seus documentos complementares.

Fossati e Lamberts (2010) atestam que o RTQ-C surge como uma ferramenta para estimular o emprego de técnicas de projeto e estratégias bioclimáticas para a criação de soluções arquitetônicas mais adequadas ao ambiente climático em que estão inseridas; e Amorim et al (2010), ao efetuar a análise da sede do Conselho Federal de Engenharia

e Arquitetura, em Brasília, por meio dos métodos determinados no RTQ-C constatou que os valores obtidos através do método prescritivo estavam de acordo com os valores obtidos em simulação, validando desta forma a metodologia de cálculo determinada pelo regulamento. O RTQ-C se aplica a edificações comerciais e públicas, e avalia os sistemas de envoltória, condicionamento de ar e iluminação, classificando-os de A (mais eficiente) a E (menos eficiente).

Oliveira (2013) realizou uma profunda análise da envoltória de uma edificação no mesmo campus em que se encontra o estudo de caso deste trabalho. Avaliando também os sistemas de iluminação e condicionamento de ar, determinou o nível de eficiência energética da edificação, porém não obteve um resultado muito satisfatório, motivando a exploração e proposta baseada nas opções de bonificação por uso de energias renováveis como elemento diferencial para este trabalho.

O Governo Federal lançou no dia 05 de junho 2014 – dia do Meio Ambiente – a obrigatoriedade da etiquetagem de todos os edifícios públicos federais acima de 500 m², através de Instrução Normativa que determina a Etiquetagem do Nível de Eficiência Energética para os novos edifícios ou os que estejam em processo de reforma com recursos federais, através da utilização da ENCE (Etiqueta Nacional de Conservação de Energia) definida pela publicação da Instrução Normativa MPOG SLTI nº 2, de 05 de junho de 2014:

"Os projetos de edificações públicas federais novas devem ser desenvolvidos ou contratados visando, obrigatoriamente, à obtenção da ENCE Geral de Projeto classe A... ainda que nem todos os sistemas avaliados na edificação (envoltória, iluminação e condicionamento de ar) sejam objeto do retrofit, é recomendável que a edificação seja completamente avaliada, emitindo-se a ENCE Geral."

Uma atualização do RTQ-C, lançada em agosto de 2017, baseia-se no consumo de energia primária total, comparando as características da edificação em questão com condições de referência que equivalem ao nível de eficiência energética D. Um dos principais motivos para a atualização do método foi atender aos aspectos climáticos com mais precisão de um maior número de subáreas do Brasil. Para a verificação da influência do clima, esta versão adota a classificação de climas proposta por Roriz (2014), que divide o território brasileiro em 24 grupos climáticos e suas principais cidades.

Como quase toda atividade executada no Brasil, o Condicionamento de Ar tem que atender a uma série de normas e regulamentos legais. O Regulamento Específico para Uso da

Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) de Condicionadores de Ar preparado pelo INMETRO para o PBE é constituído de parâmetros de orientação entre o INMETRO e a indústria para obtenção do nível de eficiência energética de cada unidade de ar condicionado comercializado no Brasil (INMETRO, 2003).

O Ministério de Minas e Energia (MME), segundo notícia em jornal de grande circulação (ESTADÃO, 2017) irá publicar uma proposta para exigir uma maior eficiência energética dos aparelhos de ar condicionado (AC) vendidos no país. A indústria já está se preparando para esta mudança que, se aprovada, eliminará do mercado cerca de 40% dos modelos de AC atuais. O projeto irá atuar sobre o coeficiente de eficiência energética (CEE) de alguns tipos de AC a fim de aumentar o nível mínimo hoje exigido. O nível de eficiência energética de um AC dado na sua etiqueta do INMETRO é baseado em limiares de CEE, que é uma grandeza adimensional medida pela razão entre a capacidade total de Condicionamento de Ar de um aparelho, em Watts (W), e a energia consumida neste processo, também em W. A categoria mais abundante no país com cerca de 80% do mercado, os AC do tipo *high-wall*, muitas vezes chamados de "*splits*", passará de um CEE mínimo de 2,6 para, num primeiro momento a 2,81 e, depois, 3,02, em etapas diferentes para fabricantes, atacadistas e varejistas do setor. A proposta também estipula níveis mais exigentes para outros tipos com menor representatividade no mercado, como o AC tipo janela.

Um empreendimento tem a possibilidade de ser avaliado na fase de projeto, situação ideal obrigatória pela Instrução Normativa MPOG SLTI nº 2, de 05 de junho de 2014, ou depois de construído, através de reformas, para edifícios existentes, como é o caso do Laboratório de Ensino avaliado neste trabalho. A etiqueta é dada por avaliação completa, apresentada na Figura 1.1, ou para avaliações parciais de um dos sistemas acima destacados em conjunto obrigatoriamente com a envoltória, na Figura 1.2, para o sistema de condicionamento de ar.

No Brasil, existem alguns tipos de mecanismos de políticas públicas para Eficiência Energética: suporte (informação e treinamento), comando e controle (leis e regulação, normas técnicas), mercado (taxas, incentivos, leilões de eficiência, certificados brancos) e fundos (fundos de aval para Empresas de Serviços de Conservação de Energia, CTEneg e PEE) (UNICAMP, 2018). Dentre as inúmeras contribuições de universidades destaca-se um Projeto Prioritário de Eficiência Energética fomentado pela ANEEL e em aplicação na Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP: Desenvolvimento de um modelo de Campus Sustentável na UNICAMP, sob coordenação do Departamento de Sistemas de Energia Elétrica. Com o objetivo de Criação de um modelo de Campus Sustentável na UNICAMP, através da implantação de um Laboratório vivo, o projeto tem aplicações em Monitoramento do sistema

elétrico, Mini geração renovável, Mobilidade elétrica, Eficiência energética, Gerenciamento em IoT (*Internet of Things*), Gestão de energia e *Benchmarking* em sustentabilidade energética, ilustradas na Figura 1.3.

Figura 1.1 – Nova proposta de ENCE para (a) avaliação completa, (b) parte 2 e (c) parte 3



INMETRO
PBE Edifica

Eficiência Energética

Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas

Edificação: XXXXX xxxxxx
 Identificação da unidade: Xxxxxx
 Endereço: XXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXXX
 Cidade/UF: XXXXXXXX/XX
 Portaria RTQ-C: XXXXXX
 Portaria RAC: XXXXXX
 Método de avaliação: SIMPLIFICADO
 Data da ENCE de projeto: XX/XX/XXXX

☒ **ENCE PROJETO**
☐ **ENCE EDIFICAÇÃO CONSTRUÍDA**

O nível de eficiência energética alcançado deve ser confirmado pela **ENCE DA EDIFICAÇÃO CONSTRUÍDA**

Mais eficiente

A

B

C

D

E

Menos eficiente

A

± XX% em relação ao D

Consumo Anual de Gás: xx,xx m³/ano
 Consumo Anual de Energia Elétrica: xxx.xx,xx kWh/ano
 Consumo de Energia Primária Edificação: xx,xx kWh/m²

CLASSIFICAÇÃO DA EDIFICAÇÃO



Edificação completa
(sem a geração)

A



Geração de energia renovável

Geração: XX%

Energia gerada: xx.xxx kWh/ano

Informativo



Uso racional de água

Economia: XX%

Equipamentos economizadores XX%
 Aproveitamento da água de chuva XX%



Emissões de CO₂

Emissões CO₂: ±XX%
 redução/acréscimo em relação à condição de referência (D):
 xx.xxx,xx t.CO₂/ano

Observações: 1 - A etiqueta de projeto tem validade de 5 anos ou até ser emitida a etiqueta da edificação construída.
 2 - Para verificar a validade da etiqueta, consulte a página eletrônica do INMETRO: www.inmetro.com.br.




LOGOTIPO DO OIA

Nº. REGISTRO DO OIA



1/3

(a)

 INMETRO PBE Edifica		Eficiência Energética Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas Edificação: XXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXXX Identificação da unidade: XXXXX XXX			
CLASSIFICAÇÃO PARCIAL DOS SISTEMAS DA EDIFICAÇÃO					
 Envoltória	Áreas Condicionadas Resfriamento  Carga térmica real xxx.xxx kWh/ano Carga térmica de referência xxx.xxx kWh/ano	% área avaliada 100%	Percentual de horas atendidas Ventilação Natural xx%  100% 80% 60% 40% 20% 0%	% área avaliada 100%	
 Iluminação	Energia primária xxxx kWh/mês (ou xxxxxx kWh/ano)	Energia elétrica xxxx kWh/mês (ou xxxxxx kWh/ano)	Simplificado		
 Condicionamento de ar - resfriamento	Energia primária xxxx kWh/mês (ou xxxxxx kWh/ano)	Energia elétrica xxxx kWh/mês (ou xxxxxx kWh/ano) Energia térmica xxxx m³/mês (ou xxxxxx m³/ano)	Simplificado		
 Água quente	Energia primária xxxx kWh/mês (ou xxxxxx kWh/ano)	Energia elétrica xxxx kWh/mês (ou xxxxxx kWh/ano) Energia térmica xxxx m³/mês (ou xxxxxx m³/ano)	Simplificado		
 Equipamentos	Energia primária xxxx kWh/mês (ou xxxxxx kWh/ano)	Energia elétrica xxxx kWh/mês (ou xxxxxx kWh/ano)	Simplificado		
CLASSIFICAÇÃO DA EDIFICAÇÃO COMPLETA					
 Edificação completa xx% de economia em relação à condição de referência	Energia primária xxxx kWh/mês (ou xxxxxx kWh/ano) Geração de energia xxxx kWh/mês (ou xxxxxx kWh/ano)	Energia elétrica xxxxx kWh/mês (ou xxxxxx kWh/ano) Energia térmica xxxxx m³/mês (ou xxxxxx m³/ano)	Simplificado		
 PROCEL	 PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM	LOGOTIPO DO OIA	Nº. REGISTRO DO OIA		

 Eficiência Energética Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas Edificação: XXXXXXXX xxxxxxxxxxxxxxxx Identificação da unidade: Xxxxx xxx			
CONDIÇÃO DE AVALIAÇÃO			
ENVOLTÓRIA			
 - Explicação da carga térmica. - Explicação do percentual de horas de conforto térmico (POCt). - Explicação do percentual de horas de conforto lumínico (POCI). Condição real - Propriedades térmicas dos materiais construtivos de acordo com o projeto. - Densidade de potência em iluminação conforme projeto.	Condição de referência - Propriedades térmicas dos materiais construtivos de acordo com os valores da tabela X (condições de referência) do RTQ-C. - Densidade de potência em iluminação conforme tabela X (condições de referência para xxxxx tipologia) do RTQ-C. Em ambos modelos - Geometria (dimensões, orientação solar) e percentual de abertura na fachada conforme condição real do projeto. - Densidade de ocupação e densidade de equipamentos conforme tabela X (condição de referência) do RTQ-C.		
ILUMINAÇÃO			
 Condição real - Densidade de potência de iluminação conforme projeto. - Densidade de potência em iluminação em uso (quando aplicável), conforme projeto.	Condição de referência - Densidade de potência em iluminação conforme tabela X (condições de referência) do RTQ-C.		
CONDICIONAMENTO DE AR			
 Condição real - Coeficiente de desempenho (COP) de resfriamento e de aquecimento conforme projeto. - Carga térmica determinada conforme resultados da aplicação do método relativo a envoltória para o projeto edificação.	Condição de referência - Coeficiente de desempenho (COP) de resfriamento e de aquecimento conforme tabela X (condições de referência) para xxxxx tipologia). - Carga térmica determinada conforme resultados da aplicação do método da relativo a envoltória para condições de referência. Em ambos modelos - Tipo e capacidade do sistema de ar-condicionado de acordo com o projeto do modelo real. - Temperatura de setpoint para resfriamento: 24°C. - Temperatura de setpoint para aquecimento: 20°C.		
ÁGUA QUENTE			
 - Tipo e capacidade do sistema de aquecimento de água de acordo com projeto do modelo real.	- Temperatura de uso de água quente conforme tabela A (condições de referência para tipologia xxx) do RTQ-C.		
GERAÇÃO			
 - Tipo de energia renovável utilizada: ex. fotovoltaica. - Características e quantidade de painéis fotovoltaicos instalados na cobertura, segundo projeto do sistema fotovoltaico.	- Estimativa da geração local de energia segundo laudo técnico do projetista.		
USO RACIONAL DA ÁGUA			
 Condição real - Vazão de dispositivos considerando eventuais equipamentos economizadores conforme projeto. - Estimativa da oferta de água pluvial conforme laudo técnico do projetista.	Condição de referência - Vazão de dispositivos conforme tabela X (condições de referência) do RTQ-C. - Vazão de dispositivos conforme tabela X (condições de referência) do RTQ-C. Em ambos modelos - Número de dispositivos conforme projeto da edificação real. - Padrão de uso de dispositivos de acordo com a tabela X e Y (condições de referência para tipologia xxx) do RTQ-C. - Densidade de ocupação conforme tabela X (condições de referência para tipologia xxx) do RTQ-C.		
		LOGOTIPO DO OIA	Nº. REGISTRO DO OIA
3/3			

(c)

Fonte: CB3E (2017).

Figura 1.2 – Nova proposta de ENCE para avaliação parcial do sistema de ar condicionado



INMETRO
PBE Edifica

Eficiência Energética Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas

Edificação: XXXXX xxxxxx
 Identificação da unidade: Xxxxx
 Endereço: XXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXXX
 Cidade/UF: XXXXXXXX/XX
 Portaria RTQ-C: XXXXXX
 Portaria RAC: XXXXXX
 Método de avaliação: SIMPLIFICADO/ETIQUETA PARCIAL
 Data da ENCE de projeto: XX/XX/XXXX

☒ **ENCE PROJETO**
☐ **ENCE EDIFICAÇÃO CONSTRUÍDA**

**[O nível de eficiência energética alcançado deve ser
confirmado pela ENCE DA EDIFICAÇÃO CONSTRUÍDA]**

Mais eficiente

A

B

C

D

E

Menos eficiente

AVALIAÇÃO PARCIAL

CLASSIFICAÇÃO PARCIAL DOS SISTEMAS DA EDIFICAÇÃO

 ENVOLTÓRIA Percentual de Economia XX% A	 AR CONDICIONADO (REFRIGERAÇÃO) Percentual de Economia XX% B
 ILUMINAÇÃO Percentual de Economia XX%	 AQUECIMENTO DE ÁGUA Percentual de Economia XX%

Observações: 1 - A etiqueta de projeto tem validade de 5 anos ou até ser emitida a etiqueta da edificação construída.
 2 - Para verificar a validade da etiqueta, consulte a página eletrônica do INMETRO: www.inmetro.com.br.




LOGOTIPO
DO OIA

Nº. REGISTRO
DO OIA



1/3

Figura 1.3 – Laboratório vivo em Campus Sustentável na UNICAMP



Fonte: Silva (2017).

Esse projeto da UNICAMP contextualiza a realização de intercâmbio de informações, ideias e melhores práticas entre instituições globais, integrando operação, ensino e pesquisa com a sustentabilidade; a promoção da sustentabilidade socioambiental nos campi da UNICAMP através da implantação de uma “Política de Universidade Sustentável”; e a implantação de projetos e melhorias em eficiência energética e mini geração nos campi da UNICAMP, de modo a atender a política organizacional de sustentabilidade e se tornar referência nacional em sustentabilidade energética (SILVA, 2017).

1.2.2 Cenário Atual e Contribuição da Energia Solar Fotovoltaica

Em 2015, na Conferência das Nações Unidas para as Alterações Climáticas (COP21), 196 países assinaram o documento concordando em esforçar-se para limitar o aquecimento global em menos de 2°C. Este acordo destaca a imprescindibilidade da geração de energia através de fontes renováveis, incentivando a pesquisa de soluções para integração destes sistemas à rede de distribuição de energia. A transição para a utilização de energia proveniente de fontes renováveis apresenta importantes benefícios econômicos e sociais, juntamente com

benefícios ao meio ambiente devido à menor poluição derivada da geração de energia (AKTAS, 2015).

O Brasil é um país privilegiado no contexto da energia fotovoltaica já que apresenta altos níveis de radiação solar. Recentemente, De Oliveira et al. (2019) mostraram que, no Brasil, a irradiação média anual varia entre 1200 e 2400 kWh/m², enquanto na Alemanha fica entre 900 e 1250 kWh/m². E que, além disso, temos uma das maiores reservas de quartzo de qualidade e somos o quarto maior produtor de silício grau metalúrgico do mundo, que é a primeira etapa para produção de silício grau solar.

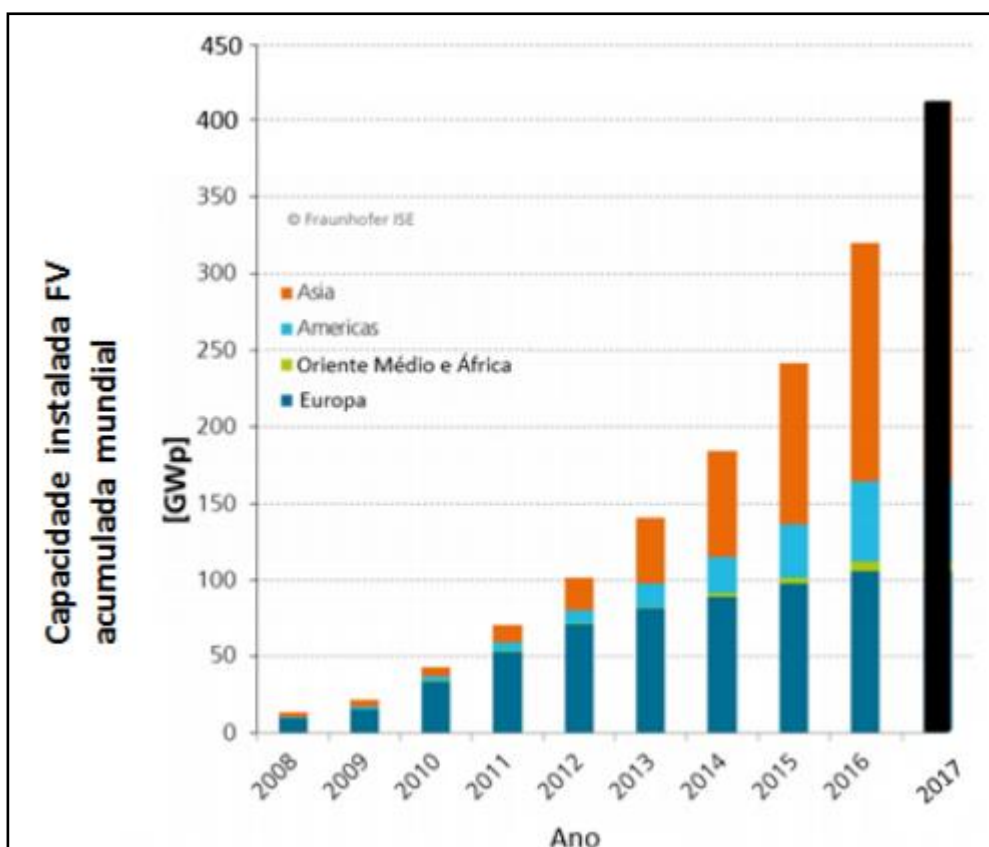
A utilização da energia solar fotovoltaica tem aumentado significativamente na última década. A Figura 1.4 apresenta a evolução da capacidade solar fotovoltaica instalada acumulada de 2008 a 2017. No período de 2010 a 2016 o aumento da capacidade instalada anual foi de aproximadamente 28%, sendo que a capacidade instalada neste intervalo contempla 94% da capacidade instalada na última década e está a caminho de atingir uma geração mundial de 1 TWh em 2025 (IRENA, 2017).

Desde 2008 observa-se um crescimento anual de potência instalada mundial, chegando a 70 GW em 2016. Nos últimos seis anos, nota-se o crescimento elevado da potência instalada na Ásia, principalmente devido à instalação de sistemas fotovoltaicos na China com 24,4 GW na primeira metade do ano de 2017 (PV MAGAZINE, 2017). Em 2017, a potência total instalada no mundo foi entre 92 GW e 97 GW, fazendo com que a capacidade instalada fotovoltaica acumulada ultrapassasse a marca de 400 GW (BNEF, 2017). No atual cenário brasileiro a Geração Distribuída é regulamentada pela REN – Resolução Normativa 482 (revisada pelas REN ANEEL 687/2015 e 786/2017), onde é prevista a interligação de Sistemas Fotovoltaicos à rede elétrica.

Os contínuos avanços tecnológicos permitem prever que os custos de capital inicial para sistemas fotovoltaicos decresçam em mais de 75% até a década de 2060, sendo impulsionado pela disposição em investir em tecnologias de energia mais sustentável. Como resultado, estima-se que a capacidade total instalada FV alcance 1.011 GW em 2030 e ultrapasse 4.000 GW até 2060, representando 4% e 12% da geração total de energia no mundo, respectivamente (WEC, 2016).

Uma necessidade para que a tecnologia solar fotovoltaica forneça uma parte considerável da energia injetada na rede elétrica é que o custo da eletricidade deve ser economicamente competitivo com outras formas mais convencionais de geração de energia. Além dos aspectos geográficos, os incentivos estaduais e federais desempenham um papel importante nos mercados atuais de sistemas fotovoltaicos (SHRIMALI et al., 2016).

Figura 1.4 – Evolução da capacidade solar fotovoltaica instalada



Fonte: Fraunhofer (2017)

No Brasil, a capacidade instalada e fiscalizada das centrais geradoras fotovoltaicas representa 1,36% dos empreendimentos em operação, 8,7% das usinas atualmente em construção e 24,69% das com construção ainda não iniciada (ANEEL, 2019).

O RTQ-C incentiva o uso da energia solar fotovoltaica como bonificação no nível de eficiência energética e etiquetagem das edificações. Iniciativas que aumentem a eficiência da edificação poderão receber até um ponto na classificação geral. Para tanto, essas iniciativas deverão ser justificadas e a economia gerada deve ser comprovada. Sistemas ou fontes renováveis de energia eólica ou painéis fotovoltaicos devem proporcionar economia mínima de 10% no consumo anual de energia elétrica do edifício. A aplicação de iniciativas para bonificações visa incentivar a economia do consumo de energia elétrica através do emprego de inovações tecnológicas. Após justificativa e comprovação do aumento da eficiência da edificação, as bonificações podem aumentar em até um ponto na classificação geral (INMETRO, 2013).

Além da contribuição fundamental para a certificação, a geração solar fotovoltaica contribui para a transformação de uma edificação em Edifício de Energia Zero ou Edifício de Energia Quase-Zero, em instituições públicas e centros universitários e nas edificações de modo geral.

Nas universidades, aplicando-se ao estudo de caso dessa dissertação, o conceito de universidade sustentável pode ser definido como uma instituição de ensino superior que envolve e promove a minimização de efeitos ambientais, econômicos e sociais gerados pelo uso de seus recursos (VELAZQUEZ et al., 2006). Sedlacek (2013) salienta que as universidades têm papel fundamental no desenvolvimento sustentável em nível regional. Uma preocupação maior com sustentabilidade energética em campi universitários surgiu desde a divulgação da Diretiva Europeia sobre o Desempenho Energético em Edificações (JANSSEN, 2004).

Kolokotsa et al. (2016) afirmam que, no que diz respeito ao espaço físico, população e aos diversos tipos de atividades realizadas nos campi, as universidades podem ser consideradas como minicidades. Alshuwaikhat e Abubakar (2008) mostram que os impactos energéticos e ambientais causados por universidades através de suas atividades e operações de ensino e pesquisa podem ser consideravelmente reduzidas utilizando-se escolhas eficientes de medidas organizacionais e gerenciais.

A integração da energia solar fotovoltaica às edificações de um campus universitário é uma grande alternativa para reduzir o consumo da rede de distribuição (PINTO et al.; NASPOLINI et al., 2016) sendo que o Brasil tem as condições necessárias para aproveitar tais tecnologias (RÜTHER; ZILLES, 2011). A Tabela 1.1 apresenta as instituições de ensino superior, os países de origem, a potência instalada e o atual status dos maiores sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica em campi universitários.

Tabela 1.1 –Sistemas fotovoltaicos conectados à rede em campus universitário

(continua)

Instituição	País	kWp	Status
<i>The University Of Arizona</i>	EUA	28.095	Instalado
<i>Arizona State University</i>	EUA	23.567	Instalado
<i>Rutgers, the State University of New Jersey</i>	EUA	17.417	Instalado
<i>Mount St. Mary's University</i>	EUA	17.400	Instalado
<i>Michigan State University</i>	EUA	11.000	Instalado
<i>Colorado State University</i>	EUA	6.754	Instalado
<i>California State University, Fullerton</i>	EUA	6.000	Instalado
<i>West Hills Community College District</i>	EUA	6.000	Instalado

(conclusão)

<i>United States Air Force Academy</i>	EUA	5.150	Instalado
<i>The Hashemite University</i>	Jordânia	5.000	Em Construção
<i>Arizona Western College</i>	EUA	4.616	Instalado
<i>Universidad de Murcia</i>	Espanha	2.750	Instalado
<i>Oregon University</i>	EUA	2.000	Instalado
<i>Cornell University</i>	EUA	2.000	Em Construção
<i>Yale University</i>	EUA	1.250	Planejado
<i>University of Queensland</i>	Austrália	1.220	Instalado
<i>TU Delft</i>	Holanda	1.200	Em Construção
<i>University of California Merced</i>	EUA	1.000	Instalado
Universidade de Campinas	Brasil	534	Instalado
Universidade de São Paulo	Brasil	500	Instalado
Universidade Federal de Santa Catarina	Brasil	110	Instalado

Fonte: HASAPIS et al. (2017); UNICAMP (2019).

Na Universidade Federal de Santa Catarina, o Centro de Pesquisa e Capacitação em Energia Solar da UFSC se dedica, desde 1997, a pesquisar e promover a utilização da geração solar de eletricidade no campus, tendo instalado o primeiro gerador fotovoltaico integrado a uma edificação e conectado na rede elétrica pública do Brasil já naquele ano (RÜTHER; DACOREGIO, 2000 apud PINTO, 2018). Mais recentemente, com a expansão do laboratório de energia solar da UFSC para o Sapiens Parque em Florianópolis, foram integrados geradores solares fotovoltaicos. Assim, o conjunto de edificações de energia positiva gera não somente toda a eletricidade para atender a suas demandas (Edifício de Energia Zero), como também para alimentar 100% da carga das baterias do ônibus elétrico do laboratório, gerando ainda um excedente de eletricidade na Unidade Consumidora - UC - que é injetado na rede elétrica da concessionária local de energia (CELESC) e cujos créditos são abatidos da conta de eletricidade da UC Cidade Universitária (PINTO, 2018).

Alguns locais da região Amazônica têm um grande potencial para geração de energia, devido aos recursos ambientais que possuem. Para explorar esse potencial, precisa-se levar em conta o histórico de problemas sociais e ambientais que a região sofreu, devido à implantação de hidrelétricas, embora utilizem fontes renováveis. Esse é um dos motivos para se incentivar as pesquisas que visam ao desenvolvimento de tecnologia energética a partir de uma perspectiva sustentável com menos impactos ambientais (PINHO, 2008).

Na Universidade Federal do Pará, através de iniciativa em conjunto com a Eletrobrás e com o Governo do Estado, implantou-se o primeiro Centro de Excelência em Eficiência Energética da Amazônia - CEAMAZON, entidade de PDI – Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação – pública, vinculada à UFPA, localizado no Parque de Ciência e Tecnologia Guamá. O Centro traz propostas para o uso racional de energia e o desenvolvimento de propostas de eficiência energética, em caráter multidisciplinar, que conta com pesquisadores de áreas das engenharias elétrica, mecânica, química, arquitetura e urbanismo, dentre outras. (CEAMAZON, 2010).

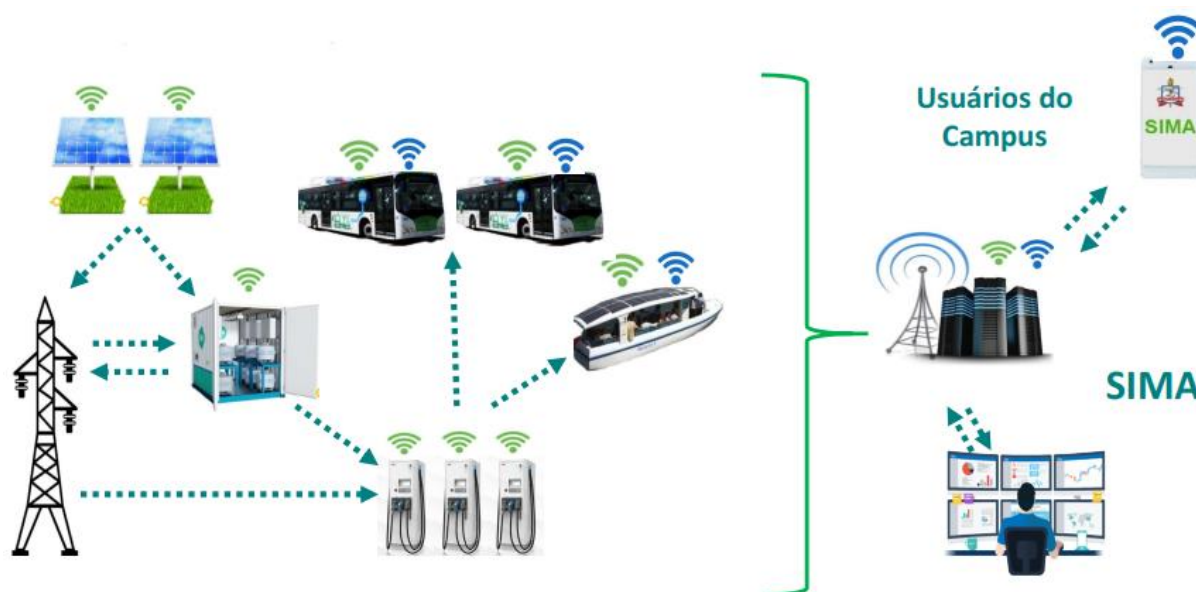
Dentre as ações coordenadas pelo CEAMAZON destaca-se o Desenvolvimento de um Sistema Inteligente Multimodal na Amazônia (SIMA), formado pelos modais ônibus elétrico e barco elétrico-fotovoltaico, como solução energeticamente eficiente e sustentável para um problema da sociedade local, haja vista suas particularidades bioclimáticas. Sendo assim, a solução proposta prevê o projeto e aquisição de ônibus/barco elétrico, como também a geração de modelos de negócios para utilização econômica futura, como software de gestão dos modais e sua respectiva infraestrutura (geração fotovoltaica, armazenamento de energia, eletropostos AC/DC, sistema de aquisição de dados e comunicação wireless com processamento em nuvem).

O SIMA será um projeto piloto a ser implantado no Campus Universitário Guamá e no Campus Universitário Castanhal, da UFPA, servindo como Laboratório Vivo para análise e desenvolvimento de tecnologias e modelos de negócios, além do atendimento à população dos Campi Universitários e comunidade ribeirinha no entorno do Campus Guamá.

A partir da metodologia proposta, serão gerados modelos de sistemas de gestão que proporcionarão subsídios ao desenvolvimento de negócios baseados nas soluções testadas no projeto de Pesquisa e Desenvolvimento – P&D, de forma econômica, eficiente e ambientalmente sustentável, conforme apresentado nas Figuras 1.5 e 1.6. Serão executadas atividades de pesquisa e desenvolvimento pelos laboratórios integrantes do projeto, visando o desenvolvimento de sistemas de supervisão e controle que resultarão em sistemas eficientes de:

- Gestão da Geração de Energia Renovável (fotovoltaica), impactando no projeto proposto no estudo de caso desta dissertação no LEEC da UFPA, importante para a obtenção de Certificação de Eficiência Energética e Classificação de Edifícios de Energia Zero;
- Gestão do Sistema de Abastecimento (eletropostos);
- Gestão do Sistema de Armazenamento (baterias);
- Gestão do Consumo Energético dos Modais (barco e ônibus); e
- Gestão Energética para o Sistema Integrado de Mobilidade Elétrica Multimodal (modal e usuário).

Figura 1.5 – Sistemas de Gestão do Projeto SIMA/CEAMAZON/UFPA



Fonte: Tostes (2019).

Destaca-se a relevância do Projeto SIMA para a UFPA na criação de um laboratório vivo com novas tecnologias de transporte, geração de energia renovável, sistema de armazenamento, sistema de comunicação *wireless* em ambiente de florestas, banco de dados distribuído em nuvem etc.; na implantação de um ambiente sustentável aos usuários do campus; e no desenvolvimento de novas pesquisas que fomentarão o aumento da produção científica na área, com a geração de trabalhos de conclusão de curso, dissertações de mestrado, teses de doutorado, artigos, solicitações de patentes e afins. Além da relevância para as empresas patrocinadoras e parceiras e institutos de pesquisa, enfatiza-se em especial os benefícios para a população da região, na utilização de meios de transporte (barco elétrico-fotovoltaico) com melhor qualidade e com menor impacto ambiental; na diversificação das opções de mobilidade interna no campus (nova rota fluvial); na melhoria na qualidade de vida da população em geral; na mudança de cultura, por meio da conscientização das práticas de eficiência energética; e nas quebras de paradigmas na mobilidade urbana (frotas e sistemas sustentáveis).

Figura 1.6 – Itinerário dos ônibus elétricos (9 km) e do barco elétrico-fotovoltaico (2 km) no Campus Guamá da UFPA



Fonte: Tostes (2019).

A UFPA também conta com o Grupo de Estudos e Desenvolvimento de Alternativas Energéticas (GEDAE/UFPA), um dos grupos mais antigos do Brasil a trabalhar com fontes renováveis de energia, principalmente as fontes solar e eólica, e a sua combinação em sistemas híbridos de produção de eletricidade. Desde a sua fundação, em 1º de novembro de 1994, o GEDAE tem sido reconhecido como centro de referência em sistemas híbridos para atendimento de localidades isoladas da rede elétrica convencional e foi o grupo que mais implantou e colaborou com outras instituições na implantação deste tipo de sistema em diversas comunidades.

O estudo de caso proposto nesse trabalho foi dimensionado para aplicação no Laboratório de Engenharia Elétrica e Computação, na UFPA, e conta com o conhecimento e apoio de docentes e discentes desses 2 centros de pesquisa universitária: CEAMAZON e GEDAE.

1.2.3 Conceitos de Edifício de Energia Zero – EEZ

De acordo com a Directiva 2010/31 da União Europeia – UE, apesar do crescimento de uso e incentivo de produção alternativa e renovável, os combustíveis fósseis representam cerca de 70% do consumo energético global. Gás natural, petróleo e carvão são três das matérias

primas mais poluentes ao longo do seu ciclo de vida. Se um edifício necessita de energia para o seu funcionamento, seja a nível AVAC (Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado), em iluminação ou em todos os diversos equipamentos elétricos, a poupança de energia obtida com ações de eficiência, faz com que a necessidade de recorrer a eletricidade proveniente daquelas fontes diminua.

Áreas como a climatização passiva (isolamento, construção), ativa (AVAC) e o consumo energético, com possível autoprodução, são promissoras no que tange ao grande conjunto de ações que podem ser tomadas com vista a diminuir tanto o consumo energético do edifício, quanto as emissões de gases de efeito estufa. Tais edifícios, com reduzido consumo energético e geração energética local, são por isso designados Edifícios de Energia Quase Zero – EEQZ, sendo esta forma de projeção de edifícios estabelecida pela UE como obrigatória para todas as novas edificações a partir de 2020 (SANTOS, 2015). A Figura 1.7 mostra a característica gráfica de edifícios de energia zero na zona de balanço energético positivo.

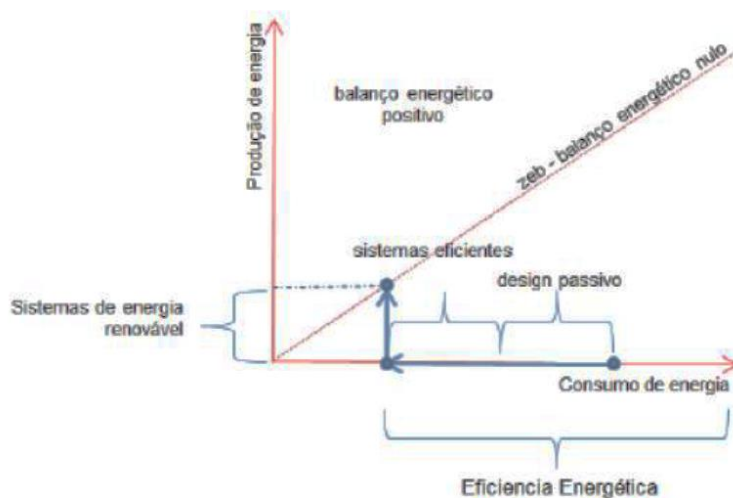
A partir do século 21, o potencial da radiação solar na superfície dos edifícios começou a ser explorado no intuito de satisfazer as necessidades energéticas em geral dos mesmos, contribuindo progressivamente na ideia de Edifícios de Energia Zero ou Edifícios de Energia Quase Zero, sendo cada vez mais possível em muitas regiões do planeta. Um Edifício de Energia Quase Zero é normalmente definido como aquele que, em média, anualmente, produz tanta energia, a partir de fontes renováveis, como aquela que consome (FIGUEIREDO, 2018).

Torcellini et al. (2006) declaram que qualquer edifício pode ser transformado em um edifício de energia zero, por mais ineficiente que este edifício seja. É suficiente a simples integração de um sistema de geração renovável com capacidade de suprir sua demanda.

Entretanto, Laustsen (2009) e Marszal et al (2011) apontam que prioritariamente o edifício seja extremamente eficiente, para posteriormente dimensionar a capacidade do sistema de geração renovável. Nessa abordagem, a eficiência energética é o marco zero da aplicação de fontes de energia renovável, sendo o ponto de partida para qualquer Edifício de Energia Zero.

Zhang (2014) apontou duas diferenças principais nas definições, a partir das várias definições de EEZ em diversas regiões de estudo: A primeira refere-se às cargas da edificação que são consideradas no balanço e a segunda é se a Geração Distribuída pode ser instalada fora do local da edificação. Na situação em que o regulamento e a política visem apenas a própria construção do edifício, que é o caso deste trabalho, a geração de energia renovável fora do local não deve ser considerada.

Figura 1.7 – Característica gráfica de Edifício de Energia Quase Zero



Fonte: Santos (2015).

No estudo de caso apresentado nessa dissertação, a definição utilizada será aquela dada pelo *Department of Energy* (DOE) dos Estados Unidos para EEZ: “*um edifício com eficiência de energia em que, com base na fonte de energia, a energia fornecida anualmente real é menor ou igual à energia renovável exportada no local*” (ENERGY, 2015). Dessa forma, o balanço líquido entre a geração de energia renovável e o consumo de carga da edificação é o principal parâmetro considerado, a fim que este balanço seja maior ou aproximadamente zero.

Figueiredo (2019) mostra que as técnicas existentes no conceito EEQZ abrangem um grande leque de alternativas desde áreas envidraçadas a grandes espaços verdes. Existem duas grandes áreas: Os métodos passivos, onde a arquitetura e disposição do edifício juntamente com o aproveitamento das condições onde ele está inserido proporcionam um baixo consumo, e os métodos ativos, sistemas e tecnologias que complementam os anteriores métodos. O estudo de caso deste trabalho é aplicado através de métodos ativos, tratando-se de uma edificação existente.

Identificado por Feng (2019), as principais técnicas aplicadas a EEZ em regiões de clima quente e úmido têm sido a adoção de uma envoltória adequada, a utilização de ventilação natural, tecnologias de iluminação eficiente e a integração de Sistemas Fotovoltaicos.

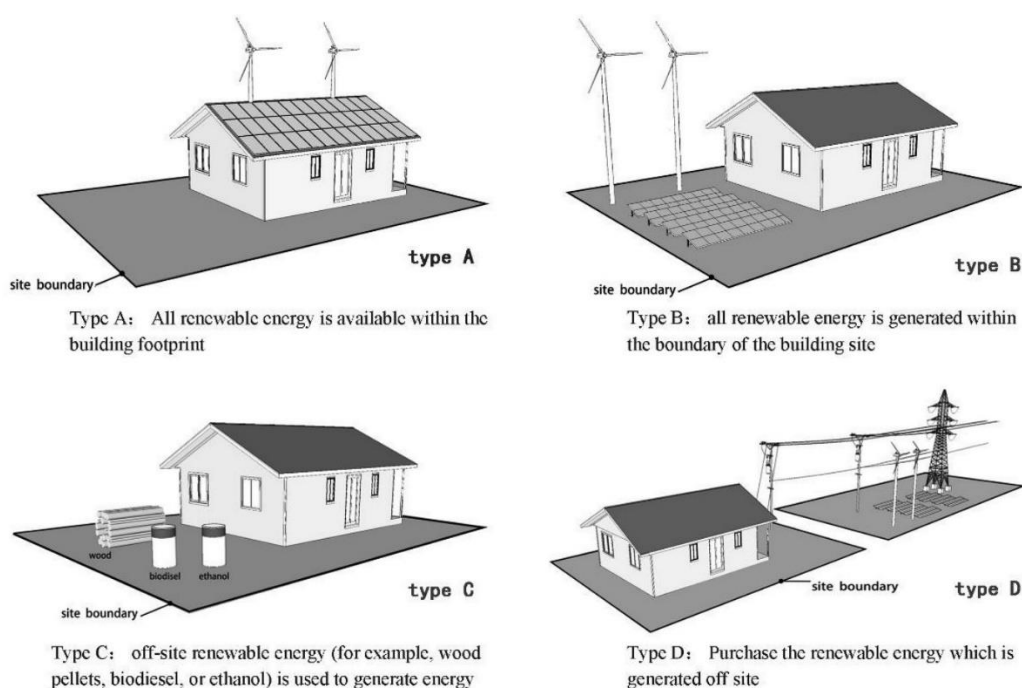
Em Pless & Torcellini, 2010 são identificados 4 (quatro) tipos de EEZ:

- Tipo A: A geração de energia renovável está disponível na área construída da própria edificação;
- Tipo B: A geração de energia renovável está disponível no terreno da edificação, fora da área construída;

- Tipos C e D: A geração de energia renovável para a edificação é remota.

A Figura 1.8 apresenta os quatro tipos de EEZ apresentados por Pless & Torcellini (2010). A configuração proposta no presente trabalho é a do tipo A.

Figura 1.8 – Tipos de EEZ, conforme localização da geração de energia renovável



Fonte: Pless; Torcellini (2010).

O Edifício ENERPOS (IEA, 2014) é um exemplo de EEZ em região de clima quente, do Departamento Ultramarino Francês em Climas Tropicais, e é o primeiro edifício educacional dos trópicos com este conceito. O edifício foi desenhado com prioridade dada a componentes passivas como ventilação natural cruzada e sombreamento. Em termos de uso de energia, consome um sétimo da energia consumida pela média dos edifícios Universitários na Ilha da Reunião e produz sete vezes mais o seu próprio consumo através de sistemas fotovoltaicos integrados no telhado dele. Com grande nível de monitorização, permite recolher informação por minuto e separar por uso final. O consumo energético do edifício é de 16 kWh/m².ano; a energia fornecida através de Energias Renováveis é de 115 kWh/m².ano.

A nível passivo, a sua exploração é feita através de arrefecimento, onde a porosidade da fachada principal é de 30% e são utilizadas persianas que impedem a incidência solar e consequente aquecimento interior. Possui também vegetação nativa (útil para reduzir o tempo de manutenção) em todo o seu redor, no pátio superior e sobre o parque interior, evitando assim

o sobreaquecimento do edifício devido aos ventos quentes. Possui sombreamento através de tiras de madeira nas fachadas principais (norte e sul). A autonomia de luz natural é de 90% nas salas de aula.

A nível ativo, a sua exploração é feita através de produção fotovoltaica com uma geração de energia instalada de 77 kWh e uma área de 365 m² de células policristalinas. Devido ao uso de sistemas passivos, o edifício não conta com qualquer tipo de equipamento de condicionamento de ar ou aquecimento instalado.

Figura 1.9 – Edifício ENERPOS – Énergie Positive



Fonte: IEA (2014).

1.3 Objetivos

1.3.1 Geral

Aplicar os benefícios de sistemas de geração solar fotovoltaica em laboratórios de edificações públicas de ensino para obtenção de Edifícios de Energia Zero ou Quase-Zero com níveis mais eficientes na Etiquetagem de Edificações conforme as diretrizes do Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas - RTQ-C, após quantificar a economia obtida e o balanço energético com ações de melhoria nos sistemas de iluminação e condicionamento de ar e a respectiva contribuição para mitigação de emissões de gases de efeito estufa.

1.3.2 Específicos

- I. Analisar o perfil energético atual da edificação aplicando o método prescritivo do RTQ-C nos sistemas de iluminação e condicionamento de ar;
- II. Propor ações de melhoria, através de métodos ativos, para os sistemas analisados a fim de obter uma edificação mais eficiente, demonstrando e analisando a viabilidade energética, financeira e ambiental;
- III. Propor sistema de geração fotovoltaica conectada à rede elétrica, como método ativo, visando a obtenção de um Edifício de Energia Zero e Etiqueta nível A em eficiência energética, através de bonificação por utilização de energia renovável.

1.4 Relevância do Estudo

Foi realizado um estudo de instalações elétricas e eficiência energética no Laboratório de Engenharia Elétrica e Computação – LEEC, da Universidade Federal do Pará – UFPA, no primeiro semestre de 2019, com o objetivo de avaliar os sistemas de iluminação e condicionamento de ar a fim de se realizar um *Retrofit* (melhoria) das instalações que obtenha um nível de maior Eficiência Energética do que o atual, certificado pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações – PROCEL Edifica. Pensando em melhorar ainda mais os aspectos energéticos e ambientais e como forma de bonificação para obtenção de uma Etiqueta nível A, foi proposta a inserção de um sistema de geração fotovoltaica para suprir toda a carga instalada no LEEC. Assim, há possibilidade de se classificar o laboratório como Edifício de Energia Zero ou Quase-Zero, segundo os conceitos técnicos desenvolvidos neste trabalho, através de métodos ativos.

O estudo de caso deste trabalho mostra os resultados das análises dos sistemas antes e após o *Retrofit*, a análise do consumo de energia elétrica e as especificações do sistema de geração fotovoltaica dimensionado para o atendimento desta instalação, demonstrando a oportunidade de aplicação desta metodologia em edificações semelhantes para obtenção de Edifícios EEZ ou EEQZ e de Nível de Eficiência Energética A.

Para a complementação do estudo, a nova proposta foi analisada também por simulação computacional utilizando o *software RETScreen*, ajudando a determinar a viabilidade energético-financeira e ambiental das medidas de melhoria da eficiência energética propostas neste trabalho para todas as áreas de um laboratório de ensino público, levando em consideração que a metodologia brasileira de certificação de eficiência energética de edificações não contempla a análise financeira em seus processos. Além disso, segundo Cursino (2011), ela

também não permite a incorporação direta da avaliação do consumo de energia primária e das emissões de CO₂.

No processo de análise do *RETScreen*® está inserida a contabilização da redução de emissão de CO₂, que é outro requisito relevante a ser analisado, pois além do programa auxiliar na verificação da redução do consumo energético, também quantifica o potencial de mitigação dos impactos ambientais causados pelo ciclo de vida útil das edificações no que tange a redução das emissões de gases de efeito estufa.

1.5 Estrutura Organizacional da Dissertação

Este trabalho está organizado em cinco capítulos, da seguinte forma:

Capítulo 1: INTRODUÇÃO, composta de uma breve apresentação do trabalho desenvolvido e das razões que o motivaram, a fim de contextualizar o assunto abordado e sua importância no contexto acadêmico e científico contemporâneo. Segue-se com uma fundamentação teórica no Estado da Arte apresentando uma série de conceitos relacionados aos benefícios e cenário atual da eficiência energética, contribuições da geração solar fotovoltaica e edifícios de energia zero. O capítulo finaliza descrevendo os objetivos e apresentando a relevância do trabalho no contexto dos laboratórios de ensino em edificações públicas.

Capítulo 2: EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E CERTIFICAÇÃO PELO RTQ-C, onde são apresentados os conceitos e a metodologia dos Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos. O capítulo também é dedicado a demonstrar a aplicação do RTQ-C para a análise de edificações existentes e sua influência em propostas de melhoria que resultem em prédios mais eficientes energeticamente e ambientalmente, através de métodos ativos.

Capítulo 3: CONTRIBUIÇÃO DA GERAÇÃO SOLAR FOTOVOLTAICA NA CERTIFICAÇÃO RTQ-C E EDIFÍCIOS DE ENERGIA ZERO faz uma breve revisão dos conceitos básicos envolvidos no aproveitamento solar para geração fotovoltaica, a fim de direcionar a aplicação destes conceitos e sua importante contribuição em dois aspectos: I – no contexto da etiquetagem e certificação de edificações, através da bonificação obtida na utilização de recursos renováveis em prédios públicos existentes, e II – na importância do balanço energético utilizado para determinar se possui característica de Edifício de Energia Zero ou Quase-Zero.

Capítulo 4: ESTUDO DE CASO E ANÁLISE DOS RESULTADOS. Neste capítulo são utilizados os conceitos e a metodologia apresentados nos capítulos 2 e 3 para a avaliação e

balanço de eficiência energética e proposta de melhorias em um Laboratório de Ensino de uma Instituição Federal de Ensino Público. O foco central do capítulo é a contribuição da geração solar fotovoltaica nesse tipo de estudo, suas vantagens energética, financeira e ambiental e sua aplicação em edificações semelhantes visando obter Edifícios de Energia Zero ou Quase-Zero. Os resultados do estudo de caso são submetidos a um *software* de análise de eficiência energética e mostram a equivalência da aplicação dos conceitos do RTQ-C e da geração solar fotovoltaica em termos de redução de emissão de gases de efeito estufa.

Capítulo 5: CONCLUSÃO, que finaliza o trabalho e o estudo de caso apresentado abordando de maneira geral a contribuição da geração solar fotovoltaica na obtenção de melhores níveis de etiquetagem e Edifícios de Energia Zero ou Quase-Zero, além de apreciar os resultados energéticos, financeiros e ambientais obtidos com a aplicação da metodologia em outras edificações públicas de mesma aplicação, assim como sugestões para trabalhos futuros.

As unidades dimensionais utilizadas nessa dissertação, salvo especificado, estão de acordo com o Sistema Internacional.

2 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E CERTIFICAÇÃO PELO RTQ-C

Historicamente, as primeiras noções sobre Eficiência Energética relacionavam-se ao racionamento de energia elétrica, que é medida de redução no fornecimento de energia por escassez de recursos, geralmente trazendo algum prejuízo aos processos envolvidos. Com o passar do tempo, introduziu-se a ideia de Conservação de Energia, que se refere a técnicas e procedimentos que visam reduzir o desperdício e o uso ineficiente da energia, principalmente elétrica, sem comprometer o conforto e/ou a produção. A partir de então, o conceito de Eficiência Energética abrange atividades que buscam melhorar o uso das fontes de energia, usando de modo eficiente a energia para se obter um determinado resultado. Por definição, a eficiência energética consiste na relação entre a quantidade de energia empregada em uma atividade e aquela disponibilizada para sua realização.

Assim, projetos eficientes envolvem duas abordagens:

- I. Ajustes tecnológicos de competência técnica para uso mais eficiente do combustível a fim de desempenhar a mesma tarefa; e,
- II. Uso consciente da energia elétrica para realizar as mesmas tarefas, resultando numa mudança de estilo de vida do consumidor final.

Ambas abordagens conduzem ao Desenvolvimento Sustentável: Modelo de desenvolvimento que satisfaz as necessidades das gerações presentes sem afetar a capacidade de gerações futuras de também satisfazerem suas próprias necessidades (WCED, 1987).

2.1 Política Energética

No processo de conscientização para criação de sistemas eficientes, surgem, no Brasil, o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) em 1985; a Lei de Eficiência Energética nº 10.295 de 2001; o Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações – Procel Edifica, instituído em 2003, pela ELETROBRAS/PROCEL; dentre outros, até chegar ao Programa Brasileiro de Etiquetagem - PBE Edifica, que avalia a eficiência energética de empreendimentos e reúne as informações na Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE).

A partir do PROCEL e do PBE Edifica, novos conceitos ganharam visibilidade, como é o caso das etiquetagens de edificações. Essa etiquetagem é uma forma de avaliar o desempenho energético do projeto e/ou edifício construído com base nos Regulamentos Técnicos de Qualidade – RTQ – destinados a diversas tipologias arquitetônicas. Sendo o RTQ-C para Edificações Comerciais, de Serviços e Públicos.

2.2 Métodos Ativos – Conceitos EEZ /EEQZ

Desde sistemas de iluminação com utilização de lâmpadas mais eficientes e sistemas mecânicos para condicionamento de ar e aquecimento, até produção energética própria e armazenamento de energia, o potencial na área de métodos ativos para uma melhor sustentabilidade energética continua em pleno crescimento com o decréscimo paulatino nos preços de materiais e equipamentos e o interesse crescente da própria população, investidores e políticas públicas.

2.2.1 Sistemas de iluminação com LED

Os LED compõem um sistema sólido de iluminação com base num sistema formado por uma junção de cristais semicondutores do tipo P e N onde os fótons são gerados através de radiação recombinada com a ajuda de agentes de carga. A vida média de um LED é de 15.000 a 25.000 horas, com um Índice de Reprodução Cromática (IRC) entre 50 e 90 (grau de fidelidade com que a fonte de luz revela a cor ou cores dos objetos iluminados em relação à aparência dessas cores quando iluminados por uma fonte de luz ideal ou natural, o equivalente a 100 de IRC). O seu tamanho pequeno e design robusto, grande expectativa de vida, baixíssimo conteúdo tóxico, facilidade de reciclagem, grande eficácia de iluminação e baixo consumo são as características que fazem esta forma de iluminação ser cada vez mais preferível, apesar do custo mais elevado, comparado com outras fontes de iluminação sintéticas (NZE.B.IN, 2020).

2.2.2 Condicionamento de Ar

Desde edifícios residenciais a estabelecimentos comerciais, escritórios e indústrias, os sistemas de Condicionamento de Ar contribuem para o gasto de quase 40% da fatura de energia elétrica. Do controle de temperatura interior à ventilação de ar, estes sistemas permitem que lugares fechados comportem a quantidade de gente que os utiliza e garante o bem-estar e conforto (NZE.B.IN, 2020). Como consomem muita energia, surge a necessidade do uso de métodos passivos para reduzir a sua importância e uso nas edificações. É então necessário que o planejamento, seleção, instalação, comissionamento e após isso, a operação e manutenção

destes instrumentos seja feita da forma mais eficiente e ecológica possível num edifício do tipo EEZ em construção.

O edifício analisado nesse trabalho possui sistema de Condicionamento de Ar distribuído. Em comparação com sistemas centralizados, os sistemas distribuídos de Condicionamento de Ar, compostos por aparelhos individuais, têm baixo custo de aquisição e instalação, entretanto tem um consumo operacional muito maior. Daí surge a importância de projetar e adquirir equipamentos eficientes e certificados pelo INMETRO.

2.3 RTQ-C

O RTQ-C visa estabelecer as condições para classificação do nível de eficiência energética de edifícios comerciais, de serviços e públicos, a fim de obter a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) emitida pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO).

O método prescritivo utilizado neste trabalho é um método simplificado que avalia as edificações através de equações e Tabelas. Há três grupos principais de requisitos que estabelecem o nível de eficiência energética: envoltória, sistema de iluminação e sistema de condicionamento de ar. Estes são avaliados separadamente, obtendo-se níveis de eficiência parciais cuja combinação em uma equação resulta em uma pontuação que indica o nível de eficiência geral da edificação. A classificação geral inclui todos os sistemas mais bonificações e referem-se ao edifício completo ou a uma parte deste. As classificações parciais permitem a etiquetagem parcial dos sistemas (envoltória, iluminação e condicionamento de ar), que podem referir-se ao edifício ou a parcelas dele. As etiquetas parciais referem-se à eficiência dos sistemas separadamente, enquanto a etiqueta geral é definida por uma equação que contém pesos para balancear a relação entre os sistemas (INMETRO, 2013).

Para a classificação geral as avaliações parciais recebem pesos, distribuídos da seguinte forma:

- Envoltória = 30%
- Sistema de Iluminação = 30%
- Sistema de Condicionamento de Ar = 40%

A avaliação de cada sistema individual utiliza equivalentes numéricos, um número de pontos correspondente a determinada eficiência, atribuídos de acordo com a Figura 2.1.

No caso de edifícios que possuem áreas não condicionadas, para as áreas de permanência prolongada, tais como lojas, escritórios, áreas de trabalho, é obrigatório comprovar por simulação que o ambiente interno proporciona temperaturas dentro da zona de conforto durante um percentual das horas ocupadas. Edifícios totalmente ventilados naturalmente podem receber a ENCE Geral, desde que se comprove que os ambientes atendem às temperaturas de conforto (INMETRO, 2013). Portanto, a classificação geral do edifício é calculada de acordo com a distribuição dos pesos através da Equação 2.1:

$$PT = 0,3 * \left\{ \left(EqNumEnv * \frac{AC}{AU} \right) + \left(\frac{APT}{AU} * 5 + \frac{ANC}{AU} * EqNumV \right) \right\} + 0,3 * (EqNumDPI) + 0,4 * \left\{ \left(EqNumCA * \frac{AC}{AU} \right) + \left(\frac{APT}{AU} * 5 + \frac{ANC}{AU} * EqNumV \right) \right\} + \delta_0^1 \quad (2.1)$$

Onde:

EqNumEnv: equivalente numérico da envoltória;

EqNumDPI: equivalente numérico do sistema de iluminação, identificado pela sigla DPI, de densidade de Potência de Iluminação;

EqNumCA: equivalente numérico do sistema de condicionamento de ar;

EqNumV: equivalente numérico de ambientes não condicionados e/ou ventilados naturalmente;

APT: área útil dos ambientes de permanência transitória, desde que não condicionados;

ANC: área útil dos ambientes não condicionados de permanência prolongada, com comprovação de percentual de horas ocupadas de conforto por ventilação natural (POC) através do método da simulação;

AC: área útil dos ambientes condicionados;

AU: área útil;

δ : pontuação obtida pelas bonificações, que varia de zero a 1.

No estudo de caso deste trabalho foram avaliados e classificados os sistemas de iluminação e ar condicionado, acrescentando-se a bonificação por utilização de fonte renovável: geração solar fotovoltaica.

Figura 2.1 – Quadro de Classificação Geral de Eficiência dos Sistemas

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

Fonte: Inmetro (2013)

2.4 Análise de Eficiência Energética de Sistemas de Iluminação Artificial

As definições a seguir são necessárias para a compreensão do processo de análise de um sistema de iluminação:

- Fluxo luminoso (Φ): é a quantidade total de luz emitida por uma fonte, medida em lúmens.
- Iluminância (E): expressa em lux, é o fluxo luminoso que incide sobre uma superfície situada a uma certa distância da fonte.
- Temperatura de cor: expressa a aparência de cor da luz emitida pela fonte de luz.
- Índice de Reprodução de Cor (IRC): Lâmpadas com IRC de 100% apresentam as cores com total fidelidade e precisão. Quanto mais baixo o índice, mais deficiente é a reprodução de cores.
- Eficiência luminosa: relação entre o total de fluxo luminoso gerado pela fonte de luz em função da energia elétrica a ela aplicada.
- Eficiência energética (rendimento luminoso): é a relação entre o fluxo luminoso e a potência consumida.

Para o cálculo da iluminância dos ambientes são necessários dados físicos de cada ambiente como largura, comprimento, altura do plano de trabalho, pé-direito e coeficientes de reflexão do piso, teto e parede. Sendo esses últimos, dados encontrados através de Tabelas que fornecem o coeficiente de reflexão de cada material.

O método recomendado para o cálculo luminotécnico dos ambientes é o método dos lúmens, considerando as atividades do edifício, e o emprego das seguintes variáveis:

- I. Iluminância (lux) (E): definido pela norma NBR ISO/CIE 8995-1:2013, que considera o nível de iluminamento em função das características de lotação e de utilização do ambiente (Figuras 2.2 e 2.3):

Figura 2.2 – Características da tarefa e do observador

Características da tarefa e do observador	Peso		
	-1	0	+1
Idade	Inferior a 40 anos	40 a 55 anos	Superior a 55 anos
Velocidade e precisão	Sem importância	Importante	Crítica
Refletância do fundo da tarefa	Superior a 70%	30 a 70%	Inferior a 30%

Fonte: NBR ISO/CIE 8995-1 (2013).

Figura 2.3 – Níveis de iluminância em laboratórios de ensino

5.3.13 Escolas		- esgrima 300 - 500 - 750
- salas de aulas 200 - 300 - 500	- frontão 300 - 500 - 750	
- quadros negros 300 - 500 - 750	- ginástica 150 - 200 - 300	
- salas de trabalhos manuais 200 - 300 - 500	- hóquei:	
- laboratórios	. locais grandes 300 - 500 - 750	
. geral 150 - 200 - 300	. locais recreativos e de treinamento 150 - 200 - 300	
. local 300 - 500 - 750	- futebol de salão:	
- anfiteatros e auditórios:	. quadra 150 - 200 - 300	
. platéia 150 - 200 - 300	. locais recreativos e de treinamento 100 - 150 - 200	
. tribuna 300 - 500 - 750		

Fonte: NBR ISO/CIE 8995-1 (2013).

Após obter os níveis de iluminância necessários para o ambiente, calcula-se o índice do recinto com base nos dados físicos.

- II. Índice do recinto (adimensional) (K): fator que leva em consideração as dimensões do ambiente e pé-direito:

$$K = \frac{a.b}{h.a.b} \quad (2.2)$$

Onde:

a : comprimento do local (m);

b : largura do local (m);

h : pé-direito útil (m).

- III. Eficiência do recinto (porcentagem) (η): definido em função do fator de utilização do local e dos índices de refletância do teto, parede e piso do ambiente. Os dados são obtidos através do fabricante das lâmpadas que são utilizadas (Figura 2.4):

Figura 2.4 – Índices utilizados na definição da eficiência do recinto

TETO (%)		70		50			30		0
PAREDE (%)	50	30	10	50	30	10	30	10	0
PISO (%)		10		10			10		0
KR	FATOR DE UTILIZAÇÃO (X 0.01)								
0.60	32	28	26	31	28	26	28	26	25
0.80	38	34	31	37	34	31	33	31	30
1.00	42	39	36	41	38	36	38	36	35
1.25	46	43	40	45	42	40	42	40	39
1.50	48	46	44	48	45	43	45	43	42
2.00	52	60	48	51	49	48	49	47	46
2.50	54	53	51	53	52	50	51	50	49
3.00	56	54	53	55	53	52	53	52	50
4.00	57	56	55	56	55	54	54	54	52
5.00	58	57	56	57	56	55	55	55	53

Fonte: PHILIPS (2008).

Os índices de refletância do teto, parede e piso são obtidos conforme a Tabela 2.1:

Tabela 2.1 – Índices de Refletância

Superfície	Refletância
Muito clara	70%
Clara	50%
Média	30%
Escura	10%
Preta	0

Fonte: Mamede Filho (2010).

- IV. Fator de utilização (adimensional) (F_u): o fluxo luminoso útil que incidirá sobre o plano de trabalho é avaliado pelo fator de utilização. Ele indica, portanto, a eficiência luminosa do conjunto lâmpada, luminária e recinto:

$$F_u = \eta_L \cdot \eta_R \quad (2.3)$$

Onde:

η_L : Eficiência da lâmpada (%)

η_R : Eficiência do recinto (%)

- V. Fator de depreciação das lâmpadas (adimensional) (F_d): está diretamente ligado à manutenção do ambiente. Adotam-se os valores de acordo com a Tabela 2.2:

Tabela 2.2 – Fator de depreciação

Ambiente	Período de manutenção		
	2500h	5000h	7500h
Limpo	0,95	0,91	0,88
Normal	0,91	0,85	0,80
Sujo	0,80	0,66	0,57

Fonte: Mamede Filho (2010).

- VI. Iluminância alcançada (lux) (E):

$$E = \frac{Z \cdot N_i \cdot \phi \cdot F_u \cdot B_f \cdot F_d}{A} \quad (2.4)$$

Onde:

Z : número de lâmpadas por luminária;

N_i : quantidade de luminárias;

ϕ : fluxo luminoso da lâmpada escolhida (lúmens) (dados de fabricante);

B_f : fator de fluxo luminoso (para lâmpadas com reator, dados de fabricante). Para lâmpadas do tipo LED, $B_f = 1$;

A : área do ambiente (m²).

Seguindo a sequência apresentada, consolidada na Figura 2.6, comparam-se os valores de iluminância existentes com os padrões estabelecidos pela NBR ISO/CIE 8995-1:2013.

2.4.1 Procedimentos para Determinação da Eficiência

Após identificar a adequação à Norma NBR ISO/CIE 8995-1:2013, deve-se verificar o cumprimento dos pré-requisitos específicos de controle do sistema de iluminação, conforme o Quadro 4.1 do RTQ-C, mostrado na Figura 2.5.

Figura 2.5 – Quadro 4.1 do RTQ-C: Relação entre pré-requisitos e níveis de eficiência

Pré-requisito	Nível A	Nível B	Nível C
4.1.1 Divisão dos circuitos	Sim	Sim	Sim
4.1.2 Contribuição da luz natural	Sim	Sim	
4.1.3 Desligamento automático do sistema de iluminação	Sim		

Fonte: INMETRO (2013).

Na divisão de circuitos cada ambiente deve possuir no mínimo um dispositivo de controle manual que permita o acionamento independente da iluminação interna do ambiente com facilidade, localizado de forma que permita a visão clara de todo ambiente. Este requisito permite que os usuários de cada ambiente controlem o seu uso, ajustando a iluminação às suas necessidades específicas. Para o caso de ambientes com área inferior a 250 m², é permitido um controle para todo o ambiente. No caso de ambientes com grandes áreas, acima de 250 m², o RTQ-C determina a divisão do sistema em parcelas menores, de no máximo 250 m², cada uma com um controle independente, a fim de setorizar o sistema de acionamento quando houver poucos usuários no local, evitando grandes áreas iluminadas sem ocupação.

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

Figura 2.6 – Planilha para dimensionamento de sistema de iluminação

PLANILHA PARA CÁLCULO DE ILUMINAÇÃO – MÉTODO DOS LÚMENS				
Empresa:				
Recinto:		Atividade:		
	VARIÁVEL	FÓRMULA	UNID.	
Descrição do Ambiente	1. Comprimento	a	m	
	2. Largura	b	m	
	3. Área	$A = a \cdot b$	m ²	
	4. Pé-direito	H	m	
	5. Altura do plano de trabalho	H_{pt}	m	
	6. Altura do pendente da luminária	H_{pend}	m	
	7. Pé-direito útil	$h = H - H_{pt} - H_{pend}$	m	
	8 Índice do recinto	$K = \frac{a \cdot b}{h \cdot a \cdot b}$		
	9. Fator de depreciação	Fd		
	10. Coeficiente de reflexão do teto	ρ_1	%	
	11. Coeficiente de reflexão das paredes	ρ_2	%	
	12. Coeficiente de reflexão do piso	ρ_3	%	
Iluminação	13. Iluminância planejada	E_m	lux	
	14. Tonalidade ou temperatura da cor	TCC	K	
	15. Índice de reprodução de cores	IRC		
Lâmpadas e Luminárias	16. Tipo de lâmpada			
	17. Potência da lâmpada	Pl	W	
	18. Fluxo luminoso de cada lâmpada	φ	lúmen	
	19. Número de lâmpadas por luminária	Z	unid	
	20. Tipo de luminária			
	21. Fator de fluxo luminoso	BF	%	
	22. Eficiência da luminária	η_l	%	
	23. Eficiência do recinto	η_r	%	
	24. Fator de utilização	$Fu = \eta_l \cdot \eta_r$		
	25. Quantidade de lâmpadas	$n = \frac{E_m \cdot A}{\varphi \cdot Fu \cdot BF \cdot Fd}$	unid	
	26. Quantidade de luminárias	$N = n/Z$	unid	
	27. Quantidade de luminárias instaladas	$Ni = int(N)$	unid	
	28. Iluminância alcançada	$E = \frac{Z \cdot Ni \cdot \varphi \cdot Fu \cdot BF \cdot Fd}{A}$	lux	
	29. Potência total instalada	$Pt = Z \cdot Ni \cdot Pl$	W	
Consumo	30. Densidade de potência	$D = Pt/A$	W/m ²	
	31. RCR	$RCR = \frac{5h \cdot (a + b)}{A}$		

Fonte: IES (2011).

Para evitar ambientes desocupados com iluminação artificial ativada, o RTQ-C determina a utilização de dispositivos que garantam o desligamento dos sistemas de iluminação quando ninguém se encontra presente. O RTQ-C estipula três métodos para garantir que ambientes não ocupados não continuem com o sistema de iluminação ligado. A aplicação de

um destes métodos é obrigatória para ambientes com área superior a 250 m² para obtenção de nível A.

Por fim, verifica-se, através da potência instalada e da área dos ambientes, a classificação do sistema de iluminação conforme as Tabelas de limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação (DPI) do RTQ-C, conforme o método definido: Área da edificação ou Atividades da edificação.

O método da área do edifício determina limites de densidade de potência em iluminação para edificações como um todo. Os limites determinados pelo regulamento já consideram a existência de ambientes com funções secundárias, como copas, circulações, escadas e depósitos; desta forma utiliza-se apenas os valores das atividades principais da edificação.

Edifícios que possuem mais de três atividades principais, como é o caso em estudo neste trabalho, e na grande maioria dos laboratórios de ensino de instituições públicas de ensino superior no Brasil, devem ser avaliados pelo método das atividades, pois já descaracterizam a proporção entre atividades principais e secundárias embutidas nos limites. O método das atividades da edificação avalia através de limites de densidade de potência em iluminação para cada ambiente considerando as atividades desempenhadas no edifício. Os ambientes são avaliados separadamente tanto para obter o nível de eficiência energética quanto para analisar o atendimento dos pré-requisitos.

Para comparação dos índices de cada ambiente com os índices Tabelados, faz-se necessário utilizar a fórmula RCR (adimensional) – *Room Cavity Ratio* – que calcula a média dos níveis de iluminação no plano de trabalho:

$$RCR = \frac{5.h.(a+b)}{A} \quad (2.5)$$

Caso seja identificado que valores de RCR dos ambientes estão abaixo do RCR limite Tabelado, soma-se 20% ao limite de cada potência instalada limite.

Após o resultado é preciso conferir os pré-requisitos para cada ambiente, e determinar o Equivalente Numérico do Sistema de Iluminação, através da ponderação entre a potência instalada e o nível de eficiência dos ambientes, como indicado na Equação 2.6:

$$EqNumDPI = \sum_{n=1}^x \left(EqNumDPI_n * \frac{PI_n}{PI_t} \right) \quad (2.6)$$

Onde:

$E_{qNumDPI_n}$: Equivalente numérico individual;

PI_n : Potência individual do ambiente;

PI_t : Potência total da edificação;

n : Número de ambientes.

2.5 Análise de Eficiência Energética de Sistemas de Condicionamento de Ar

Os sistemas de condicionamento de ar devem proporcionar adequada qualidade do ar interno, conforme requisitos da Norma NBR 16401:2008.

As cargas térmicas de projeto do sistema de condicionamento de ar devem ser calculadas de acordo com normas e manuais de engenharia de comprovada aceitação nacional e internacional. Para este trabalho utilizou-se a metodologia proposta na Norma derivada ABNT NB-158, que consiste em determinar a quantidade de calor que deverá ser retirada de um ambiente, dando-lhe condições climáticas ideais para o conforto humano.

Segundo essa metodologia, a carga térmica calculada deverá considerar o somatório de todas as formas de calor presentes nos ambientes. Fatores que interferem na memória de cálculo são:

- Janelas com insolação;
- Paredes externas e voltadas para ambientes não condicionados;
- Teto entre andares e em laje;
- Piso não colocado sobre o solo;
- Pessoas em atividade normal;
- Iluminação e aparelhos elétricos;
- Portas abertas constantemente;
- Fator climático da região: 1,05 (Figura 2.7).

O cálculo preconizado pela NB-158 prevê uma forma simplificada e com constantes já definidas para os valores a serem considerados, que podem ser sintetizadas em forma de Tabelas de cálculo para dimensionamento do sistema de ar condicionado para cada ambiente.

Figura 2.7 – Mapa de fatores climáticos



Fonte: ABNT.

Para preencher o formulário simplificado, o usuário precisa conhecer:

- as dimensões do ambiente a ser condicionado (m);
- as janelas, portas e os vãos livres, com as respectivas dimensões (m);
- o tipo de parede (leve ou pesada);
- o piso, com as respectivas dimensões (m);
- a indicação da parede voltada para o norte/sul;
- o número de lâmpadas com a respectiva potência elétrica consumida (W);
- o número de aparelhos e as respectivas potências elétricas (W);
- se o recinto está localizado sob telhado ou andares;
- outros elementos que possam interferir na carga térmica.

O passo-a-passo, sintetizado na planilha da Figura 2.8, consiste em:

- Elaborar um croqui (esquema) com os dados fornecidos de pé-direito, comprimento e largura, janelas, número de luminárias e potência, número de pessoas fixas no ambiente, pavimento, tipo de paredes, corredores e aberturas.

- II. Determinar e somar as áreas de janelas de cada parede. Verificar se possuem proteção interna ou externa (interna: persianas, cortinas ou similares; externa: toldos, anteparos capazes de proteger da incidência de raios solares).
- III. Multiplicar os valores encontrados pelos fatores de proteção das janelas (em caso de tijolos de vidro os valores dos fatores preexistentes devem ser multiplicados por 0,5).
- IV. O valor da carga térmica correspondente a insolação das janelas será o máximo entre o conjunto de valores do total de janelas.
- V. Determinar as áreas das janelas de transmissão, multiplicando pelo fator correspondente de 50 para vidros comuns e de 25 para tijolos de vidro.
- VI. Determinar as áreas das paredes, considerando:
 - a. A direção sul (observar as posições do sol pela manhã e pela tarde, bússola ou softwares de desenho técnico);
 - b. Que as portas com até 1,5 m de largura devem ser consideradas como parte da parede;
 - c. Que as paredes sombreadas constantemente por construções adjacentes devem ser consideradas como direção “sul”;
 - d. Que paredes contíguas a ambientes condicionados não devem ser consideradas;
 - e. Que parede de construção leve é considerada a de espessura inferior a 15 cm e de construção pesada a de mais de 15 cm de espessura.
- VII. Multiplicar os valores encontrados pelos fatores de construção das paredes.
- VIII. Determinar a área do teto do ambiente e multiplicá-la pelo fator que mais se adequa ao espaço em análise (entre andares, sob telhado, com laje, insolação).
- IX. Determinar a área do piso e multiplicá-la pelo fator correspondente (piso instalado diretamente sobre o solo não deverá ser considerado).
- X. Verificar o número de pessoas que irão frequentar constantemente o ambiente e multiplicá-lo pelo fator correspondente.
- XI. Obter a potência das lâmpadas e demais aparelhos/equipamentos elétricos e de computação, multiplicando-os pelos fatores correspondentes.
- XII. Determinar as áreas ou vãos de portas (acima de 1,5 m de largura) que irão permanecer constantemente abertos para recintos não condicionados e multiplicá-las pelo fator correspondente.
- XIII. Somar todas as quantidades de carga térmica obtidas e multiplicar o resultado pelo fator climático da região.

XIV. Escolher um ou mais equipamentos comerciais de capacidade disponível no mercado cuja capacidade seja igual ou superior à carga térmica dimensionada.

Figura 2.8 – Planilha de cálculo para dimensionamento de sistema de ar condicionado

25/05/2020 08:22 Carga Térmica							
Cliente:							
Local:							
Procedência do calor	Unidades			Fatores			Unid.xFato Btu/h
Tipo I - Janelas c/ isolamento	Largura	Altura	Total	S/ Proteção	Proteção Int.	Proteção Ext.	0
1.1 - Norte			0,00	1000	480	290	0
1.2 - Nordeste			0,00	1000	400	290	
1.3 - Leste			0,00	1130	550	360	
1.4 - Sudeste			0,00	840	360	290	
1.5 - Sul			0,00	0	0	0	
1.6 - Sudoeste			0,00	1680	670	480	
1.7 - Oeste			0,00	2100	920	630	
1.8 - Noroeste			0,00	1500	630	400	
Tipo II - Janelas Transmissão	Largura	Altura	Total				0
2.1 - Vidro comum			0,00	210			0
2.2 - Tijolo de vidro/ vidro duplo			0,00	105			0
Tipo III - Paredes	Largura	Altura	Área Janel	Constr. Leve		Cons. Pesada	0
3.1 - Externas voltadas p/ o sul			0,00	55		42	0
3.2 - Externas outras orientações			0,00	84		50	
3.3 - Interna // ambientes ã cond.			0,00	33			
Tipo IV - Teto	Compr.	Largura	Total				0
4.1 - Laje			0,00	315			0
4.2 - Em laje, c/2,5 cm de isolamento ou mais			0,00	125			0
4.3 - Entre andares			0,00	52			0
4.4 - Sob telhado isolado			0,00	72			0
4.5 - Sob telhado sem isolamento			0,00	160			0
Tipo V - Piso	Compr.	Largura	Total				0
Piso não colocado sobre o solo			0,00	52			0
Tipo VI - Pessoas							0
Em Atividade Normal				630			0
Em Atividade Física (Academia)				1000			0
Tipo VII - Iluminação e aparelhos							0
Lâmpadas (Incandescentes)			W	4			0
Lâmpadas (Fluorescentes)			W	2			0
Aparelhos Elétricos			KW	860			0
Motores			HP	645			0
Número de Computadores			W	3,412			0
Tipo VIII - Portas ou vãos	Largura	Altura	Total				0
Abertos constantemente			0	630			0
						SubTotal	0

Aparelho (Capacidade Btu's)	Modelo	Tensão

Fator Climático da região	1
Carga Térmica Total Btu/h	0
TR	0,00

Fonte: PPGEE (2019).

2.5.1 Procedimentos para Determinação da Eficiência

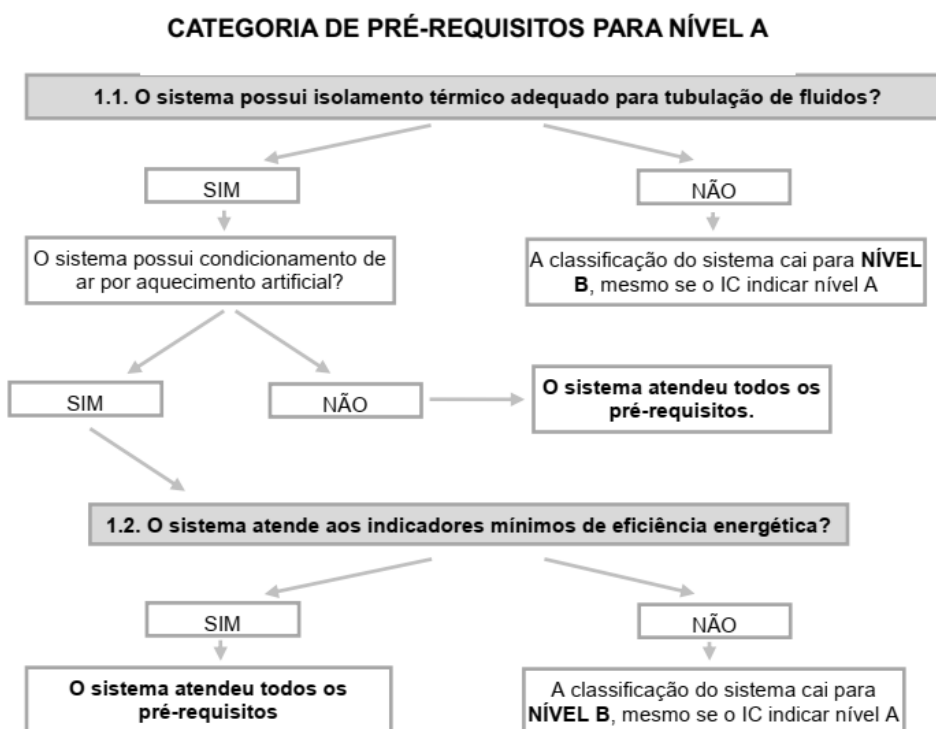
O sistema de ar condicionado individual, aplicável a este trabalho, deverá ser analisado de acordo com as Tabelas de níveis de desempenho energético fornecidas pelo INMETRO para cada fabricante, nas seguintes categorias: I. Condicionadores de ar – tipo janela; e, II.

Condicionadores de ar – tipo *split* (conjunto condensador/evaporador). As Tabelas estão disponíveis em: inmetro.gov.br/consumidor/Tabelas.asp.

A determinação do nível de eficiência de um sistema de condicionamento de ar depende, além do nível de eficiência do equipamento, também do cumprimento dos pré-requisitos. Os sistemas de condicionamento de ar possuem pré-requisito apenas para nível de eficiência A, caso o pré-requisito não seja atendido o nível de eficiência do sistema de ar condicionado cai para nível B. Os pré-requisitos são avaliados em cada ambiente separadamente.

O pré-requisito para sistemas de ar condicionado é cumprido quando há isolamento térmico dos equipamentos que possuem tubulações em seu sistema (unidades condensadoras) de acordo as Tabelas 5.1 e 5.2 do manual do RTQ-C, através da Figura 2.9. O isolamento térmico para as tubulações visa evitar as perdas térmicas ao longo das tubulações que servem de distribuição no sistema de condicionamento de ar.

Figura 2.9 – *Check list* para verificação de cumprimento de pré-requisito



Fonte: Inmetro (2013).

A classificação do sistema de condicionamento de ar permite classificações parciais. Isto significa que se pode certificar somente uma sala, um conjunto de salas, um piso ou parte

de um edifício. Neste aspecto, a classificação do sistema de condicionamento de ar funciona da mesma forma que a classificação da eficiência da iluminação, que também permite classificações parciais. Assim, procede-se da seguinte forma:

- I. Determina-se a eficiência de cada sistema individualmente;
- II. Pondere o equivalente numérico de cada sistema ($A = 5$, $B = 4$, $C=3$, $D=2$, $E=1$) por sua capacidade (potência) dividida pela capacidade total (soma das capacidades de todos os sistemas).
- III. O somatório destes coeficientes determinará o Equivalente Numérico da eficiência total, como indicado na Equação 2.7:

$$EqNumCA = \sum_{n=1}^x \left(EqNumCA_n \cdot \frac{CAp_n}{CAp_t} \right) \quad (2.7)$$

Onde:

$EqNumCA_n$: Equivalente numérico individual;

CAp_n : Capacidade individual (BTU ou W);

x : Número de equipamentos;

CAp_t : Capacidade total instalada (BTU ou W).

Nesse capítulo abordou-se de maneira geral o conceito de Eficiência Energética e sua correlação aos métodos ativos de Edifícios de Energia Zero, apresentando conceitos históricos e a constante evolução para o Desenvolvimento Sustentável. O foco central do capítulo foi a apresentação da metodologia de análise de Eficiência Energética proposta pelo RTQ-C para edifícios existentes, aplicada às instalações elétricas de iluminação e condicionamento de ar, a fim de descobrir o nível de Eficiência de um edifício público, com base em métodos prescritivos. A partir da análise obtida, é possível propor diversas ações de melhoria, abrangendo partes ou a totalidade das edificações. O próximo capítulo expõe conceitos, benefícios e metodologia para a implantação de Geração Solar Fotovoltaica, enfatizando seu papel fundamental no aumento dos níveis de Eficiência Energética de edificações e na transformação em Edifícios de Energia Zero.

3 CONTRIBUIÇÃO DA GERAÇÃO SOLAR FOTOVOLTAICA NA CERTIFICAÇÃO RTQ-C E EDIFÍCIOS DE ENERGIA ZERO

O sol fornece energia na forma de radiação, que é a base de toda a vida na Terra. No centro do sol, a fusão transforma núcleos de hidrogênio em núcleos de hélio. Pode-se comparar o sol a uma imensa bomba de hidrogênio ou reator de fusão, o qual sofre explosões a todo momento, que consomem 4,2 milhões de toneladas de combustível nuclear por segundo.

A energia solar é um recurso renovável abundante em todo o planeta e, em especial nos países tropicais, como é o caso do Brasil. Devido à grande distância existente entre o sol e a Terra, apenas uma mínima parte da radiação solar emitida atinge a superfície terrestre. Essa radiação corresponde a uma quantidade de energia de aproximadamente $1,5 \times 10^{12}$ GWh/ano, e a cada hora a quantidade de energia solar que atinge a superfície da Terra, 171×10^6 GWh/h, é suficiente para abastecer a humanidade durante um ano, cujo consumo total anual de energia (2017) equivale a $153,6 \times 10^6$ GWh. O consumo anual de eletricidade mundial (2017) é de $21,3 \times 10^6$ GWh (GALHARDO, 2019). Essas, dentre outras vantagens ambientais, são motivações suficientes para a promoção da geração solar fotovoltaica nas edificações públicas.

A inclusão de um adequado sistema de geração fotovoltaica nas edificações públicas gera bonificação por utilização de fontes renováveis (1 ponto, em escala 1-5) na etiquetagem e certificação de Eficiência Energética, e permite quantificar o balanço energético entre a demanda e consumo solicitados pelo prédio e a quantidade de energia gerada pelo sistema fotovoltaico para classificá-lo como Edifício de Energia Zero ou Quase-Zero, de acordo com os conceitos apresentados no Capítulo 1.

3.1 Métodos Ativos para EEZ – Sistemas de Geração Solar Fotovoltaica e seus Elementos

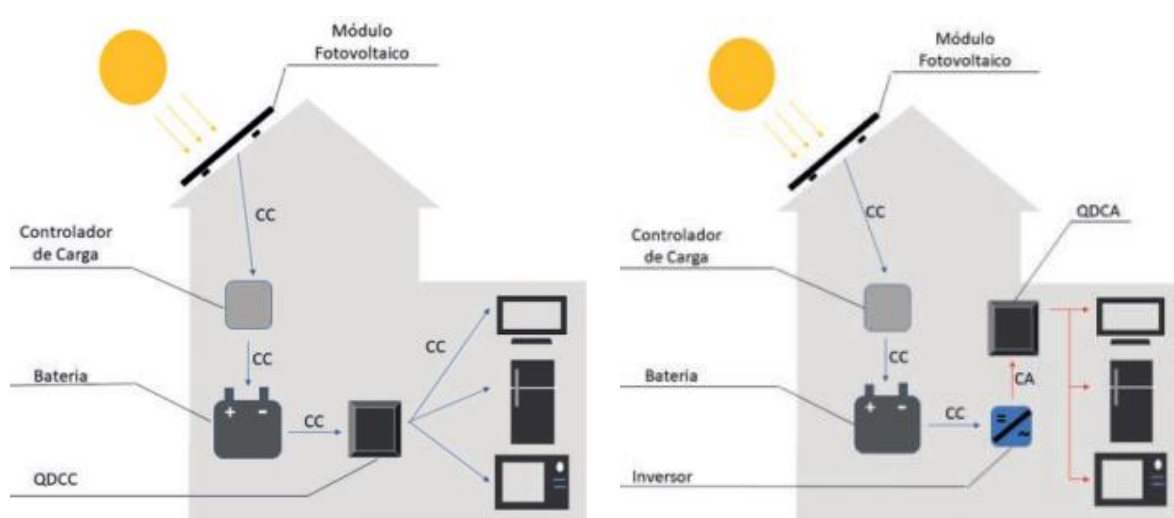
Um sistema fotovoltaico nada mais é do que um conjunto de equipamentos que convertem a energia luminosa do sol em energia elétrica. Seu princípio de funcionamento é baseado no efeito fotovoltaico. O efeito fotovoltaico foi observado pela primeira vez em 1839 por Edmund Bequerel e consiste na criação de tensão elétrica ou de uma corrente elétrica correspondente num material, após a sua exposição à luz. A primeira célula solar foi formalmente apresentada na reunião anual da *National Academy of Sciences*, em Washington e anunciada numa conferência de imprensa no dia 25 de Abril de 1954. No ano seguinte a célula de silício foi aplicada pela primeira vez como fonte de alimentação de uma rede telefônica em Americus, na Geórgia. Desde então, a tecnologia se desenvolve continuamente, permitindo o

aproveitamento da energia elétrica originada na energia solar, de maneira cada vez mais eficiente (AYRÃO, 2018).

Um sistema fotovoltaico pode ser:

- I. Sistema fotovoltaico isolado à rede (off grid)¹ – SFI: O sistema isolado não tem ligação com a rede de distribuição de energia elétrica. Visa atender o consumo próprio e pode alimentar cargas diretamente em CC ou em CA, com configurações de acordo com a Figura 3.1.

Figura 3.1 – Sistema isolado com cargas em CC ou em CA

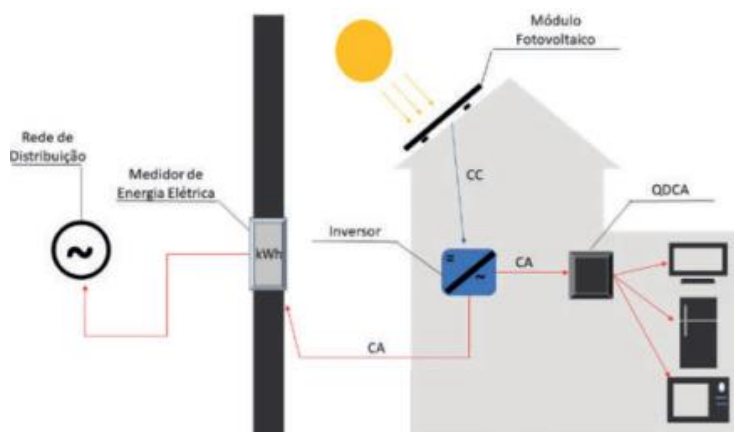


Fonte: Ayrão (2018)

- II. Sistema fotovoltaico conectado à rede¹ – SFCR – sistema adotado no estudo de caso desse trabalho: Os sistemas conectados à rede estão interligados à rede de distribuição de energia elétrica da concessionária, se conectam a esta rede e alimentam as cargas em corrente alternada, necessariamente, mostrado na Figura 3.2. Nesse tipo de sistema, quando o consumo de energia é inferior à geração, o excedente é injetado na rede da concessionária, como se fosse um empréstimo, e devolvido quando a geração for inferior ao consumo. Este balanço energético é importante para a classificação de uma edificação segundo os conceitos de EEZ e EEQZ. Na prática a concessionária funciona como uma grande bateria.

¹ ABNT NBR 11704:2008

Figura 3.2 – Sistema conectado à rede



Fonte: Ayrão (2018)

- III. Sistema fotovoltaico com bateria conectado à rede: Esse tipo de sistema fotovoltaico está interligado à rede de distribuição da concessionária e possui armazenamento de energia por baterias. A ligação permite, mesmo na ausência de energia da concessionária, manter as cargas alimentadas, ou controlar os horários em que a energia será injetada na rede da concessionária, possibilitando um melhor gerenciamento energético.

O mercado tem chamado de sistema híbrido o sistema fotovoltaico que trabalha como isolado e conectado à rede.

Os tópicos a seguir foram adaptados do Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos (PINHO; GALDINO, 2014).

3.1.1 Módulos Fotovoltaicos

Um módulo fotovoltaico é composto por células fotovoltaicas conectadas em arranjos para produzir tensão e corrente suficientes para a utilização prática da energia, ao mesmo tempo em que promove a proteção das células. O número de células conectadas em um módulo e seu arranjo, que pode ser série e/ou paralelo, depende da tensão de utilização e da corrente elétrica desejadas.

Para sistemas conectados à rede ou arranjos utilizados em sistemas de bombeamento de água, os níveis de tensão necessários são muito variáveis e muitas vezes exigem a associação de vários módulos em série, sendo por isto comum encontrar módulos com tensões nominais bastante diversificadas. Atualmente, os módulos fotovoltaicos são produzidos em fábricas automatizadas com mínima interferência humana. A produção em série de módulos fotovoltaicos em grande quantidade tem permitido uma significativa redução nos preços e assegurado a manutenção de produtos de alta qualidade.

Algumas informações essenciais normalmente constam da etiqueta afixada em cada módulo, conforme mostrado na Tabela 3.1. Informações técnicas adicionais são encontradas nas folhas de dados ou catálogos técnicos dos módulos.

Tabela 3.1 – Dados técnicos que constam na etiqueta do módulo fotovoltaico

Informação	Significado ou importância da informação
Nome do fabricante	Identificação do responsável pela qualidade do módulo
Identificação do modelo	Pelo modelo pode-se identificar a folha de dados técnicos com informações sobre tecnologia, potência e tolerância
Número de série	O número de série é obrigatório para registro, qualificação, rastreabilidade e garantia do produto
Tensão máxima do sistema	Indica o maior valor de tensão de circuito aberto de um arranjo onde o módulo pode ser instalado
Tensão de circuito aberto (V_{OC})	Multiplicando-se V_{OC} de cada módulo pelo número de módulos em série em um arranjo, obtém-se V_{OC} do arranjo
Corrente de curto-circuito (I_{SC})	Multiplicando-se I_{SC} de cada módulo pelo número de módulos em paralelo em um arranjo, obtém-se I_{SC} do arranjo
Tensão de máxima potência (V_{MP})	Multiplicando-se V_{MP} de cada módulo pelo número de módulos em série em um arranjo, obtém-se V_{MP} nominal do arranjo
Corrente de máxima potência (I_{MP})	Multiplicando-se I_{MP} de cada módulo pelo número de módulos em paralelo em um arranjo, obtém-se I_{MP} nominal do arranjo
Potência nas condições-padrão de ensaio (STC)	Potência máxima nominal do módulo nas condições de irradiância de 1.000 W/m^2 , espectro AM (massa de ar) 1,5 e temperatura de célula de 25°C
Temperatura nominal da célula nas condições de operação ($NOCT$)	Temperatura das células do módulo nas condições de irradiância de 800 W/m^2 , temperatura ambiente de 20°C e velocidade de vento de 1 m/s

Fonte: Pinho; Galdino (2014).

Os módulos comercializados no Brasil devem ser ensaiados de acordo com os Requisitos de Avaliação da Conformidade – RAC do INMETRO (INMETRO, 2011) e apresentar o respectivo registro e a etiqueta afixada na sua superfície posterior, como indicado na Figura 3.3.

Figura 3.3 – Modelo de etiqueta do INMETRO afixada nos módulos fotovoltaicos

Energia (Elétrica)	
Fabricante Marca	MÓDULO FOTOVOLTAICO ABCDEF XYZ(Logo) XPQOPT
Modelo	
Mais eficiente Menos eficiente	 letra A, B, C, D ou E correspondente à eficiência energética do módulo, em alinhamento com a seta correspondente
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA (%)	XY,Z eficiência máxima nas condições padrão (STC)
Área Externa do Módulo (m ²)	0,00 área externa do módulo, em m ²
Produção Média Mensal de Energia (kWh/mês)	0,00 produção média de energia (kWh/mês)
Potência nas Condições Padrão (W)	0,00 potência nas condições padrão (W)
Requisitos de Avaliação da Conformidade para Sistemas e Equipamentos para Energia Fotovoltaica Instruções de instalação e recomendações de uso, leia o Manual do aparelho PROCEL PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA INMETRO IMPORTANTE: A REMOÇÃO DESTA ETIQUETA ANTES DA VENDA ESTÁ EM DESACORDO COM O CÓDIGO DE DEFESA DO CONSUMIDOR	

Fonte: Inmetro (2017).

A classificação das categorias de eficiência energética (A a E) é feita pelo INMETRO de acordo com as faixas de eficiência do módulo, medida nas condições-padrão de teste, mostradas na Tabela 3.2.

É importante lembrar que, atualmente, a eficiência do módulo normalmente não é considerada um fator importante no projeto de sistemas fotovoltaicos, exceto em casos nos quais existe uma limitação da área disponível para instalação do painel fotovoltaico.

Tabela 3.2 – Classes de eficiência de módulos fotovoltaicos no Brasil

Classe	Faixa
A	Maior que 13,5%
B	Maior que 13% a 13,5%
C	Maior que 12% a 13%
D	Maior que 11% a 12%
E	Menor ou igual a 11%

Fonte: Inmetro (2017).

3.1.2 Associação de Módulos Fotovoltaicos

I. Conexão em Série

A conexão em série é feita do terminal positivo de um módulo ao terminal negativo de outro, e assim por diante. Deve-se utilizar cabos e conexões específicos para uso em sistemas fotovoltaicos, que são protegidos contra os efeitos da radiação e das intempéries. De maneira análoga à conexão das células fotovoltaicas, quando a ligação dos módulos é série, as tensões são somadas e a corrente (para módulos iguais) não é afetada, ou seja:

$$V = V_1 + V_2 + \dots + V_n \quad (3.1)$$

$$I = I_1 = I_2 = \dots = I_n \quad (3.2)$$

O efeito da conexão em série de módulos idênticos está ilustrado na Figura 3.4, através da curva característica I-V. Neste exemplo, cada módulo de 220 Wp (watts-pico) tem $I_{SC} = 6,9\text{A}$ e $V_{OC} = 43,4\text{V}$. O conjunto resultante de 4 módulos em série tem potência de 880 Wp, $I_{SC} = 6,9\text{A}$ e $V_{OC} = 173,6\text{V}$.

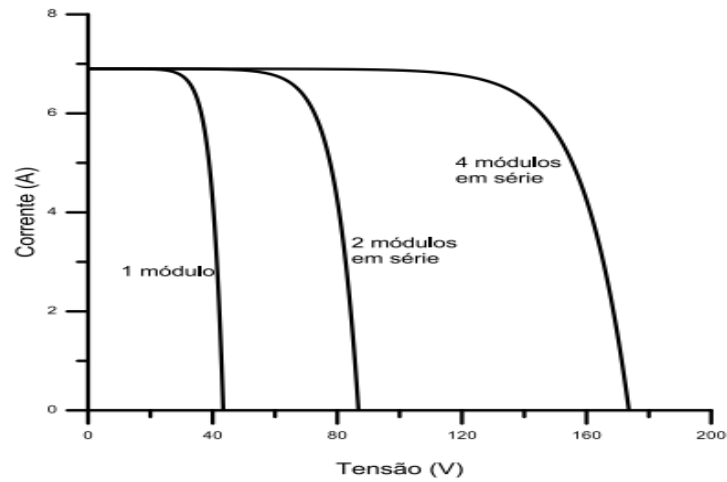
II. Conexão em Paralelo

A conexão em paralelo é feita unindo-se os terminais positivos de todos os módulos entre si e procedendo-se da mesma forma com os terminais negativos. Esta conexão resulta na soma das correntes sem alteração da tensão, ou seja:

$$I = I_1 + I_2 + \dots + I_n \quad (3.3)$$

$$V = V_1 = V_2 = \dots = V_n \quad (3.4)$$

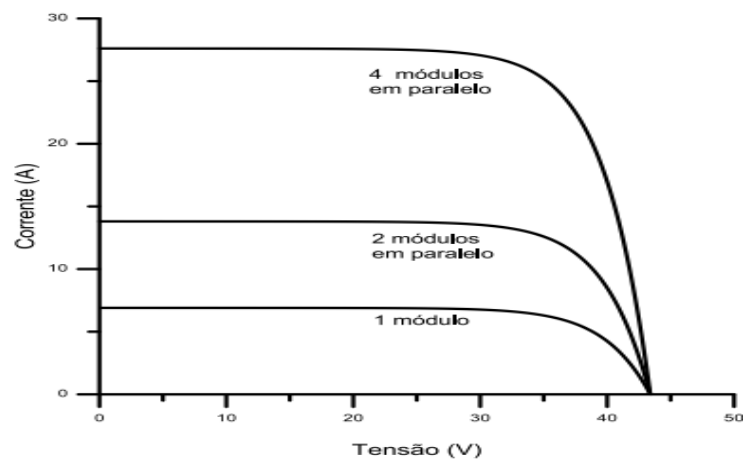
Figura 3.4 – Curvas I-V para módulos idênticos associados em série



Fonte: Pinho; Galdino (2014).

A Figura 3.5 ilustra o efeito da soma das correntes em módulos idênticos conectados em paralelo, através da curva característica I-V. No exemplo, cada módulo de 220 Wp tem $I_{SC} = 6,9\text{A}$ e $V_{OC} = 43,4\text{ V}$. O conjunto resultante de 4 módulos em paralelo tem potência de 880 Wp, $I_{SC} = 27,6\text{ A}$ e $V_{OC} = 43,4\text{ V}$.

Figura 3.5 – Curvas I-V para módulos idênticos associados em paralelo



Fonte: Pinho; Galdino (2014).

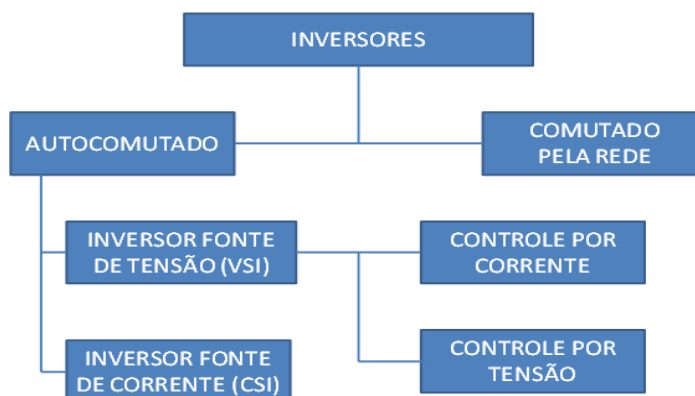
3.1.3 Inversores

Um inversor é um dispositivo eletrônico que fornece energia elétrica em corrente alternada (CA) a partir de uma fonte de energia elétrica em corrente contínua (CC). A energia CC pode ser proveniente, por exemplo, de baterias, células a combustível ou módulos fotovoltaicos. A tensão CA de saída deve ter amplitude, frequência e conteúdo harmônico adequados às cargas a serem alimentadas. Adicionalmente, no caso de sistemas conectados à rede elétrica a tensão de saída do inversor deve ser sincronizada com a tensão da rede, caso aplicável nesse trabalho. No caso de sistemas fotovoltaicos, os inversores podem ser divididos em duas categorias com relação ao tipo de aplicação: SFI e SFCR. Embora os inversores para SFCR compartilhem os mesmos princípios gerais de funcionamento que os inversores para SFI, aqueles possuem características específicas para atender às exigências das concessionárias de distribuição em termos de segurança e qualidade da energia injetada na rede.

Os inversores modernos utilizam chaves eletrônicas de estado sólido e o seu desenvolvimento está diretamente ligado à evolução da eletrônica de potência, tanto em termos de componentes (especialmente semicondutores) quanto das topologias de seus circuitos de potência e controle. Nas últimas décadas, as topologias foram sendo otimizadas e os custos de fabricação reduzidos, enquanto as eficiências de conversão evoluíram até chegar a valores próximos a 99 % em alguns inversores para conexão à rede elétrica.

Dependendo do princípio de operação, os inversores podem ser divididos em dois grandes grupos: comutados pela rede (comutação natural) e autocomutados (comutação forçada). A Figura 3.6 mostra uma classificação dos inversores por princípio de operação.

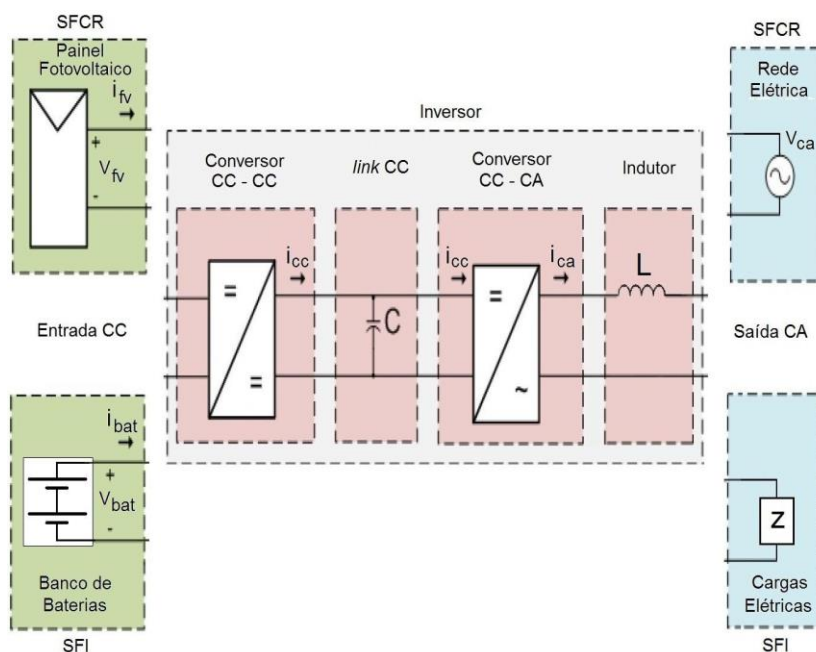
Figura 3.6 – Tipos de inversores classificados de acordo com o princípio de funcionamento



Fonte: Pinho; Galdino (2014).

Conforme mostra a Figura 3.7, o inversor para SFI alimenta diretamente as cargas CA existentes no sistema isolado, enquanto o inversor para SFCR é conectado à rede elétrica da distribuidora local.

Figura 3.7 – Inversor de dois estágios



Fonte: Pinho; Galdino (2014).

Para especificar um inversor é preciso primeiramente considerar qual seu tipo: inversor de bateria, para SFI, ou inversor para SFCR. Os parâmetros que devem ser especificados são: a tensão de entrada CC e a tensão de saída CA, faixa de variação de tensão aceitável, potência nominal, potência de surto, frequência, forma de onda e distorção harmônica (*THD*), grau IP de proteção, temperatura ambiente e umidade do local da instalação além das certificações e tempo de garantia desejados.

3.1.4 Inversores para Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede - SFCR

Segundo Pinho e Galdino (2014), uma possível classificação de tipos de inversores para SFCR é a seguinte:

- I. **Inversores Centrais** – inversores trifásicos de grande porte, com potência numa faixa

que vai de centenas de kWp até MWp, utilizados em Usinas Fotovoltaicas (UFV).

- II. **Inversores Multistring** – inversores trifásicos ou monofásicos dotados de várias entradas independentes com Seguintes do Ponto de Máxima Potência – SPMP – para conexão de *strings* (fileiras) de módulos. São adequados a instalações urbanas (telhados, fachadas) nas quais cada *string* pode estar submetida a diferentes condições de irradiância e/ou sombreamento. Tem potência na faixa de dezenas de kWp.
- III. **Inversores de String** – inversores monofásicos dotados de apenas uma entrada SPMP, adequados a instalações de microgeração (até 10 kWp);
- IV. **Módulo CA** – módulo fotovoltaico associado a um microinversor.

Os inversores para SFCR normalmente efetuam SPMP em suas entradas CC como uma forma de eficientização. A eficiência de um inversor para conexão à rede pode ser expressa pelo conjunto de Equações a seguir:

$$\eta_{CONV} = \frac{P_{CA}}{P_{CC}} \quad (3.5)$$

$$\eta_{SPMP} = \frac{P_{CC}}{P_{PM}} \quad (3.6)$$

$$\eta_{TOT} = \eta_{CONV} * \eta_{SPMP} \quad (3.7)$$

Onde:

P_{CC} (W) – potência instantânea CC na entrada do inversor;

P_{CA} (W) – potência instantânea CA na saída do inversor;

P_{PM} (W) – potência instantânea máxima do painel fotovoltaico nas condições de temperatura e irradiância vigentes;

η_{CONV} (%) – eficiência de conversão do inversor, o que inclui as perdas nos circuitos, no transformador, nos componentes de chaveamento etc.;

η_{SPMP} (%) – eficiência do inversor no seguimento do ponto de máxima potência;

η_{TOT} (%) – eficiência total do inversor.

As eficiências totais destes inversores para conexão à rede podem atingir valores de 98% para circuitos sem transformador e 94% para inversores com transformador. Estas eficiências declaradas pelos fabricantes normalmente se referem à eficiência máxima, que se verifica apenas para determinada condição de carga.

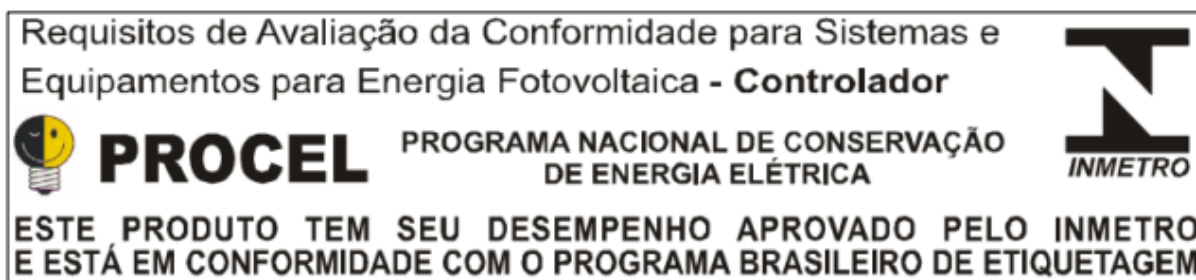
No Brasil, os inversores para SFCR devem atender aos requisitos de proteção exigidos no item 5 da seção 3.3 Módulo 3 do PRODIST (ANEEL, 2017), o que inclui a proteção anti-ilhamento e a exigência de transformador de acoplamento, entre outras. O fenômeno denominado ilhamento é uma situação em que numa determinada seção da rede elétrica a demanda de potência é igual à geração fotovoltaica e um (ou mais) SFCR permanece(m) funcionando e alimentando a carga quando a rede é desenergizada pela distribuidora. É considerada uma situação inaceitável por comprometer a segurança de trabalhadores de manutenção da rede. Por isso, os inversores para SFCR devem ser dotados de proteção anti-ilhamento, o que implica que estes desconectem automaticamente da rede elétrica de distribuição, sempre que esta for desenergizada por motivo de falha ou de manutenção programada da distribuidora.

O inversor para conexão à rede deve atender à norma ABNT NBR 16149:2013. Quase todos os inversores para conexão à rede existentes no mercado possuem incorporadas funções de monitoração e aquisição de dados, de forma a disponibilizar ao usuário informações operacionais. Alguns equipamentos aceitam inclusive a conexão de sensores externos (radiação solar, temperatura etc.), seja diretamente seja através de equipamentos externos auxiliares. Além de consultados no próprio painel do equipamento, tais dados podem ser transferidos através de meios digitais como interface *USB (Universal Serial Bus)*, modem *GSM (Global System for Mobile Communications)* e rede *wireless* para análise detalhada em um computador, facilitando sobremaneira a detecção de falhas. Para SFCR com potências de até algumas dezenas de kWp, tais recursos são equivalentes a um pequeno sistema de supervisão e controle tipo *SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition)*.

Os inversores para SFCR são muitas vezes garantidos pelos fabricantes por períodos de 5 a 10 anos, informação que será considerada na análise financeira e cálculo de *Payback* para o Sistema Fotovoltaico proposto nesse trabalho.

Os inversores comercializados no Brasil devem apresentar o registro do INMETRO e a etiqueta de modelo idêntico à etiqueta de controladores de carga apresentada na Figura 3.8, afixada no próprio produto. Os ensaios a serem realizados são, em condições nominais, autoconsumo, eficiência, distorção harmônica, regulação da tensão e frequência e sobrecarga. Em condições extremas, são realizados ensaios de proteção contra inversão de polaridade; proteção contra curto-circuito na saída; e eficiência, distorção harmônica, regulação da tensão e da frequência em ambiente a 40°C.

Figura 3.8 – Modelo de etiqueta do Inmetro para controladores de carga



Fonte: Inmetro (2008)

3.2 Dimensionamento de Sistema de Geração Fotovoltaica Conectado à Rede

De acordo com Cotrim (2009), projetar uma instalação elétrica para qualquer tipo de prédio ou local consiste, essencialmente em, de maneira racional, selecionar, dimensionar e localizar os equipamentos e outros componentes necessários a proporcionar, de modo seguro e efetivo, a transferência de energia elétrica de uma fonte até os pontos de utilização.

A geração de energia de um sistema fotovoltaico sofre influência de uma série de fatores. Para determinar a energia estimada que um sistema pode gerar em determinado local, é preciso, primeiramente, saber qual a insolação média diária daquela região. O projeto de um sistema fotovoltaico envolve orientação dos módulos, disponibilidade de área, estética, disponibilidade do recurso solar, demanda a ser atendida e diversos outros fatores. Através do projeto, nesse trabalho, pretende-se adequar o gerador fotovoltaico às necessidades definidas pela demanda, de forma que a edificação produza sua própria necessidade de consumo energético para os sistemas de iluminação e condicionamento de ar. O balanço energético entre a demanda e o consumo e a energia produzida pelo gerador solar fotovoltaico da edificação permitirá classificá-la de acordo com os conceitos de Edifício de Energia Zero ou Quase-Zero. O dimensionamento de um sistema fotovoltaico, portanto, é o ajuste entre a energia radiante recebida do sol pelos módulos fotovoltaicos e a necessidade de suprir a demanda de energia elétrica.

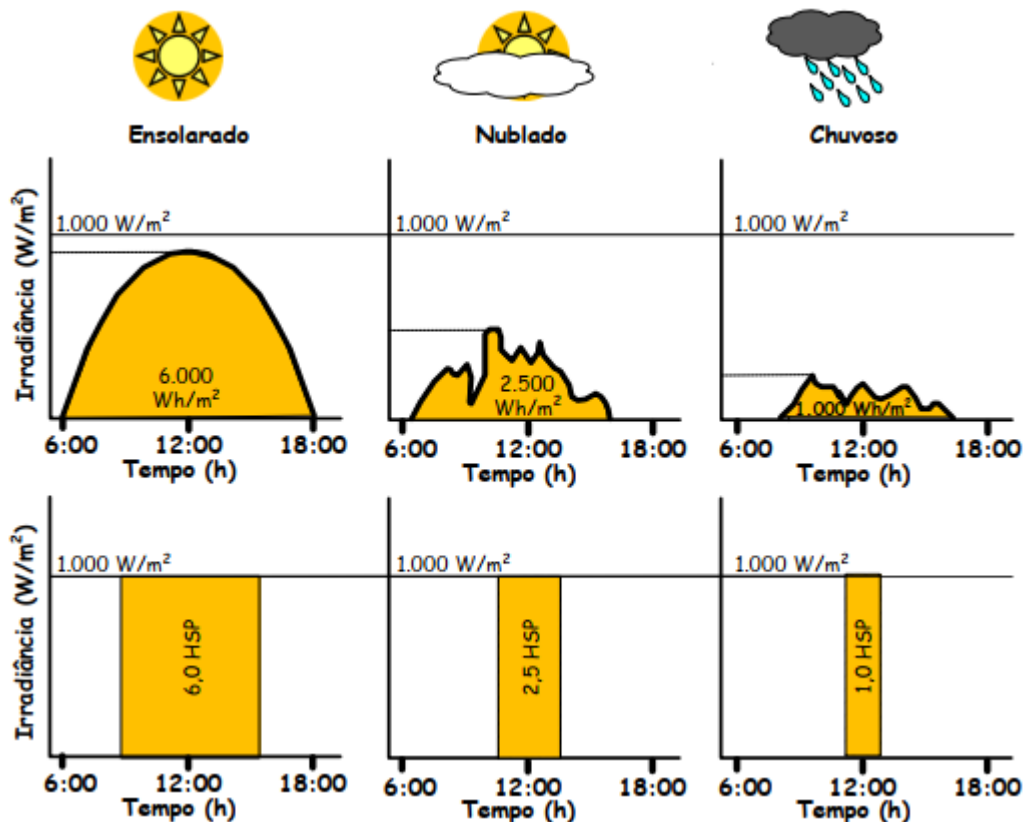
As etapas apresentadas a seguir são aplicáveis a Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede, para o estudo de caso proposto nesse trabalho.

3.2.1 Avaliação do Potencial Solar

Para avaliar o potencial da conversão fotovoltaica em um determinado lugar, deve-se dispor de dados confiáveis da irradiação solar disponível em intervalos horários. Um dos mecanismos que pode ser utilizado para a avaliação é utilizar métodos computacionais para sintetizar sequencias de dados de radiação solar em intervalos horários a partir de dados geográficos e de informações sobre a incidência da radiação solar em média mensal.

Nas estimativas de produção de energia elétrica, considerar-se-á a totalidade da energia elétrica convertida em intervalos horários. Como há uma forte linearidade entre a produção de energia e a irradiação horária, este conceito pode ser estendido, gerando uma forma bastante conveniente de se expressar o valor acumulado de energia solar ao longo de um dia: o número de Horas de Sol Pleno (HSP). Esta grandeza reflete o número de horas em que a irradiância solar permanece constante e igual a 1 kW/m^2 , de forma que a energia resultante seja equivalente à energia disponibilizada pelo Sol no local em questão, acumulada ao longo de um dado dia. A Figura 3.9 ajuda na compreensão da grandeza Horas de Sol Pleno.

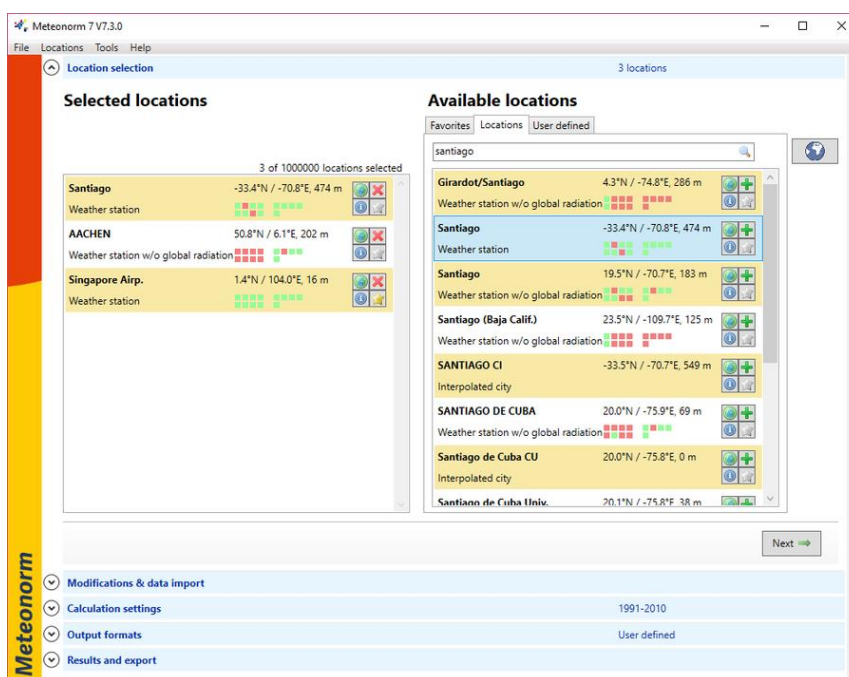
Figura 3.9 – Exemplo de perfis de radiação solar diária com valores equivalentes de HSP



Fonte: Pinho (2008).

O programa METEONORM, mostrado na Figura 3.10, é um *software* comercial desenvolvido pelo METEOTEST (Suíça) que possui uma base de dados climatológicos para vários locais no mundo e de uso em aplicações para aproveitamento energético. Apresenta uma alternativa às estações meteorológicas no solo, com dados coletados e tratados por satélites geoestacionários, principalmente para áreas onde as estações são esparsas. A principal vantagem desse método é a grande área de cobertura pois o algoritmo cobre e processa toda a área fotografada e a disponibilidade de longas séries de fotografias, ultrapassando frequentemente 30 anos e requer o emprego de algoritmos matemáticos complexos e com muitas variáveis (METEONORM, 2020).

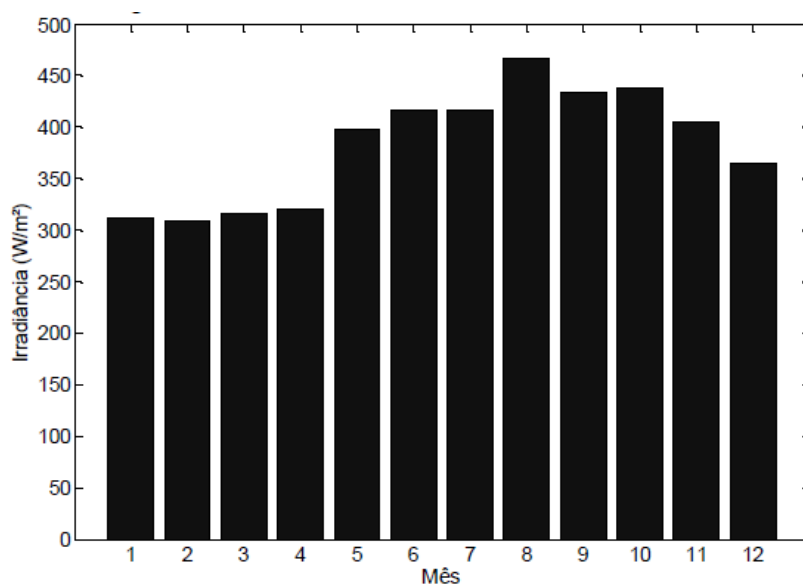
Figura 3.10 – Tela Inicial do METEONORM para configurações de localização



Fonte: Meteonorm (2020).

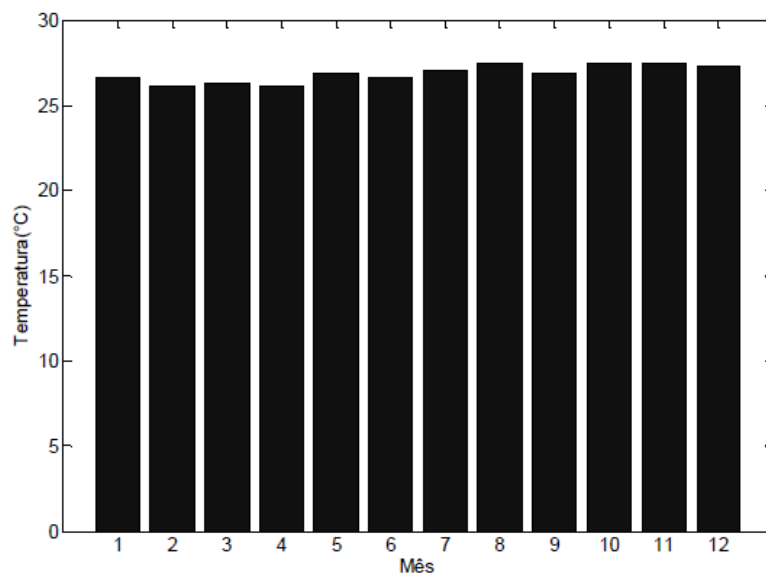
O programa também apresenta facilidades de cálculo de radiação incidente sobre planos inclinados e incorpora um mecanismo de sintetização de séries de dados, e por essa razão foi utilizado no dimensionamento para a proposta deste trabalho, a partir dos seus dados de Irradiância e Temperatura das Figuras 3.11 e 3.12.

Figura 3.11 – Irradiância Média Mensal em Belém/PA



Fonte: Angelim (2018).

Figura 3.12 – Temperatura Média Mensal em Belém/PA



Fonte: Angelim (2018).

3.2.2 Dimensionamento do Gerador Fotovoltaico

A Seção 3.7, Módulo 3, dos Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST) refere-se ao acesso à rede por micro e minigeração distribuída e deve ser observada para projetos de SFCR. A instalação de um sistema conectado

à rede deve seguir a norma específica da concessionária local de distribuição de energia elétrica, que de acordo com o PRODIST deve estar acessível na página da empresa na internet, em um processo que se inicia pela solicitação de acesso.

Para o dimensionamento otimizado do SFCR, deve-se levantar o consumo médio diário anual da edificação (Wh/dia) descontado o valor da disponibilidade mínima de energia. Este dado pode ser calculado pelo histórico de faturas mensais de consumo de energia elétrica emitidas pela distribuidora local. No estudo de caso realizado, o laboratório de ensino analisado faz parte de um conjunto de edifícios componentes de um único consumidor final, a Universidade. Nesse caso, deve-se conhecer o quanto o laboratório (ou a edificação sob estudo) contribui para a demanda contratada total para a composição da Energia Fotovoltaica necessária, E_{FV} , dada por (3.8), ou realizar coleta de dados de medição do local em estudo, através de equipamentos de medição ou sistemas de medição e gerenciamento, se disponíveis. É recomendável a análise de um período de 12 (doze) meses para que a avaliação leve em consideração as diferentes evoluções climáticas das estações do ano e o respectivo consumo.

$$E_{FV} = \frac{\sum_{m=1}^{12} E}{12} - CD \quad (3.8)$$

onde:

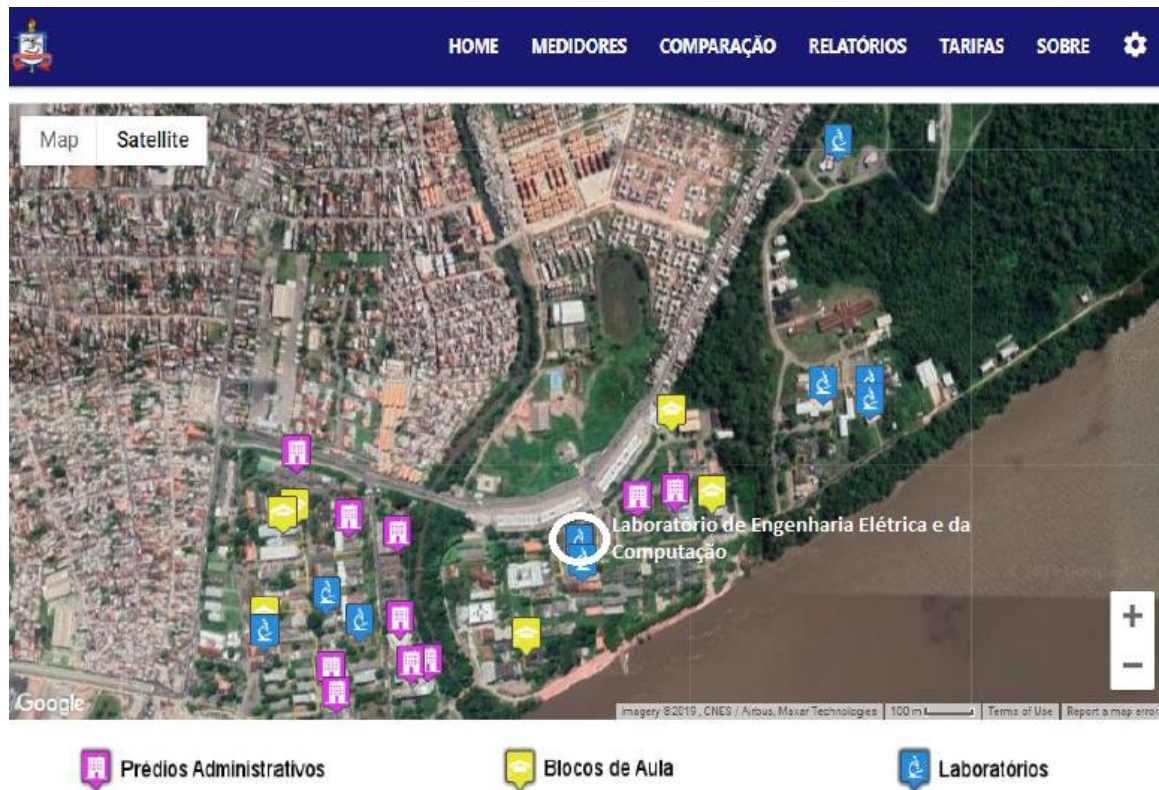
E = Consumo em kWh;

CD = Consumo referente à taxa de disponibilidade.

A Universidade Federal do Pará possui um sistema de supervisão que permite visualizar parâmetros elétricos de eficiência e qualidade da energia elétrica em diferentes pontos do campus Guamá, em Belém. Este sistema é denominado Sistema de Gestão em Eficiência Energética (SISGEE), desenvolvido pelo Centro de Excelência em Eficiência Energética da Amazônia (CEAMAZON-UFPA), onde são desenvolvidas atividades de projeto, pesquisa, desenvolvimento, inovação e outros, em eficiência energética e desenvolvimento regional.

O SISGEE possui um conjunto de instrumentos medidores de energia elétrica instalados nos principais pontos de consumo do campus, de modo a se obter com precisão os hábitos de consumo das instalações consumidoras. Na Figura 3.13 temos a tela inicial do SISGEE com a indicação das edificações monitoradas, e destaque para o LEEC. As medições de consumo deste sistema foram utilizadas para dimensionar a potência do gerador fotovoltaico.

Figura 3.13 – Tela inicial do SISGEE



Fonte: SISGEE, 2019.

A potência de um microgerador, $P_{PROJ}(Wp)$, que compõe um SFCR pode ser calculada pela Equação (3.9), onde se pode escolher uma fração da demanda de energia elétrica consumida que se pretende suprir com o SFCR.

$$P_{PROJ}(Wp) = \frac{E_{FV}}{HSP_m \times PR} \quad (3.9)$$

onde:

HSP_m = Horas de Sol Pleno mensais;

PR = Taxa de desempenho.

O desempenho de um Sistema Fotovoltaico – SFV é tipicamente medido pela Taxa de Desempenho (PR - *Performance Ratio*), que é definida como a relação entre o desempenho real do sistema sobre o desempenho máximo teórico possível. Essa relação é um parâmetro para

avaliar a geração de energia elétrica de um dado SFV, por levar em consideração a potência real do sistema sob condições de operação e todas as perdas envolvidas, como perdas por queda de tensão devido à resistência de conectores e cabeamento, sujeira na superfície do painel, sombreamento, eficiência do inversor, carregamento do inversor, descasamento entre módulos de mesmo modelo (diferenças entre as suas potências máximas), resposta espectral, temperatura operacional, dentre outras.

Para SFCR residenciais, comerciais e de edificações públicas, bem ventilados e não sombreados, uma Taxa de Desempenho – TD – entre 70 e 80 % pode ser obtida nas condições de radiação solar encontradas no Brasil (Manual de Engenharia FV, 2014). De qualquer forma, normalmente o dimensionamento de um SFCR é condicionado pelos recursos financeiros disponíveis para investimento e pela área disponível para sua instalação, muito mais do que propriamente pelas questões técnicas ou de desempenho.

Após o dimensionamento do gerador fotovoltaico (FV), deve-se avaliar qual tecnologia melhor atende ao projeto, levando-se em conta o custo da energia gerada pelo sistema e as vantagens arquitetônicas e elétricas de cada tecnologia. A escolha de um fabricante também deve levar em consideração a credibilidade da empresa no que diz respeito à garantia dos módulos (20 a 25 anos) e às características do produto em termos dos parâmetros elétricos e eficiência e pós-venda. O número de módulos, N_m , que irão compor o SFCR é dado intuitivamente por:

$$N_m = \frac{P_{PROJ}(Wp)}{P_{max}} \quad (3.10)$$

onde:

P_{max} = potência do módulo fotovoltaico comercial escolhido (Wp).

O gerador FV impõe uma carga mecânica, se instalado em coberturas, função do somatório do peso de todos os seus componentes. Recomenda-se que a verificação de uma cobertura que irá receber um SFCR seja realizada por um profissional habilitado em análise estrutural.

3.2.3 Dimensionamento do Inversor

Tem relação direta com o dimensionamento da potência do gerador FV. Depende da tecnologia e características elétricas do módulo escolhido para compor o gerador, características ambientais do local, além da topologia de instalação escolhida.

3.2.3.1 Fator de Dimensionamento do Inversor

A escolha do número de módulos e a verificação da escolha do inversor para os SFCR devem seguir o cálculo do Fator de Dimensionamento do Inversor (FDI), verificando-se em seguida se os valores de tensão e corrente do gerador são compatíveis com os do inversor.

Segundo Blasques (2007) o FDI (adimensional) é a relação entre a potência do inversor e a potência do gerador fotovoltaico (3.11). Para regiões onde o gerador dificilmente alcança seu valor nominal, seja por causa da baixa irradiação ou temperatura, é recomendável um inversor subdimensionado. No Brasil, valores de FDI entre 0,6 e 0,9 são recomendados.

$$FDI = \frac{P_{inv}}{P_{INST}} \quad (3.11)$$

Onde:

P_{inv} = Potência nominal do inversor;

P_{INST} = Potência do gerador fotovoltaico.

Ainda segundo Blasques (2007) as condições e variáveis básicas para o dimensionamento do inversor são: corrente do painel fotovoltaico (I_{SC}) deve ser inferior à corrente de entrada do inversor (I_{CCmax}); a tensão de circuito aberto do arranjo fotovoltaico (V_{OC}) não deve ser superior à máxima tensão de entrada do inversor (V_{CCmax}); e a tensão nominal do arranjo fotovoltaico (V) deve estar situada dentro da faixa de tensão do SPMP do inversor (V_{SPMP}).

A localização do SFCR determina o FDI mais adequado para a instalação, visto que a potência injetada no inversor pelo gerador está diretamente relacionada às características de temperatura e irradiação de cada local no qual pretende-se instalar o sistema.

3.3 Aplicações de Geração Solar Fotovoltaica na Universidade

O projeto SIMA, apresentado no capítulo 1, coordenado pelo CEAMAZON como projeto piloto a ser implantado no Campus Universitário Guamá e Campus Universitário Castanhal, da UFPA, servindo como Laboratório Vivo para análise e desenvolvimento de tecnologias e modelos de negócios, além do atendimento à população dos Campi Universitários

e comunidade ribeirinha no entorno do Campus Guamá possui, dentre suas etapas de implantação, projeto e instalação de Sistemas Fotovoltaicos.

O sistema fotovoltaico será instalado em duas áreas no Campus UFPA Guamá: na área lateral do prédio do CEAMAZON e na cobertura do prédio Mirante do Rio, e sobre a cobertura do barco elétrico integrante do projeto de mobilidade elétrica sustentável.

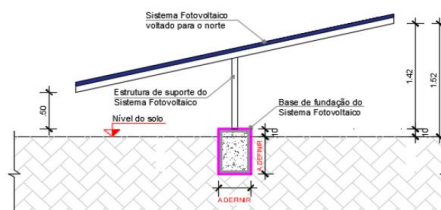
A Figura 3.14 apresenta a área destinada à instalação dos módulos fotovoltaicos ao lado do CEAMAZON. Tendo em vista o posicionamento do prédio, efetuou-se a análise de sombreamento no local, de forma que os impactos por sombreamento fossem minimizados. Já na Figura 3.15 ilustra-se o detalhamento da estrutura de suporte dos módulos fotovoltaicos.

Figura 3.14 - Área do CEAMAZON, com instalação de sistema fotovoltaico



Fonte: Tostes (2019).

Figura 3.15 – Detalhe da estrutura de suporte dos painéis fotovoltaicos



Fonte: Tostes (2019).

O projeto dos sistemas fotovoltaicos do CEAMAZON contempla duas topologias, sendo dois SFCR e um SFI. Ambos sistemas serão conectados ao sistema de armazenamento por meio de um sistema de gestão. A Tabela 3.3 destaca a potência dos sistemas para o CEAMAZON.

Tabela 3.3 – Potência dos sistemas fotovoltaicos integrados ao CEAMAZON

Tipo	Potência (kWp)
SFCR 1	58,29
SFCR 2	16,08
SFI	6,03

Fonte: Tostes (2019).

Já no edifício Mirante do Rio (Figura 3.16), a área destinada ao Sistema Fotovoltaico será a cobertura, que se divide em duas principais regiões: uma região central, átrio, composta por telhas termoacústicas e translúcidas suportadas por uma infraestrutura de metal; e uma segunda região ao redor do átrio central, composta por telhas termoacústicas. O levantamento de áreas de sombreamento sobre o edifício Mirante do Rio mostrou que parte do telhado é sombreada por outras estruturas mais altas. No entanto, foi identificada uma região sem sombras com área suficiente para atendimento ao projeto.

O projeto Fotovoltaico para o edifício Mirante do Rio possui topologia de SFCR, com potência de 59,63 kWp, que será disposto em algumas das áreas do telhado conforme disposição apresentada na Figura 3.17.

Esse capítulo abordou os principais conceitos relacionados às origens da Energia Solar e seu potencial para aplicação na geração de energia elétrica fotovoltaica, contribuindo para o crescimento da utilização de fontes renováveis, eficientes e ambientalmente sustentáveis. Foram apresentados os principais componentes integrantes dos sistemas de geração fotovoltaica, a metodologia adotada nesse trabalho para levantamento da necessidade de carga instalada e dimensionamento de um sistema de geração fotovoltaica que a atenda, e ainda uma etapa de projeto de aplicação na UFPA que impactará, de forma global, no gerenciamento da geração fotovoltaica dimensionada para o LEEC. Combinada com a metodologia apresentada no capítulo 2, será possível destacar a contribuição desse tipo de geração de fonte renovável na certificação pelo RTQ-C, como bonificação, e sua importância no balanço energético positivo do LEEC, a fim de conceituá-lo como Edifício de Energia Zero ou Quase-Zero. O capítulo seguinte mostra detalhadamente o estudo de caso realizado seguindo a aplicação da metodologia apresentada nos capítulos 2 e 3 e seus resultados.

4 ESTUDO DE CASO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Esse capítulo apresenta os resultados obtidos no estudo de caso de análise dos Sistemas de Iluminação e Ar Condicionado do Laboratório de Engenharia Elétrica e Computação – LEEC, apresentado na Figura 4.1, com base no método prescritivo do RTQ-C, seguindo os procedimentos de cálculos nele descritos, apresentados no Capítulo 2. Mostra os benefícios obtidos com uma proposta de melhoria – *Retrofit* – e por fim, como principal aplicação, a contribuição da geração solar fotovoltaica, dimensionada conforme a metodologia apresentada no Capítulo 3, assim como a classificação referente à Edifício de Energia Zero ou Edifício de Energia Quase-Zero.

Resumidamente, a metodologia consiste em duas etapas:

- I. Análise e Classificação das instalações existentes de Iluminação e Condicionamento de Ar seguindo o RTQ-C, através de dados dos sistemas existentes no LEEC, resultando numa proposta de *Retrofit* para obtenção da ENCE, no contexto do PBE Edifica. Essa etapa finaliza com a apresentação de análise energética, financeira e ambiental com o auxílio do *software* RETScreen®, para a proposta apresentada;
- II. Proposta de bonificação com dimensionamento de Sistema de Geração Fotovoltaica, conforme prescrito no RTQ-C, a partir de dados do recurso solar com o auxílio do *software* Meteonorm® e da demanda de consumo do LEEC com o auxílio do SISGEE, com análise energética e financeira de viabilidade do projeto. Essa etapa finaliza com a classificação do Nível de Eficiência Energética para o LEEC, assim como sua classificação em relação aos conceitos de Edifício de Energia Zero ou Quase-Zero.

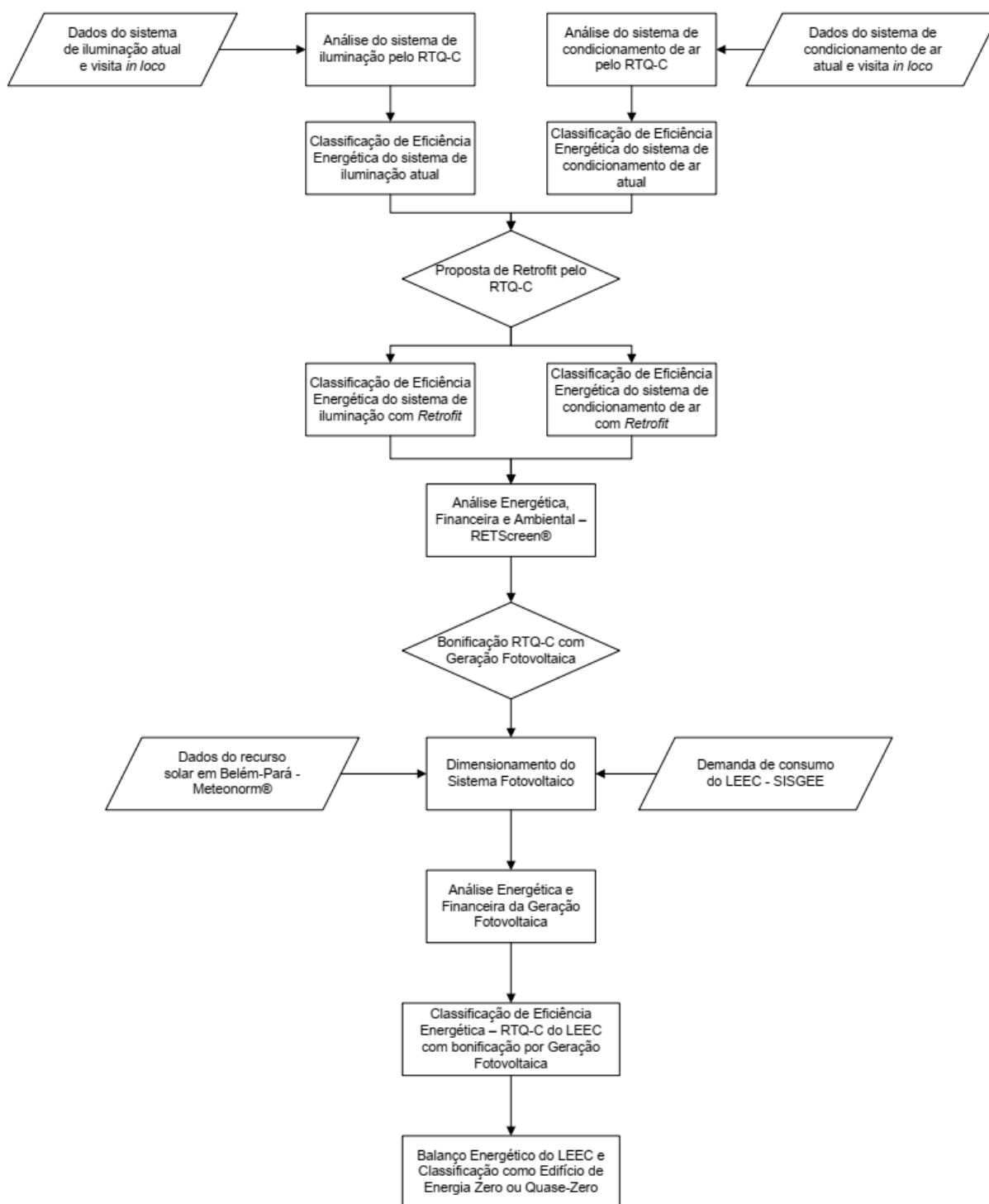
A Figura 4.2 apresenta o fluxograma com a metodologia seguida no estudo de caso.

Figura 4.1 – Edifício de Aplicação da Metodologia: LEEC/UFPA



Fonte: Google Maps, 2020.

Figura 4.2 – Fluxograma da metodologia aplicada no trabalho

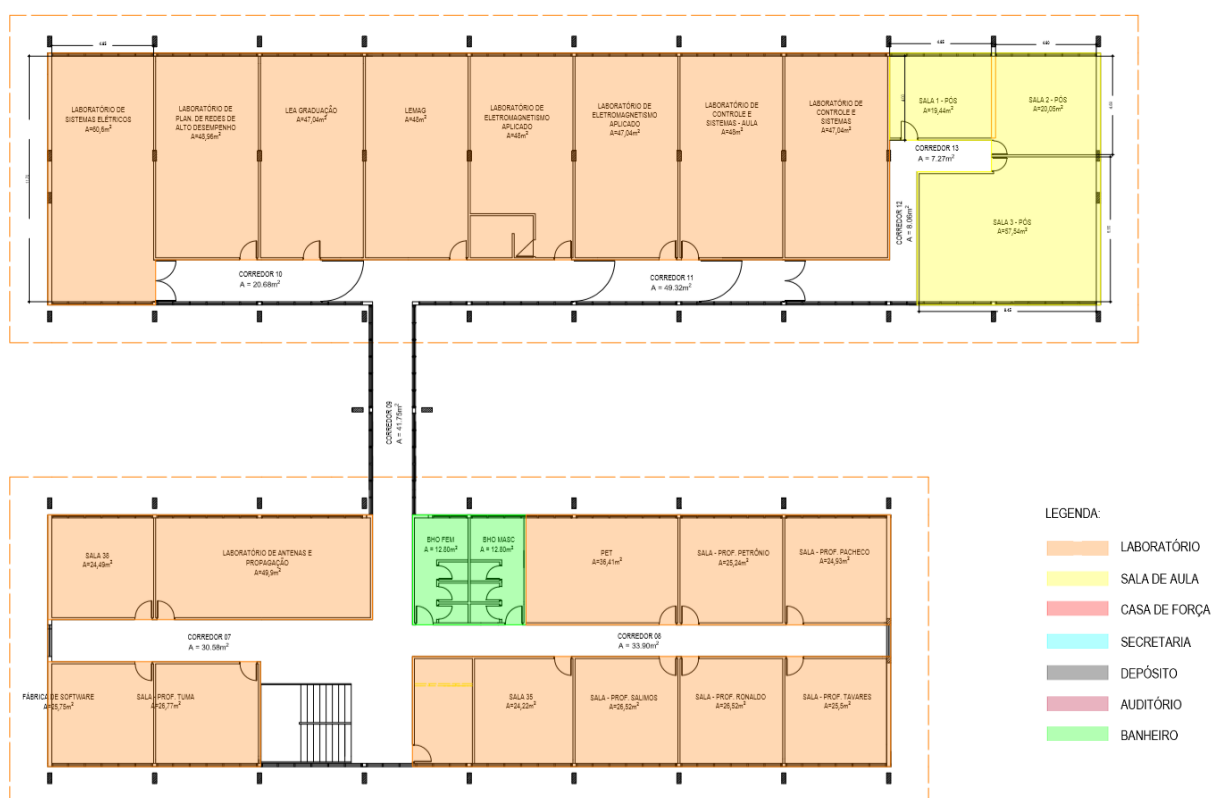


Fonte: Elaborado pelo autor do trabalho.

4.1 Descrição da Edificação

O prédio do LEEC está subdividido em dois blocos sendo um com área de 600,63 m² e outro com 482,39 m² totalizando uma área térrea de ambientes condicionados de 1.083,02 m², e uma área total útil de 2.964,88 m² (2 pavimentos: ambientes condicionados, corredores e banheiros) sendo composto basicamente por salas de aulas, laboratórios e circulação. A medida do pé-direito fica em torno de 2,80 m. Na edificação temos: 32 laboratórios, 7 salas de aulas, 1 casa de força, 1 depósito, 1 secretaria, 1 auditório, 13 corredores, e 4 banheiros com 4 sanitários cada, destacados nas plantas baixas apresentadas nas Figuras 4.3 e 4.4. As instalações elétricas do LEEC são alimentadas por dois transformadores, ambos com potência de 300 kVA, e a modalidade tarifária contratada na unidade consumidora UFPA nesse campus é a Modalidade Tarifária Verde.

Figura 4.3 – Planta baixa das atividades Pavimento Superior



Fonte: PPGEE (2019).

4.2 Análise e Proposta de Eficiência Energética para o Sistema de Iluminação

Essa subseção aplica a primeira etapa da metodologia do trabalho às instalações do sistema de iluminação, através de análise das condições existentes e dimensionamento com proposta de melhoria energética.

Figura 4.4 – Planta baixa das atividades Pavimento Térreo



Fonte: PPGEE (2019).

4.2.1 Análise do Sistema de Iluminação

O LEEC possui um sistema de iluminação composto por luminárias de sobrepôr no teto que comportam duas ou quatro lâmpadas (de acordo com o ambiente), e a quantidade dessas luminárias varia de acordo com a área de cada sala. A maioria das salas do prédio passou, recentemente, ou está passando por um processo de reforma com melhorias, o que nos permite avaliar os ganhos obtidos após as mudanças do sistema, assim como as falhas ainda existentes. As salas que já sofreram o processo de melhoria tiveram suas luminárias antigas que possuíam lâmpadas do tipo tubular fluorescente de 40 W de alto consumo de energia, trocadas por

luminárias que abrigam lâmpadas do tipo LED T8 de 20 W com alta eficiência. Além da iluminação das salas, foram analisadas também a iluminação dos corredores e banheiros.

O circuito de iluminação das salas encontra-se, de forma geral, dividido, onde a maioria ou todo o acionamento é feito apenas por um interruptor, e mesmo quando há mais de um interruptor ainda assim não foi encontrado acionamento separado para fileira de luminárias próximas às janelas, para o pré-requisito de contribuição da iluminação natural.

Considera-se que as aulas e atividades dos laboratórios têm início às 07:30h e encerram às 21:00h, totalizando assim, 13 horas e 30 minutos; porém, considerou-se uma média de 12 horas/dia ou 60 horas/semana de utilização (excluíram-se os fins de semana) pois não são utilizadas todas as salas e laboratórios durante todos os horários.

Tomando como base o roteiro de cálculo exposto no item 2.4, analisou-se, com o auxílio de um luxímetro e planilha de cálculo, a iluminância existente em cada ambiente do LEEC de acordo com o estabelecido pela norma NBR ISO/CIE 8995-1:2013, através da Tabela 4.1.

Tabela 4.1: Iluminância existente no LEEC em comparação ao estabelecido pela NBR ISO/CIE 8995-1:2013

(continua)

AMBIENTE	ILUMINÂNCIA NBR ISO/CIE 8995-1:2013	ILUMINÂNCIA EXISTENTE
Labquali	200 lux	121,81 lux
Lab. Sist. Potência	200 lux	334, 52 lux
Casa de força	300 lux	235,91 lux
Lab. Computação	200 lux	331,10 lux
Lab. Eng. Biomédica	200 lux	334,52 lux
Lab. Extensão	300 lux	81,77 lux
Lab. De comunicações	200 lux	137,96 lux
Lab. Elet. Analógica	300 lux	195,46 lux
Sala suporte computação	200 lux	34,60 lux
Sala 06	200 lux	286,14 lux
Laser	200 lux	609,23 lux
Linc	200 lux	410,34 lux
Auditório	200 lux	402,05 lux
Oficina manutenção	200 lux	102,58 lux
Ti computação	200 lux	160,55 lux

(conclusão)

AMBIENTE	ILUMINÂNCIA NBR ISO/CIE 8995-1:2013	ILUMINÂNCIA EXISTENTE
Casa de força	150 lux	235,91 lux
Lab. Controle de eletrônica	300 lux	101,98 lux
Lab. Eng. Elétrica	200 lux	42,53 lux
Pet	200 lux	38,67 lux
Sala prof. Petrônio	200 lux	242,25 lux
Sala prof. Tavares	200 lux	125,29 lux
Lse	200 lux	109,81 lux
Lprad	200 lux	331,10 lux
Lea	200 lux	331,10 lux
Lemag	200 lux	25,79
Lab. Eletromagnetismo	200 lux	147,67
Lab. Eletromagnetismo 02	200 lux	331,10
Lab. Controle e sistemas	200 lux	50,55
Lab. Controle e sistemas 02	200 lux	35,71
Corredor 1	100 lux	23,30 lux
Corredor 2	100 lux	54,72 lux
Corredor 3	100 lux	167,47 lux
Corredor 4	100 lux	47,13 lux
Corredor 5	100 lux	61,71 lux
Corredor 6	100 lux	61,14 lux

Fonte: Elaborado pelo autor do trabalho.

Identificou-se que grande parte dos ambientes não possui iluminação de trabalho adequada conforme normalizado. O método de cálculo escolhido foi o Método das Atividades, conforme especificado no item 2.4.1. A partir da potência instalada em cada ambiente, conforme dados fornecidos e apresentados nos Anexos I e III, verificou-se o nível de Eficiência Energética do Sistema Existente de Iluminação Artificial determinado pelas Densidades de

Potência de Iluminação Limite por atividades principais, de acordo com a Tabela 4.2 do RTQ-C, conforme apresentado na Tabela a seguir.

Tabela 4.2: Classificação do sistema de iluminação existente no LEEC

(continua)

AMBIENTES	ATIVIDADE	ÁREA (m²)	DPIL W/m² (Nível A)	DPIL W/m² (Nível B)	DPIL W/m² (Nível C)	DPIL W/m² (Nível D)	DPIL W/m² (Nível E)	POTÊNCIA INSTALADA (W)	EqNum
			12,24	14,68	17,13	19,58	> Nível D		
SALA 10	LABORATÓRIO	56,75	7,05					400	5
LABQUALI		46,85					20,49	960	1
LAB. SIST. POTÊNCIA		46,56					20,62	960	1
LAB. COMPUTAÇÃO		47,04					20,41	960	1
LAB. ENG. BIOMÉDICA		46,56					20,62	960	1
LAB. DE COMUNICAÇ.		47,04	8,5					400	5
SUORTE COMPUTAÇ.		24,55	3,26					80	5
SALA 06		39,69					20,16	800	1
LINC		24,25					26,39	640	1
OFICINA MANUTENÇ.		24,25	6,6					160	5
FÁBRICA DE SOFTWARE		23,04	1,56					36	5
PET		36,20	1,24					45	5
SALA PROF. PETRÔNIO		24,50					20,9	512	5
SALA PROF. TAVARES		24,25	4,62					112	5
LSE		24,25	9,9					240	5
LPRAD		47,04					20,41	960	5
LEA		47,04					20,41	960	5
LEMAG		47,04	1,15					54	5
LAB. ELETROMAG NETISMO		47,04	8,5					400	5
LAB. ELETROMAG NETISMO 2		47,04					20,41	960	5
LAB. CONTROLE E SISTEMAS		47,04	1,79					84	5

(conclusão)

LAB. CONTROLE E SISTEMAS 2		47,04	1,15					54	5
LAB. EXTENSÃO	SALA DE AULA	47,62	5,04					240	5
LAB. CONTROLE DE ELETRÔNICA		36,60	6,56					240	5
TOTAL			11,82					11.217 W	A

AMBIENTES	ATIVIDADE (com RCR adequado)	ÁREA (m²)	DPIL W/m² (Nível A)	DPIL W/m² (Nível B)	DPIL W/m² (Nível C)	DPIL W/m² (Nível D)	DPIL W/m² (Nível E)	POTÊNCIA INSTALADA (W)	EqNum
TI COMPUTAÇÃO*	LABORATÓRIO	12,80	10,20	12,24	14,28	16,32	> Nível D	160	5
LASER*	SALA DE AULA	24,50					39,18	960	4
LAB. ELET. ANALÓGICA*		24,40			13,11			320	4
AUDITÓRIO	AUDITÓRIO	49,50			7,27			360	5
TOTAL						16,19		1.800 W	C

AMBIENTES	ATIVIDADE	ÁREA m²	DPIL W/m² (Nível A)	DPIL W/m² (Nível B)	DPIL W/m² (Nível C)	DPIL W/m² (Nível D)	DPIL W/m² (Nível E)	POTÊNCIA INSTALADA (W)	EqNum
			7,2	8,64	10,08	11,52	>Nível D		
CASA DE FORÇA	CASA DE MÁQUINAS	47,04					20,41	960	5
									E

TOTAL	1.083,02	EqNumDPI (12,91) = 4						13.977 W	NÍVEL B
--------------	-----------------	-----------------------------	--	--	--	--	--	-----------------	----------------

Fonte: Elaborado pelo autor do trabalho.

4.2.2 Proposta de melhoria do Sistema de Iluminação

Após constatadas as deficiências de cada ambiente, seja de superdimensionamento ou de baixos níveis de iluminância, propôs-se uma nova configuração em cada sala para atingir melhor eficiência energética no prédio. Algumas salas do prédio possuem valores estimados considerando os ambientes de mesma área ou de atividade similar.

A análise de eficiência energética do sistema existente serviu como base para as seguintes propostas de melhoria para o sistema de iluminação:

- Substituição das lâmpadas fluorescentes existentes por LED tubulares T8 de 20 Watts;
- Padronização e redistribuição de luminárias nas salas de aula que ainda não passaram por *retrofit*;

- Redistribuição dos circuitos, para possibilitar o desligamento separado das luminárias próximas às janelas.

É importante destacar que a comparação de sistemas de iluminação somente é efetiva se for levado em conta níveis de iluminância iguais para diferentes sistemas. Um sistema só é mais eficiente que outro se apresentar o mesmo nível de iluminância consumindo menos Watts por metro quadrado.

I. Definição do Método de Cálculo

Conforme já declarado, o método de cálculo escolhido foi o método das atividades (2.4.1) pois considera ambientes retangulares, superfícies difusas e com um único tipo de luminária, compatível com os ambientes do prédio avaliado. Para a memória de cálculo levantou-se as características físicas do local e classificou-se de acordo com a norma de determinação de iluminância, NBR ISO/CIE 8995-1:2013, as refletâncias das superfícies de teto, piso e parede; e a frequência da manutenção de limpeza dos ambientes a fim de estimar o fator de manutenção local. As planilhas de dimensionamento são apresentadas no Anexo III. A Tabela 4.3 apresenta o resumo da proposta de *Retrofit* a fim de se atingir a iluminância mínima exigida pela norma de desempenho e proporcionar melhor eficiência energética para o sistema.

Tabela 4.3 – Valores do sistema existente e da proposta de melhoria

(continua)

AMBIENTE	ILUMINÂNCIA NORMA	ILUMINÂNCIA ATUAL	SISTEMA ATUAL	SISTEMA RETROFIT	ILUMINÂNCIA APÓS RETROFIT
SALA 10	200 LUX	109,63 LUX	10X2 LÂMPADA S LED 20W	10X2 LÂMPADAS LED 20W	219,25 LUX
LABQUALI	200 LUX	332,46 LUX	6X4 LÂMPADA S FLÚOR 40W	4X4 LÂMPADAS LED 20W	212,46 LUX
LAB. SIST. POTÊNCIA	200 LUX	334, 52 LUX	6X4 LÂMPADA S FLÚOR 40W	8X4 LÂMPADAS LED 20	213,77 LUX
CASA DE FORÇA	300 LUX	235,91 LUX	6X4 LÂMPADA S FLÚOR 40W	8X4 LÂMPADAS LED 10W	150,76 LUX
LAB. COMPUTAÇ ÃO	200 LUX	331,10 LUX	6X4 LÂMPADA S FLÚOR 40W	4X4 LÂMPADAS LED 20W	211,59 LUX

LAB. ENG. BIOMÉDICA	200 LUX	334,52 LUX	6X4 LÂMPADA S FLÚOR 40W	4X4 LÂMPADAS LED 20W	(continuação) 213,77 LUX
LAB. EXTENSÃO	300 LUX	81,77 LUX	3X2 LÂMPADA S FLÚOR 40W	6X4 LÂMPADAS LED 20W	313,55 LUX
LAB. DE COMUNICAÇÕES	200 LUX	137,96 LUX	5X2 LÂMPADA S FLÚOR 40W	6X3 LÂMPADAS LED 20W	238,04 LUX
LAB. ELET. ANALÓGICA	300 LUX	195,46 LUX	8X2 LÂMPADA S LED 20W	7X2 LÂMPADAS LED 20W	342,06 LUX
SALA SUPORTE COMPUT.	200 LUX	34,60 LUX	2X2 LÂMPADA S LED 20W	6X2 LÂMPADAS LED 20W	207,62 LUX
SALA 06	200 LUX	286,14 LUX	5X4 LÂMPADA S FLÚOR 40W	4X4 LÂMPADAS LED 20W	219,43 LUX
LASER	300 LUX	609,23 LUX	6X4 LÂMPADA S FLÚOR 40W	7X2 LÂMPADAS LED 20W	340,66 LUX
LINC	200 LUX	410,34 LUX	4X4 LÂMPADA S FLÚOR 40W	5X2 LÂMPADAS LED 20W	245,84 LUX
AUDITÓRIO	200 LUX	402,05 LUX	8X4 LÂMPADA S FLÚOR 40W	6X3 LÂMPADAS LED 20W	216,79 LUX
OFICINA MANUT.	200 LUX	102,58 LUX	1X4 LÂMPADA S FLÚOR 40W	3X3 LÂMPADAS LED 20W	221,26 LUX
TI COMPUT.	200 LUX	160,55 LUX	1X4 LÂMPADA S FLÚOR 40W	2X3 LÂMPADAS LED 20W	230,85 LUX
LAB. CONTROLE	300 LUX	101,98 LUX	6X2 LÂMPADA S LED 20W	6X3 LÂMPADAS LED 20W	305,94 LUX
FÁBRICA DE SOFTWARE	200 LUX	42,53 LUX	4X1 LÂMPADA S LED 9W	5X2 LÂMPADAS LED 20W	236,28 LUX
PET	200 LUX	38,67 LUX	5X1 LÂMPADA S LED 9W	6X2 LÂMPADAS LED 20W	206,21 LUX
SALA PROF. PETRÔNIO	200 LUX	242,25 LUX	4X4 LÂMPADA S FLUOR 32W	5X2 LÂMPADAS LED 20W	227,11 LUX
SALA PROF. TAVARES	200 LUX	125,29 LUX	4X2 LÂMPADA	5X2 LÂMPADAS LED 20W	234,91 LUX

(conclusão)					
LSE	200 LUX	109,81 LUX	S FLUOR 14W 3X2 LÂMPADA S FLUOR 40 ^a	6X2 LÂMPADAS LED 20W	200,52 LUX
LPRAD	200 LUX	331,10 LUX	6X4 LÂMPADA S FLUOR 40W	6X4 LÂMPADAS LED 20W	229,22 LUX
LEA	200 LUX	331,10 LUX	6X4 LÂMPADA S FLUOR 40W	6X4 LÂMPADAS LED 20W	229,22 LUX
LEMAG	200 LUX	25,79 LUX	6X1 LÂMPADA S LED 9W	6X4 LÂMPADAS LED 20W	229,22 LUX
LAB. ELETROMA GNET.	200 LUX	147,67 LUX	5X2 LÂMPADA S FLUOR 40W	6X4 LÂMPADAS LED 20W	236,28 LUX
LAB. ELETROMA GNET. 02	200 LUX	331,10 LUX	6X4 LÂMPADA S FLUOR 40W	6X4 LÂMPADAS LED 20W	229,22 LUX
LAB. CONTR. E SISTEMAS	200 LUX	50,55 LUX	6X1 LÂMPADA S FLUOR 14W	6X3 LÂMPADAS LED 20W	227,46 LUX
LAB. CONTR. E SISTEM. 02	200 LUX	35,71 LUX	6X1 LÂMPADA S LED 9W	6X3 LÂMPADAS LED 20W	238,04 LUX
CORREDOR 1	100 LUX	23,30 LUX	1X2 LÂMPADA S LED 20W	2X3 LÂMPADAS LED 20W	139,79 LUX
CORREDOR 2	100 LUX	54,72 LUX	4X2 LÂMPADA S LED 20W	4X2 LÂMPADAS LED 20W	109,44 LUX
CORREDOR 3	100 LUX	167,47 LUX	3X2 LÂMPADA S FLUOR 40W	2X2 LÂMPADAS LED 20W	107,02 LUX
CORREDOR 4	100 LUX	47,13 LUX	4X2 LÂMPADA S LED 20W	3X3 LÂMPADAS LED 20W	106,04 LUX
CORREDOR 5	100 LUX	61,71 LUX	2X2 LÂMPADA S LED 20W	2X2 LÂMPADAS LED 20W	123,43 LUX
CORREDOR 6	100 LUX	61,14 LUX	5X2 LÂMPADA S LED 20W	5X2 LÂMPADAS LED 20W	122,28 LUX

Fonte: Elaborado pelo autor do trabalho.

Com a troca de lâmpadas, calcula-se um fator chamado Economia de O&M incremental, que leva em consideração variáveis de operação e manutenção do conjunto de lâmpadas e suas luminárias, indicando o valor que será economizado anualmente com as trocas de lâmpadas. Este valor é obtido através da seguinte equação:

$$O\&M = Ni \cdot Pa \cdot \frac{Vn}{Va^2} \cdot T \cdot 365 \quad (4.1)$$

onde:

Ni : número de lâmpadas por luminária;

Pa : preço da lâmpada antiga (R\$);

Vn : vida útil da lâmpada nova (anos);

Va : vida útil da lâmpada antiga (anos);

T : tempo de utilização em horas por dia.

II. Densidade de Potência de Iluminação Limite

A Tabela 4.4 apresenta as densidades de potência de iluminação limite (DPIL) segundo os níveis de etiquetagem do RTQ-C. Os valores de DPIL estão diretamente relacionados às potências das lâmpadas e reatores e aos níveis de iluminância necessários no plano de trabalho. Por esta razão, faz-se necessário primeiro identificar a atividade a ser realizada em cada ambiente.

Tabela 4.4 – Densidades de potência limite

Ambientes/ Atividades	Limite do Ambiente		DPIL Nível A (W/m²)	DPIL Nível B (W/m²)	DPIL Nível C (W/m²)	DPIL Nível D (W/m²)
	K	RCR				
Auditório	0,80	6	8,50	10,20	11,90	13,60
Casa de Máquinas	0,80	6	6,00	7,2	8,4	9,6
Circulação	<2,4m largura		7,10	8,52	9,94	11,36
Laboratórios para Salas de Aula	0,80	6	10,20	12,24	14,28	16,32
Sala de Aula	1,20	4	10,20	12,24	14,28	16,32
Banheiros	0,60	8	5,00	6,00	7,00	8,00

Fonte: Inmetro (2013).

A Tabela 4.5 mostra a divisão das atividades do prédio e a comparação entre os índices de RCR.

Tabela 4.5 – Definição de atividades e comparação de RCR

(continua)

AMBIENTE	ATIVIDADE	RCR ambiente	RCR Tabela
SALA 10	LABORATÓRIO	2,86	6
LABQUALI		3,03	
LAB. SIST. POTÊNCIA		3,04	
LAB. COMPUTAÇÃO		3,02	
LAB. ENG. BIOMÉDICA		3,04	
LAB. DE COMUNICAÇÕES		3,02	
SALA SUPORTE COMPUTAÇÃO		3,96	
SALA 06		4,63	
LINC		4,26	
OFICINA MANUTENÇÃO		4,26	
TI COMPUTAÇÃO*		6,20	
FÁBRICA DE SOFTWARE		4,38	
PET		3,55	
SALA PROF. PETRÔNIO		4,24	
SALA PROF. TAVARES		4,26	
LSE		4,26	
LPRAD		3,24	
LEA		3,24	
LEMAG		3,24	
LAB. ELETROMAGNET.		3,24	
LAB. ELETROMAGNET. 2		3,24	

(conclusão)

LAB. CONTROLE E SISTEMAS		3,24	
LAB. CONTROLE E SISTEMAS		3,24	
LAB. EXTENSÃO	SALA DE AULA	3,32	4
LASER*		4,24	
LAB. ELET. ANALÓGICA*		4,39	
LAB. CONTROLE DE ELETRÔNICA		3,65	
CASA DE FORÇA	CASA DE MÁQUINAS	3,02	6
AUDITÓRIO	AUDITÓRIO	3,27	6

Fonte: Elaborado pelo autor do trabalho.

Ao identificar que os valores de RCR dos ambientes (exceto LASER, LABORATÓRIO DE ELETRÔNICA ANALÓGICA E TI DE COMPUTAÇÃO) estão abaixo do RCR limite Tabelado, soma-se 20% ao limite de cada potência instalada limite para o equivalente numérico de iluminação dos ambientes.

Após identificados os valores de DPIL do RTQ-C aplicáveis a cada ambiente, analisamos a DPLI alcançada através do dimensionamento proposto como melhoria, a fim de encontrar o novo equivalente numérico do sistema de iluminação.

Tabela 4.6 – Definição de equivalente numérico de cada ambiente após *Retrofit*

(continua)

AMBIENTES	ATIVIDADE	ÁREA m ²	DPIL W/m ² (Nível A)	DPIL W/m ² (Nível B)	DPIL W/m ² (Nível C)	DPIL W/m ² (Nível D)	POTÊNCIA INSTALAD A (W)	EqNum
			12,24	14,68	17,13	19,58		
SALA 10	LABORATÓRIO	56,75	7,05				400	5
LABQUALI		46,85	6,83				320	5
LAB. SIST. POTÊNCIA		46,56	6,87				320	5
LAB. COMPUT.		47,04	6,80				320	5
LAB. ENG. BIOMÉDICA		46,56	6,87				320	5
LAB. DE COMUNIC.		47,04	7,65				360	5

(continuação)

SALA SUPORTE COMPUT.		24,55	9,78				240	5
SALA 06		39,69	8,06				320	5
LINC		24,25	8,25				200	5
OFICINA MANUT.		24,25	7,42				180	5
FÁBRICA DE SOFTWARE		23,04	8,68				200	5
PET		36,20	6,63				240	5
SALA PROF. PETRÔNIO		24,50	8,16				200	5
SALA PROF. TAVARES		24,25	8,25				200	5
LSE		24,25	9,90				240	5
LPRAD		47,04	10,20				480	5
LEA		47,04	10,20				480	5
LEMAG		47,04	10,20				480	5
LAB. ELETROMAG NET.		47,04	10,20				480	5
LAB. ELETROMAG NET. 2		47,04	10,20				480	5
LAB. CONTROLE E SISTEMAS		47,04	7,65				360	5
LAB. CONTROLE E SISTEMAS 2		47,04	7,65				360	5
LAB. EXTENSÃO	SALA DE AULA	47,62	10,08				480	5
LAB. ELETRÔN.		36,60	9,84				360	5
TOTAL		949,28					8.020 W	

AMBIENTES	ATIVIDADE (com RCR adequado)	ÁREA m²	DPIL W/m² (Nível A)	DPIL W/m² (Nível B)	DPIL W/m² (Nível C)	DPIL W/m² (Nível D)	POTÊNCIA INSTALADA (W)	EqNum
			10,20	12,24	14,28	16,32		
TI COMPUTAÇÃO*	LABORATÓRIO	12,80	9,38				120	5
LASER*	SALA DE AULA	24, 50		11,43			280	4

(conclusão)

LAB. ELET. ANALÓGICA*		24,40		11,48			280	4
TOTAL		61,7					680 W	

AMBIENTES	ATIVIDADE	ÁREA m ²	DPIL W/m ² (Nível A)	DPIL W/m ² (Nível B)	DPIL W/m ² (Nível C)	DPIL W/m ² (Nível D)	POTÊNCIA INSTALADA (W)	EqNum
			7,20	8,64	10,08	11,52	320	5
CASA DE FORÇA	CASA DE MÁQUINAS	47,04	6,80					

AMBIENTES	ATIVIDADE	ÁREA m ²	DPIL W/m ² (Nível A)	DPIL W/m ² (Nível B)	DPIL W/m ² (Nível C)	DPIL W/m ² (Nível D)	POTÊNCIA INSTALADA (W)	EqNum
			10,20	12,24	14,28	16,32	360	5
AUDITÓRIO	AUDITÓRIO	49,50	7,27					

TOTAL	1.083,02	EqNumDPI (8,67) = 5					9.380 W	NÍVEL A
--------------	-----------------	----------------------------	--	--	--	--	----------------	----------------

Fonte: Elaborado pelo autor do trabalho.

Observe-se que na maioria dos ambientes foi alcançado o Nível A de eficiência energética, com apenas dois ambientes – LASER e Laboratório de Eletrônica Analógica – com eficiência Nível B. A Tabela 4.7 apresenta o comparativo de potência instalada existente e a potência alcançada com a implantação das propostas de *Retrofit*. Identifica-se diminuição de 3.903 W da potência instalada, como redução do consumo de energia elétrica.

Tabela 4.7 – Análise de potência instalada

(continua)

Ambiente	Existente (W)	Retrofit (W)
LABQUALI	960	320
LAB. SIST. POTÊNCIA	960	320
LAB. COMPUTAÇÃO	960	320
LAB. ENG. BIOMÉDICA	960	320
LAB. DE COMUNICAÇÕES	400	360
SALA SUPORTE COMPUTAÇÃO	80	240
SALA 01	400	400
SALA 02	400	400
SALA 03	240	240

Ambiente	Existente (W)	(continuação)
		Retrofit (W)
SALA 06	800	320
SALA 10	400	400
SALA 35	112	200
SALA 38	112	200
LINC	640	200
OFICINA MANUTENÇÃO	160	180
TI COMPUTAÇÃO*	160	120
FÁBRICA DE SOFTWARE	36	200
PET	45	240
SALA PROF. PETRÔNIO	512	200
SALA PROF. TAVARES	112	200
SALA PROF. TUMA	112	200
SALA PROF. PACHECO	112	200
SALA PROF. RONALDO	112	200
SALA PROF. SALIMOS	112	200
LSE	240	240
LPRAD	960	480
LEA	960	480
LEMAG	54	480
LAB. ELETROMAGNET.	54	480
LAB. ELETROMAGNET. 2	400	480
LAB. CONTROLE E SISTEMAS	960	360
LAB. CONTROLE E SISTEMAS 2	84	360
LAB. EXTENSÃO	240	480
LASER*	960	280
LAB. ELET. ANALÓGICA*	320	280

(conclusão)

Ambiente	Existente (W)	Retrofit (W)
LAB. CONTROLE DE ELETRÔNICA	240	360
LAB. MÁQUINAS ELÉTRICAS	240	360
LAB. ANTENAS E PROPAGAÇÃO	54	480
CASA DE FORÇA	960	320
AUDITÓRIO	360	360
DEPÓSITO	80	60
BANHEIROS	640	320
SECRETARIA	160	120
CORREDORES	2.886	3.580
TOTAL (W)	16.863	12.960

Fonte: Elaborado pelo autor do trabalho.

III. Verificação dos Pré-Requisitos

a) Divisão dos circuitos

Cada ambiente fechado por paredes ou divisórias até o teto deve possuir pelo menos um dispositivo de controle manual, de fácil acesso, para o acionamento independente da iluminação interna. Ambientes com área inferior a 250 m² podem ter apenas um controle, caso do LEEC.

b) Contribuição da luz natural

O projeto deve ter um sistema que considere a contribuição de luz natural para iluminação dos ambientes. As luminárias próximas as janelas devem ter um desligamento independente.

c) Desligamento automático do sistema

Além dos dispositivos de controle manual e que levem em conta a iluminação natural, a edificação deve ainda possuir um sistema capaz de evitar iluminação artificial em ambientes desocupados. Sensores de presença e aparelhos de desligamento automático são assim, considerados pré-requisitos, entretanto, apenas para ambientes com mais de 250 m².

Levando em consideração as informações acima retiradas do RTQ-C, na Tabela 4.8 analisam-se os pré-requisitos a serem implantados em cada ambiente, como medida complementar de melhoria.

Tabela 4.8 – Pré-requisitos RTQ-C para o Sistema de Iluminação

AMBIENTE	ÁREA	POTÊNCIA INSTALADA A (W)	PRÉ-REQUISITOS			EqNum
			DIV. CIRCUITO	LUZ NATURAL	DESLIG. AUTOM.	
SALA 10	56,75	400	X	X	NÃO SE APLICA	A
LABQUALI	46,85	320	X	X	NÃO SE APLICA	A
LAB. SIST. POTÊNCIA	46,56	320	X	X	NÃO SE APLICA	A
LAB. COMPUTAÇÃO	47,04	320	X	X	NÃO SE APLICA	A
LAB. ENG. BIOMÉDICA	46,56	320	X	X	NÃO SE APLICA	A
LAB. DE COMUNICAÇÕ ES	47,04	360	X	X	NÃO SE APLICA	A
LAB. ELET. ANALÓGICA	24,04	280	X	X	NÃO SE APLICA	A
SALA SUPORTE COMPUTAÇÃO	24,55	240	X	X	NÃO SE APLICA	A
SALA 06	39,69	320	X	X	NÃO SE APLICA	A
LINC	24,25	200	X	X	NÃO SE APLICA	A
OFICINA MANUTENÇÃO	24,25	180	X	X	NÃO SE APLICA	A
TI COMPUTAÇÃO	12,80	120	X	X	NÃO SE APLICA	A
LAB. EXTENSÃO	47,62	480	X	X	NÃO SE APLICA	A
LASER	24, 50	300	X	X	NÃO SE APLICA	A
CASA DE FORÇA	47,04	320	X	X	NÃO SE APLICA	A
AUDITÓRIO	49,50	360	X	X	NÃO SE APLICA	A

Fonte: Elaborado pelo autor do trabalho.

IV. Equivalente Numérico de Classificação

Após feita a análise de todas as etapas anteriores, fez-se o cálculo de ponderação representado pela potência instalada de cada ambiente dividida pela potência instalada total do prédio e, posteriormente, o cálculo do resultado numérico da eficiência do LEEC, representado pela ponderação multiplicada pelo equivalente numérico de cada ambiente. Diante do exposto, chega-se a um nível A para o Sistema de Iluminação, conforme detalhamento na Tabela 4.9.

Tabela 4.9 – Cálculo de ponderação e equivalente numérico do Sistema de Iluminação após *Retrofit*

AMBIENTE	POT. INSTALADA	Pond.	Pré-requisitos	EqNum	PondxEqNum
SALA 10	400	0,04	A	5	0,21
LABQUALI	320	0,03			0,17
LAB. SIST. POTÊNCIA	320	0,03			0,17
LAB. COMPUTAÇÃO	320	0,03			0,17
LAB. ENG. BIOMÉDICA	320	0,03			0,17
SALA 06	320	0,03			0,17
CASA DE FORÇA	320	0,03			0,17
LAB. COMUNICAÇÕES	360	0,04			0,19
LAB. CONTROLE E SISTEMAS	360	0,04			0,19
LAB. CONTROLE E SISTEMAS 2	360	0,04			0,19
LAB. ELETRÔNICA	360	0,04			0,19
AUDITÓRIO	360	0,04			0,19
SALA SUP. COMPUTAÇÃO	240	0,03			0,13
PET	240	0,03			0,13
LSE	240	0,03			0,13
LINC	200	0,02			0,11
FAB. SOFTWARE	200	0,02			0,11
SALA PROF. PETRÔNIO	200	0,02			0,11
SALA PROF. TAVARES	200	0,02			0,11
OFICINA MANUTENÇÃO	180	0,02			0,10
LPRAD	480	0,05			0,26
LEA	480	0,05			0,26
LEMAG	480	0,05			0,26
ELETROMAGNETISMO 1	480	0,05			0,26
ELETROMAGNETISMO 2	480	0,05			0,26
LAB. EXTENSÃO	480	0,05			0,26
TI COMPUTAÇÃO	120	0,01	B	4	0,06
LASER	280	0,03			0,12
LAB. ELETRÔNICA ANALÓGICA	280	0,03			0,12
TOTAL	9380	1,00		NÍVEL A	4,94

Fonte: Elaborado pelo autor do trabalho.

4.3 Análise e Proposta de Eficiência Energética para o Sistema de Condicionamento de Ar

Aplicação da primeira etapa da metodologia ao sistema de condicionamento de ar.

4.3.1 Análise do Sistema de Condicionamento de Ar

O sistema de Condicionamento de Ar do LEEC é composto em sua totalidade por aparelhos individuais de janela (em desativação) e *air split* (evaporador e condensador). A classificação para o sistema de condicionamento de ar visa avaliar o desempenho energético destes equipamentos através do coeficiente de desempenho global para sistemas independentes (janela e *split*).

Realizada visita técnica *in loco* no dia 13 de maio de 2019 para verificação dos dados fornecidos no Anexo II, diagnóstico e levantamento de informações necessárias à elaboração de uma proposta de *Retrofit*, assim como verificação das condições dos aparelhos existentes em relação à carga térmica exigida para os ambientes em BTU/h, apresenta-se a seguir, na Tabela 4.10, planilha comparativa de dados sobre os atuais equipamentos e potência existente em cada ambiente e a análise de adequação, a partir da metodologia apresentada em 2.5.

Tabela 4.10 - Sistema de Condicionamento de Ar existente corrigida e análise de carga (continua)

SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR EXISTENTE				ANÁLISE DE CARGA TÉRMICA	
Ambiente	Tipo	Potência (Btu/h)	Potência (W)	DIMENSIONAMENTO (BTU/h)	ADEQUADO? (S - SIM/N - NÃO)
Secretaria	Janela	12000	1090	3845	N (Sobredimensionado)
Auditório	Split e Janela	78000	8890	40388	N (Sobredimensionado)
Sala ECOMP (EngComp TI)	Split	18000	1750	7649	N (Sobredimensionado)
Sala de Professor (Tavares)	Janela	18000	2183	15918	S
Sala de Professor (Ronaldo)	Janela	12000	1090	15598	N (Subdimensionado)
Sala de Professor (Salimos)	Janela	18000	1830	15598	S
Sala de Professor (Pacheco)	Janela	12000	1090	21308	N (Subdimensionado)
Sala de Professor (Petrônio)	Janela	18000	2183	19453	N (Subdimensionado)
Sala de Professor (Tuma)	Janela	18000	2183	15702	S
Sala de Professor (Bouth) - Fábrica de Software	Janela	12000	1090	21775	N (Subdimensionado)
Sala de Professor	Janela	12000	1090	19502	N (Subdimensionado)

Ambiente	Tipo	Potência (Btu/h)	Potência (W)	DIMENSIONAMENTO (BTU/h)	(continuação)
					ADEQUADO? (S - SIM/N - NÃO)
Sala de Pesquisa - Lab. Intel. Computacional	Split	30000	3032	17013	N (Sobredimensionado)
LPRAD	Split	60000	7000	55897	S
LEA	Split	91000	10839	98536	N (Subdimensionado)
Laboratório de Eletrônica Analógica (e Circuitos Elétricos)	Split	24000	2190	24753	S
Laboratório de (Controle e) Eletrônica Digital	Split	30000	3032	30403	S
Oficina	Janela	18000	1919	7113	N (Sobredimensionado)
Laboratório de Informática 1	Split	30000	3050	-	-
Laboratório de Eletrônica de Potência	Split	48000	5008	22950	N (Sobredimensionado)
Laboratório de Comunicação	Split	30000	3050	38329	N (Subdimensionado)
Sala de aula 1	Split	34000	3550	18261	N (Sobredimensionado)
Sala de aula 2 - IEEE	Split	34000	3550	26163	N (Sobredimensionado)
Lab. Máquinas Elétricas	Janela	36000	3919	22747	N (Sobredimensionado)
Laboratório de Antenas (e Propagação)	Split	44000	4860	42029	S
PET	Split	24000	2504	38803	N (Subdimensionado)
Lab. Sistemas Eletrônicos	Split	24000	2190	41320	N (Subdimensionado)
Secretaria do laboratório 1 de Computação	Split	9000	805	7524	S
Laboratório 1 de Computação	Split	42000	5100	16279	N (Sobredimensionado)
Laboratório 2 de Computação	Split	42000	5100	11976	N (Sobredimensionado)
Laboratório 3 de Computação	Split	22000	1983	15510	N (Sobredimensionado)
Lab. Pós-Graduação	Split	22000	2430	41875	N (Subdimensionado)
Sala de Aula - Pós	Janela	21000	2180	23918	N (Subdimensionado)
Sala de Aula - Pós	Janela	21000	2180	24475	N (Subdimensionado)

Ambiente	Tipo	Potência (Btu/h)	Potência (W)	DIMENSIONAMENTO (BTU/h)	(conclusão) ADEQUADO? (S - SIM/N - NÃO)
Biblioteca - Laboratório de Biomédica	Split e Janela	30000	3268	70673	N (Subdimensionado)
TOTAL		994000	107208	893283	N (Sobredimensionado)

Fonte: Elaborado pelo autor do trabalho.

Os condicionadores de ar tipo *air split* analisados *in loco*, que possuem classificação A pelo INMETRO possuem o isolamento térmico em suas tubulações, verificando-se assim o pré-requisito necessário para que sua classificação continue A.

A partir dos procedimentos apresentados em 2.5.1 determinou-se o nível de Eficiência Energética atual do sistema de ar condicionado do LEEC, com os cálculos e resultados apresentados na Tabela 4.11.

Tabela 4.11 - Equivalente numérico do sistema existente de Ar Condicionado – Classificação

(continua)

SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR EXISTENTE								
Ambiente	Tipo	Potência (Btu/h)	Ponderação: potência / potência total	Potência (W)	Ponderação: potência / potência total	Eficiência do Sistema	Eq. Num	Ponderação x Eq. Num
Secretaria	Janela	12000	0,012	1090	0,010	E	1	0,012
Auditório	Split e Janela	78000	0,078	8890	0,083	E	1	0,078
Sala ECOMP (EngComp TI)	Split	18000	0,018	1750	0,016	C	3	0,054
Sala de Professor (Tavares)	Janela	18000	0,018	2183	0,020	E	1	0,018
Sala de Professor (Ronaldo)	Janela	12000	0,012	1090	0,010	E	1	0,012
Sala de Professor (Salimos)	Janela	18000	0,018	1830	0,017	A	5	0,091
Sala de Professor (Pacheco)	Janela	12000	0,012	1090	0,010	E	1	0,012
Sala de Professor (Petrônio)	Janela	18000	0,018	2183	0,020	E	1	0,018
Sala de Professor (Tuma)	Janela	18000	0,018	2183	0,020	E	1	0,018
Sala de Professor (Bouth) - Fábrica de Software	Janela	12000	0,012	1090	0,010	E	1	0,012
Sala de Professor	Janela	12000	0,012	1090	0,010	E	1	0,012

(conclusão)

Sala de Pesquisa - Lab. Intel. Computacional	Split	30000	0,030	3032	0,028	B	4	0,121
LPRAD	Split	60000	0,060	7000	0,065	B	3	0,181
LEA	Split	91000	0,092	10839	0,101	C	3	0,275
Laboratório de Eletrônica Análogica (e Circuitos Elétricos)	Split	24000	0,024	2190	0,020	A	5	0,121
Laboratório de (Controle e) Eletrônica Digital	Split	30000	0,030	3032	0,028	C	3	0,091
Oficina	Janela	18000	0,018	1919	0,018	E	1	0,018
Laboratório de Informática 1	Split	30000	0,030	3050	0,028	C	3	0,091
Laboratório de Eletrônica de Potência	Split	48000	0,048	5008	0,047	D	2	0,097
Laboratório de Comunicação	Split	30000	0,030	3050	0,028	C	3	0,091
Sala de aula 1	Split	34000	0,034	3550	0,033	A	5	0,171
Sala de aula 2 - IEEE	Split	34000	0,034	3550	0,033	A	5	0,171
Lab. Máquinas Elétricas	Janela	36000	0,036	3919	0,037	E	1	0,036
Laboratório de Antenas (e Propagação)	Split	44000	0,044	4860	0,045	D	2	0,089
PET	Split	24000	0,024	2504	0,023	E	1	0,024
Lab. Sistemas Eletrônicos	Split	24000	0,024	2190	0,020	A	5	0,121
Secretaria do laboratório 1 de Computação	Split	9000	0,009	805	0,008	E	1	0,009
Laboratório 1 de Computação	Split	42000	0,042	5100	0,048	E	1	0,042
Laboratório 2 de Computação	Split	42000	0,042	5100	0,048	E	1	0,042
Laboratório 3 de Computação	Split	22000	0,022	1983	0,018	B	4	0,089
Lab. Pós- Graduação	Split	22000	0,022	2430	0,023	C	3	0,066
Sala de Aula - Pós	Janela	21000	0,021	2180	0,020	E	1	0,021
Sala de Aula - Pós	Janela	21000	0,021	2180	0,020	E	1	0,021
Biblioteca - Laboratório de Biomédica	Split e Janela	30000	0,030	3268	0,030	E	1	0,030
TOTAL		994.000 BTU/h	1,000	107.208 W	1,000	-		2,354
CLASSIFICAÇÃO								D

Fonte: Elaborado pelo autor do trabalho.

4.3.2 Proposta de melhoria do Sistema de Condicionamento de Ar

Este cálculo foi realizado conforme adaptação da Norma NB-158 da ABNT, que prevê uma forma simplificada e com constantes já definidas para os valores a serem considerados, apresentados no item 2.5, com utilização em torno de 15 horas diárias no LEEC.

A partir da metodologia apresentada em 2.5, foram inseridas as medidas de interesse e calculados os valores apresentados nas planilhas de cálculo para dimensionamento do sistema de ar condicionado para cada ambiente. As planilhas encontram-se no Anexo IV.

A carga térmica calculada foi o somatório de todas as formas de calor presentes nos ambientes. Fatores que interferiram na memória de cálculo:

- Janelas com insolação;
- Paredes externas e voltadas para ambientes não condicionados;
- Teto entre andares e em laje;
- Piso não colocado sobre o solo;
- Pessoas em atividade normal;
- Iluminação e aparelhos elétricos;
- Portas abertas constantemente;
- Fator climático da região: 1,05.

Os resultados do *Retrofit* proposto foram analisados sob os requisitos do RTQ-C, e são apresentados na Tabela 4.12.

Tabela 4.12 - Dimensionamento e Classificação do sistema de Condicionamento de Ar após *Retrofit*

(continua)

Ambiente	Tipo	Potência (Btu/h)	Ponderação : potência / potência total	Potência (W)	Ponderação : potência / potência total	Eficiência do Sistema	Eq. Num	Ponderação x Eq. Num
LABORATÓRIO DE ENG. BIOMÉDICA	SPLIT (4)	72000	0,063	6516	0,063	A	5	0,315
LABORATÓRIO DE ELETRÔNICA DE POTÊNCIA	SPLIT (2)	24000	0,021	2170	0,021	A	5	0,105
LABORATÓRIO DE MÁQUINAS ELÉTRICAS	SPLIT	24000	0,021	2000	0,019	A	5	0,105
CASA DE FORÇA	SPLIT	30000	0,026	2712	0,026	A	5	0,131

SECRETARIA - LABORATÓRIO DE COMPUTAÇÃO								(continuação)
SPLIT	9000	0,008	815	0,008	A	5	0,039	
LABORATÓRIO 1 - COMPUTAÇÃO	SPLIT	18000	0,016	1630	0,016	A	5	0,079
LABORATÓRIO 2 - COMPUTAÇÃO	SPLIT	12000	0,010	1085	0,011	A	5	0,052
LABORATÓRIO 3 - COMPUTAÇÃO	SPLIT	18000	0,016	1630	0,016	A	5	0,079
LABORATÓRIO DE COMUNICAÇÕ S	SPLIT	18000	0,016	1630	0,016	A	5	0,079
SECRETARIA	SPLIT	7000	0,006	633	0,006	A	5	0,031
LABORATÓRIO DE ELETRÔNICA DIGITAL	SPLIT	30000	0,026	2712	0,026	A	5	0,131
LABORATÓRIO DE ELETRÔNICA ANALÓGICA	SPLIT	30000	0,026	2712	0,026	A	5	0,131
SALA DE SUPORTE À COMPUTAÇÃO	SPLIT	7000	0,006	633	0,006	A	5	0,031
ENGCOMP TI	SPLIT	9000	0,008	815	0,008	A	5	0,039
OFICINA DE MANUTENÇÃO	SPLIT	9000	0,008	815	0,008	A	5	0,039
AUDITÓRIO	SPLIT (2)	44000	0,038	3978	0,039	A	5	0,192
LABORATÓRIO DE INTELIGÊNCIA COMPUTACION AL	SPLIT	18000	0,016	1628	0,016	A	5	0,079
SALA IEEE - LASER	SPLIT (2)	27000	0,024	2442	0,024	A	5	0,118
SALA 6	SPLIT	22000	0,019	1989	0,019	A	1	0,019
LABORATÓRIO DE SISTEMAS ELÉTRICOS	SPLIT (2)	44000	0,038	3978	0,039	A	5	0,192
LEA GRADUAÇÃO	SPLIT (2)	44000	0,038	3978	0,039	A	5	0,192
LPRAD	SPLIT (2)	60000	0,052	5424	0,053	A	5	0,262
LEMAG	SPLIT	44000	0,038	3978	0,039	A	5	0,192
LEA	SPLIT (4)	99000	0,087	8951	0,087	A	5	0,433
LACOS	SPLIT (3)	69000	0,060	6245	0,061	A	5	0,302
SALA 3 - PÓS GRADUAÇÃO	SPLIT (2)	44000	0,038	3978	0,039	A	5	0,192
SALA 2 - PÓS GRADUAÇÃO	SPLIT (2)	25000	0,022	2261	0,022	A	5	0,109
SALA 1 - PÓS GRADUAÇÃO	SPLIT	24000	0,021	2170	0,021	A	5	0,105

(conclusão)								
SALA - PROF. PACHECO	SPLIT	22000	0,019	1989	0,019	A	5	0,096
SALA - PROF. PETRÔNIO	SPLIT	22000	0,019	1989	0,019	A	5	0,096
PET	SPLIT (2)	40000	0,035	3617	0,035	A	5	0,175
LABORATÓRIO DE ANTENAS E PROPAGAÇÃO	SPLIT (2)	44000	0,038	3978	0,039	A	5	0,192
SALA 38	SPLIT	22000	0,019	1989	0,019	A	5	0,096
FÁBRICA DE SOTWARE	SPLIT	22000	0,019	1989	0,019	A	5	0,096
SALA - PROF. TUMA	SPLIT	18000	0,016	1628	0,016	A	5	0,079
SALA 35	SPLIT	18000	0,016	1628	0,016	A	5	0,079
SALA - PROF. SALIMOS	SPLIT	18000	0,016	1628	0,016	A	5	0,079
SALA - PROF. RONALDO	SPLIT	18000	0,016	1628	0,016	A	5	0,079
SALA - PROF. TAVARES	SPLIT	18000	0,016	1628	0,016	A	5	0,079
TOTAL		1.143.000		103.199		-		4,923
		BTU/h		W				
CLASSIFICAÇÃO							A	
O								

Fonte: Elaborado pelo autor do trabalho.

Sob o ponto de vista da Eficiência Energética, o novo sistema de Condicionamento de Ar, além de classificação para selo A, possuirá potência total de 103.199 W, uma redução de 4.009 W em relação às instalações existentes ($P = 107.208$ W). Juntamente com a economia gerada pelo sistema de iluminação de 3.903 W, obter-se-á uma economia inicial mensal, ou seja, no mês seguinte após a instalação da proposta de *Retrofit*, de consumo de energia de aproximadamente R\$ 2.784,24, conforme cálculo de consumo nos horários de ponta, intermediário e fora de ponta, demonstrados na Tabela 4.13, utilizando os valores das tarifas em vigor, de acordo com a Resolução Homologatória ANEEL nº 2.433/2018.

Tabela 4.13 – Economia inicial de consumo de energia elétrica com o *Retrofit*

ECONOMIA INICIAL MENSAL DE CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA					
HORARIO DE UTILIZAÇÃO: 07:00h às 22:00h (15 horas diárias)					
HORÁRIO	CONSUMO (kW)	HORAS/DIA (h)	PERÍODO (dias)	TARIFA (R\$)	TOTAL (R\$)
Ponta	7,912	3	30	1,45	1.032,52
Intermediário	7,912	1,5	30	0,93	331,12
Fora de ponta	7,912	10,5	30	0,57	1.420,60
TOTAL					2.784,24

Fonte: Elaborado pelo autor do trabalho.

4.4 Análise Computacional de Viabilidade Econômica, Energética e Ambiental

Um projeto somente é considerado completo quando se insere o cálculo de custos, sejam eles operacionais e/ou de investimentos, a fim de que o cliente ou usuário final verifique a viabilidade econômica. Neste sentido, para análise do estudo de caso foi utilizado o *software* RETScreen® que é de origem canadense, do Órgão *Natural Resources Canada* e classificado como *Software* de Análise de Projetos de Energia Limpa. O RETScreen® é um sistema destinado a analisar a viabilidade de projetos de eficiência energética, energias renováveis e de cogeração, assim como analisar o desempenho energético de forma contínua. Permite aos profissionais e decisores identificar, avaliar e otimizar de forma rápida a viabilidade técnica e financeira de potenciais projetos em matéria de energia limpa. Esta plataforma de decisão inteligente permite também aos gerentes medir e verificar facilmente os desempenhos reais de suas instalações, e ainda encontrar possibilidades suplementares de economia e produção energética (RETSCREEN, 2020). Sua aplicação foi destinada à análise da viabilidade econômica, energética e ambiental do projeto proposto nesse trabalho.

Na utilização do *software* foram preenchidos os itens de identificação e localização do estudo de caso, conforme mostrado na Figura 4.5.

Figura 4.5 – Tela inicial do RETScreen® para o estudo de caso



The screenshot displays the RETScreen International software interface. At the top, there are logos for Natural Resources Canada and the word 'Canada'. The main header reads 'RETScreen® International' with the website 'www.retscreen.net' and the subtitle 'Software de Análise de Projetos de Energia Limpa'. The interface is divided into two main sections: 'Informação sobre o projeto' and 'Condições de Referência do site'. The 'Informação sobre o projeto' section contains several input fields with the following data: Nome do Projeto: RETROFIT PREDIAL; Localização do Projeto: BORATÓRIO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E COMP; Preparado para: MESTRADO PPGE; Preparado por: HOSÁIAS ALVES DOS PRAZERES SILVA; Tipo de projeto: Ações de Eficiência energética; Tipo de instalação: Comercial; Tipo de análise: Método 1; Poder calorífico de referência: Poder calorífico superior (PCS); and a checkbox for 'Ver parâmetros' which is unchecked. The 'Condições de Referência do site' section includes a field for 'Localização dos dados climáticos' set to 'Belem'. There are also links for 'Ver banco de Dados do projeto' and 'Selecionar local de dados climáticos'.

Informação sobre o projeto	
Nome do Projeto	RETROFIT PREDIAL
Localização do Projeto	BORATÓRIO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E COMP
Preparado para	MESTRADO PPGE
Preparado por	HOSÁIAS ALVES DOS PRAZERES SILVA
Tipo de projeto	Ações de Eficiência energética
Tipo de instalação	Comercial
Tipo de análise	Método 1
Poder calorífico de referência	Poder calorífico superior (PCS)
Ver parâmetros	☐

Condições de Referência do site	
Localização dos dados climáticos	Belem

Fonte: RETScreen®

Em seguida definiu-se o custo médio da energia elétrica no valor de 0,671 R\$/kWh, com impostos, através de dados da concessionária de distribuição de energia elétrica local (EQUATORIAL ENERGIA, 2019) para a modalidade tarifária verde da UFPA. Em seguida, preencheram-se os campos do software com os dados técnicos das características da situação energética atual e da situação dimensionada como *Retrofit*, para os sistemas de iluminação e condicionamento de ar, a partir da análise realizada nos itens 4.2 e 4.3, com os detalhamentos e cálculos de dimensionamento apresentados nos Anexos III e IV.

Figura 4.6 – Escolha do combustível e inserção de preço

Combustíveis & horários		☒ Mostrar dado
Combustível	Tipo de Combustível 1	
Tipo de Combustível	Eletricidade	
Consumo de combustível - unitário	MWh	
Preço combustível - unidade	\$/kWh	
Preço do combustível	0,671	

Fonte: RETScreen®

Para adequar os dados calculados na interface apresentada pelo *software*, os dimensionamentos e análises energéticas dos Sistemas de Iluminação e Ar Condicionado foram agrupados em blocos energéticos: quatro blocos para a iluminação (12 horas de operação) e quatro blocos para ar condicionado (15 horas de operação). Cada bloco contém os dados de um conjunto de ambientes do LEEC até a sua totalidade. As Figuras 4.7 e 4.8 apresentam amostras da inserção dos dados coletados e dos dados dimensionados no estudo de caso. As informações de todos os blocos de dados existentes e de melhoria encontram-se no Anexo V. Os valores de custos iniciais são obtidos através de pesquisa de preço e mercado dos equipamentos recomendados após o dimensionamento da proposta de melhoria (lâmpadas, luminárias e aparelhos de ar condicionado).

Os resultados computacionais da análise de custos iniciais e economia de O&M dos sistemas de iluminação e condicionamento de ar estão dispostos na Tabela 4.14. Os custos de O&M equivalem a um período anual, por isso são superiores ao custo inicial incremental.

Figura 4.7 - Preenchimento de dados de iluminação no RETScreen® (bloco)

RETScreen

Lâmpadas 1 2 3 4 5

Descrição LABORATÓRIO ENGENHARIA ELÉTRICA - BLOCO

Método 1 2

		Caso de referência	Caso proposto
Área do piso	m ²	433,85	
Carga de Iluminação por unidade de área	W/m ²	0,33	0,15
Horas de operação	h/d	12	12
Custo inicial incremental	\$		220,66
Economia de O&M incremental	\$		535,09
Número de unidades		44	47
Demanda de eletricidade	MWh	28	13
			51,4%
Impacto climatização ambiental			
☒ Sim ☐ Não			
Impacto aquecimento ambiental			
☒ Sim ☐ Não			

Fonte: RETScreen®

Figura 4.8 - Preenchimento de dados de Condicionamento de Ar no RETScreen® (bloco)

Descrição	Caso de referência				Caso proposto				Custo inicial incremental
	Quantidade	Horas de operação h/d	Carga elétrica kW	Fator de utilização %	Quantidade	Horas de operação h/d	Carga elétrica kW	Fator de utilização %	
LAB. BIOMÉD - 24000(2)+12000(2)	1	15	7,187	100	1	12	6,516	100	8.224,68
LAB. ELET. POT. - 12000 (2)	1	15	5,008	100	1	12	2,17	100	3.398
LAB. MÁQ. ELÉT - 24000	1	15	3,919	100	1	12	2	100	3.373,9
CASA DE FORÇA - 30000	1	24	3,268	100	1	24	2,712	100	2.895
SEC. LAB. COMP - 9000	1	15	0,805	100	1	12	0,815	100	1.079
LAB. 1 COMP - 18000	1	15	5,1	100	1	12	1,63	100	2.539
LAB. 2 COMP - 12000	1	15	5,1	100	1	12	1,085	100	1.521,93
LAB. 3 COMP - 18000	1	15	1,983	100	1	12	1,63	100	2.539
LAB. COMUNIC - 22000+18000	1	15	3,05	100	1	12	3,619	100	5.448,43
SECRETARIA - 7000	1	15	1,09	100	1	10	0,633	100	998,99
Total									32.018

Fonte: RETScreen®

As colunas da Tabela 4.14 representam, em ordem: a economia em energia elétrica, o custo de instalação, a economia em termos monetários no consumo de energia elétrica, a economia nos custos de operação e manutenção dos equipamentos de iluminação e o tempo de *payback* simples (retorno financeiro) do projeto em anos.

Tabela 4.14 – Economia e custos iniciais para o *Retrofit*

	Economia de Eletricidade (GJ)	Custo inicial incremental	Economia - custo de combustível	Economia de O&M incremental	Retorno simples (anos)
Sistema de iluminação					
BLOCO 1	51	R\$ 10.371	R\$ 9.525	R\$ 25.149	0,3
BLOCO 2	62	R\$ 6.620	R\$ 11.639	R\$ 17.085	0,2
BLOCO 3	-17	R\$ 11.474	R\$ -3.227	R\$ 32.883	0,4
BLOCO 4	18	R\$ 6.339	R\$ 3.351	R\$ 12.696	0,4
Sistema de Condicionamento de Ar					
BLOCO 1	357	R\$ 32.018	R\$ 66.630,57	R\$ -	0,5
BLOCO 2	244	R\$ 28.466	R\$ 45.519,28	R\$ -	0,6
BLOCO 3	26	R\$ 67.019	R\$ 4.818,31	R\$ -	13,9
BLOCO 4	159	R\$ 37.974	R\$ 29.602,73	R\$ -	1,3
Total	901	R\$ 200.340	R\$ 167.859	R\$ 87.814	0,78

Fonte: RETScreen®

Percebe-se, a partir dos resultados, que existe uma economia significativa nos custos de consumo de energia e O&M em todos os blocos, para o sistema de Condicionamento de Ar, e em 3 blocos, para o sistema de Iluminação. Os resultados negativos de economia, isto é, que podem ser entendidos como custo adicional após a instalação do projeto, são explicados pela falta de lâmpadas nos ambientes pertencentes a este bloco. Nestes ambientes, verificou-se que os próprios utilizadores – usuários do laboratório – se responsabilizaram pela manutenção das lâmpadas, substituindo as lâmpadas que tinham seu funcionamento prejudicado por lâmpadas de baixa eficiência e em menor quantidade do que as originalmente instaladas na luminária.

Contudo, mesmo com o incremento de custo no bloco 3, a economia total da implantação do projeto de melhoria se apresenta bastante significativa, apresentando um tempo de 9 meses para a recuperação do investimento através da economia de energia e de O&M.

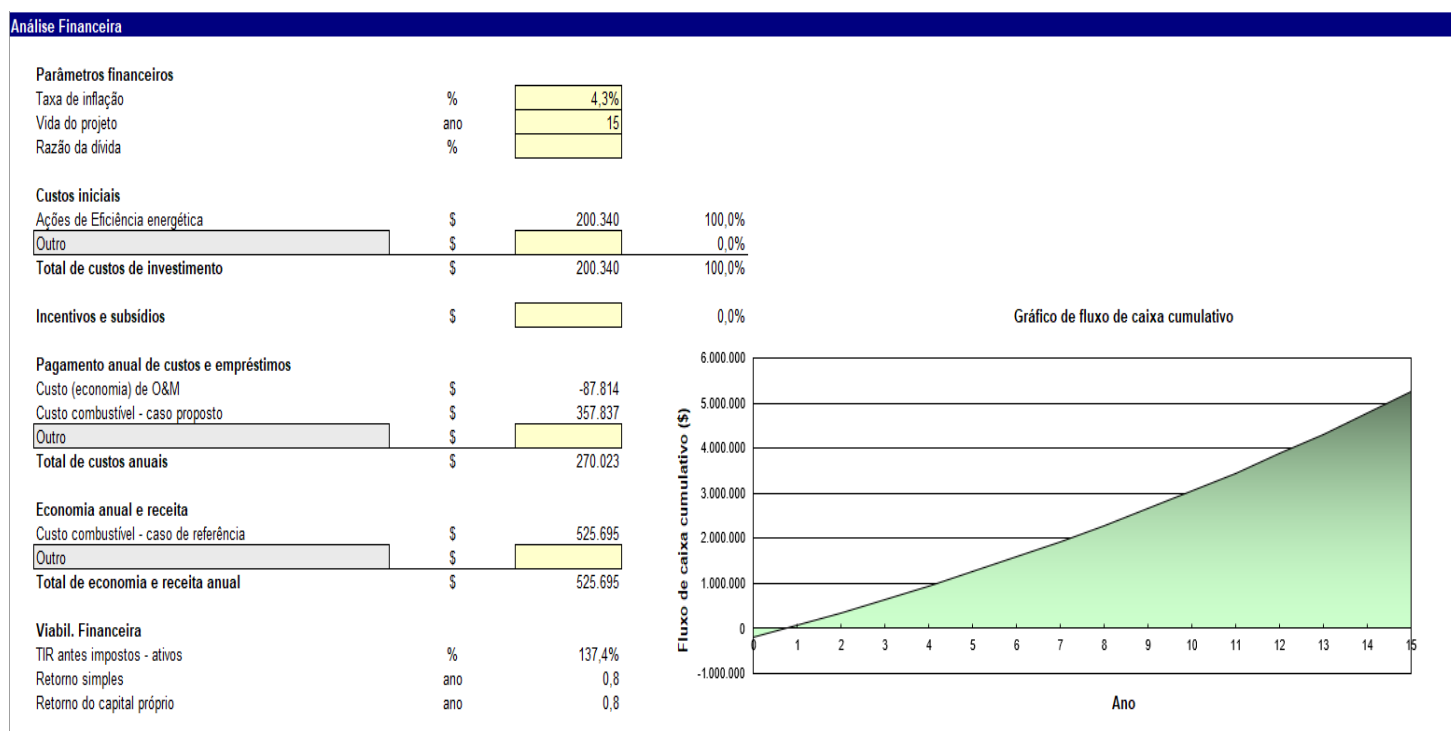
4.4.1 Taxa Interna de Retorno – TIR e Tempo de Retorno do Investimento

A TIR é a taxa necessária para igualar o valor de um investimento (valor presente) com os seus respectivos retornos futuros ou saldos de caixa gerados em cada período. Sendo usada nessa análise de investimentos, significa a taxa de retorno do projeto. Entre vários investimentos, o melhor será aquele que tiver a maior Taxa Interna de Retorno. Matematicamente, a Taxa Interna de Retorno é a taxa de juros que torna o valor presente das entradas de caixa igual ao valor presente das saídas de caixa do projeto de investimento.

Desta forma, a TIR é a taxa de desconto que faz com que o valor presente líquido (VPL) do projeto seja zero. Um projeto é atrativo quando sua TIR for maior do que o custo de capital do projeto.

Na análise financeira do projeto de *Retrofit* proposto utilizou-se a taxa de inflação prevista para o ano de 2019, de 4,3% ao ano, e o tempo de vida do projeto foi selecionado com base na vida útil dos equipamentos de condicionamento de ar escolhidos, de 15 anos (WEB ARCONDICIONADO, 2019). Os resultados da análise financeira realizada pelo *software* RETScreen® são apresentados na Figura 4.9. Obteve-se uma taxa interna de retorno (TIR) de 137,4% e um *payback* de aproximadamente 9 meses, o que mostra que o projeto não apenas é viável, como tem uma grande capacidade de retorno financeiro em curto prazo.

Figura 4.9 - Análise financeira do projeto de *Retrofit*



Fonte: RETSCREEN (2020).

4.5 Análise Ambiental

Os impactos provenientes de *Retrofit* com aproveitamento solar englobam a redução de emissão de gases de efeito estufa, a modificação das paisagens e da arquitetura da edificação, nesse caso específico, as coberturas do prédio do LEEC. Deve-se considerar também o descarte dos módulos e baterias após a vida útil.

Para análise dos impactos ambientais do *Retrofit* proposto, medido em cálculo de redução de emissões de tCO₂ (toneladas de dióxido de carbono), consideremos a Tabela 4.15 (MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES, 2019):

Tabela 4.15: Fator Médio de Emissão de CO₂ grid mês/ano

2019	Fator Médio Mensal (tCO ₂ /MWh)												Fator Médio Anual (tCO ₂ /MWh)
	MÊS												ANO - 2019
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	
	0,0355	0,0667	0,0530	0,0514	0,0482								

Fonte: MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES (2019).

Considerando um Fator Médio para o período analisado em torno de 0,0510 tCO₂/MWh, teremos uma redução total anual de emissões de 1.822,6 tCO₂, em relação às instalações existentes, que, segundo a Figura 4.10, equivale a 4.239 barris de óleo bruto não consumidos em um ano (RETSCREEN, 2020).

Figura 4.10 - Análise ambiental após *Retrofit*

Análise de Emissões				
Sistema elétrico de referência (Baseline)				
Pais - região	Tipo de	Fator de Emissão de GEE (excl. T&D) tCO ₂ /MWh	Perdas T&D %	Fator de emissão de GEE tCO ₂ /MWh
Brazil	Todos os tipos	0,051		0,051
Emissão de GEE				
Caso de referência	tCO ₂	7.304,6		
Caso proposto	tCO ₂	5.482,0		
Redução anual bruta de emissões de GEE	tCO ₂	1.822,6		
Custo de transação dos créditos de GEE	%			
Redução anual líquida de emissões de GEE	tCO ₂	1.822,6	é equivalente a	4.239
				Barris de óleo bruto não consumidos

Fonte: RETSCREEN (2020).

4.6 Proposta de Geração Solar Fotovoltaica conectada à Rede como Bonificação para o Nível de Eficiência do RTQ-C e Transformação em EEZ

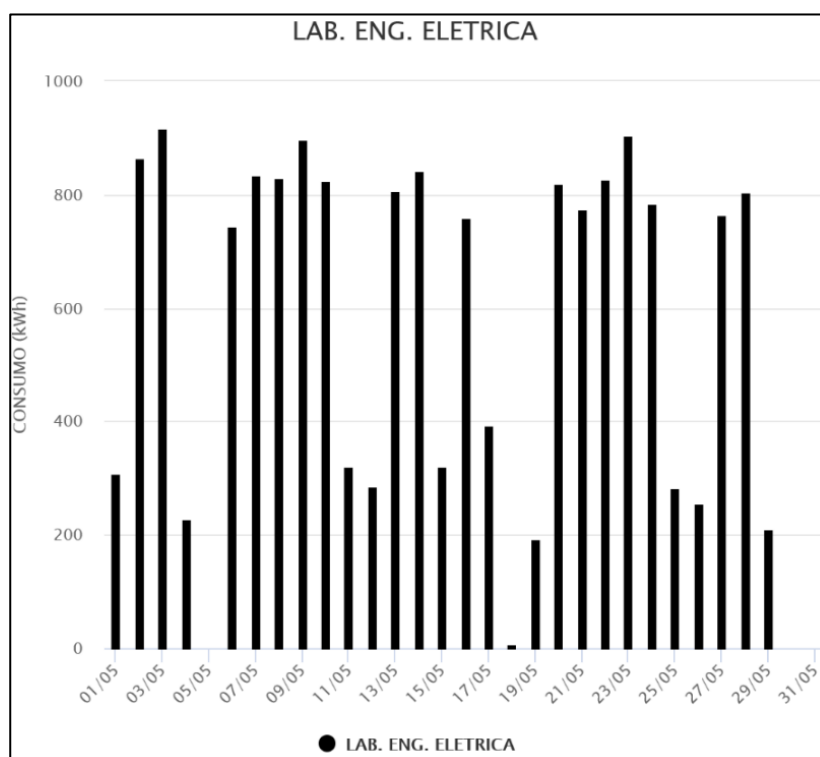
Essa subseção aplica a segunda etapa da metodologia do trabalho ao LEEC.

4.6.1 Análise de Consumo do LEEC

Para avaliar a necessidade de produção energética do local em que se deseja implantar um projeto de geração solar fotovoltaica recomenda-se um estudo e análise de consumo energético deste local ao longo de um ano (PINHO, 2014). Essa informação foi adquirida por meio do SISGEE (Sistema de Gerenciamento de Energia Elétrica), que se trata de um sistema

informatizado de medição remota de dados implantado pelo CEAMAZON em edificações da Universidade Federal do Pará, incluindo o LEEC. O SISGEE, conforme apresentado no capítulo 3, realiza medições do consumo de energia elétrica em tempo real, a partir de seus medidores remotos, sendo apresentados os dados em interface de fácil leitura e compreensão, conforme ilustrado na Figura 4.11.

Figura 4.11 – SISGEE: Perfil de consumo em maio de 2019



Fonte: SISGEE (2019).

Após a coleta e análise dos dados de consumo do período de um ano (de maio de 2018 a maio de 2019) verificaram-se inconsistências nas medições dos seis primeiros meses. Por esse motivo foi considerado somente o consumo dos últimos seis meses anteriores ao projeto do estudo de caso deste trabalho (dezembro/2018-janeiro, fevereiro, março, abril, maio/2019), resultando na Tabela 4.16.

Tabela 4.16 – Consumo geral de energia elétrica do LEEC (**Mínimo** / **Máximo**)

(continua)

DIA	2019					2018
	MAIO	ABRIL	MARÇO	FEV	JAN	DEZ
1	309,05	721,55	469,57	589,8	14,85	317,54

(conclusão)

2	864,72	811,1	279,15	249,92	0	249,62	
3	918,22	825,13	235,66	255,98	0	759,73	
4	227,67	706,95	99,89	500,31	152,34	716,91	
5	0,00	730,03	127,29	539,4	235,62	736,09	
6	744,01	317,07	301,8	557,96	232,61	737,75	
7	834,77	292,22	585,26	614,91	523,11	628,59	
8	828,53	785,67	580,9	426,14	472,41	136,32	
9	896,43	767,82	312,42	351,84	524,68	19,61	
10	824,11	705,89	307,04	284,02	508,18	26,8	
11	321,67	685,49	637,59	626,98	440,54	503,03	
12	285,39	825,48	743,5	637,02	240,86	818,6	
13	807,59	282,33	698,51	678,09	244,31	681,47	
14	841,10	284,33	665,47	571,07	536,36	641,8	
15	319,57	779,9	667,14	541,52	532,86	297,58	
16	760,16	602,36	284,75	288,18	590,44	248,56	
17	393,07	523,46	262,6	301,59	705,41	734,82	
18	6,76	636,54	731,7	501,22	487,98	774,8	
19	192,44	305,16	837,44	619,76	202,81	710,16	
20	820,57	307,16	807,25	664,99	277,69	751,67	
21	773,45	341,13	627,18	686,25	606,08	642,84	
22	826,79	880,67	319,79	591,29	620,6	256,46	
23	905,45	846,68	265,88	324,26	601,64	238,18	
24	784,52	877,3	254,73	261,71	585,32	243,64	
25	283,36	745,13	701,03	573,5	479,28	222,72	
26	255,90	730,54	781,38	517,89	129,61	396,29	
27	765,30	149,66	750,71	616,12	21,59	361,54	
28	318,55	4,61	854,25	560,78	49,29	361,37	
29	-	613,75	757,99	-	224,55	212	
30	-	848,95	357,08	-	685,34	200,3	
31	-	-	276,64	-	637,51	236,1	
TOTAL	13.789,49	7.934,06	15.581,59	3.932,50	1.563,87	3.862,89	86.664,40
MÉDIA	492,48	597,80	502,63	497,59	373,03	447,19	14.444,07
MÁX	918,22	880,67	854,25	686,25	705,41	774,8	
MÍN	0,00	4,61	127,29	249,92	0,00	26,8	

Fonte: SISGEE (2019).

A partir da análise dos dados do SISGEE foi constatado um consumo total nos seis meses de 86.664,40 kWh. Com essas informações pode-se calcular a energia média a ser suprida pelo Sistema Fotovoltaico através da Equação (3.8). Sabendo que a taxa de disponibilidade é a demanda contratada e que, para o LEEC não se tem essa informação, ou seja, não se sabe o quanto o laboratório contribui para a demanda contratada total da UFPA, desconsiderou-se essa taxa e foi considerado o período de seis meses conforme justificado anteriormente para se obter o consumo médio de energia elétrica. Assim, inserindo na Equação (3.8) os dados do SISGEE, obtém-se a quantidade de energia que o sistema deve gerar para suprir a necessidade energética mensal do local.

$$E_{FV} = \frac{86.664,40}{6} \rightarrow E_{FV} = 14.444,07 \text{ kWh}$$

4.6.2 Dimensionamento do Gerador Solar Fotovoltaico

A potência do sistema de geração fotovoltaica deve ser suficiente para atender a demanda energética do LEEC. O cálculo é efetuado através da Equação (3.9). O valor de PR (rendimento) adotado para o sistema foi de 80% (PINHO; GALDINO, 2014).

Para estimar a capacidade de geração do sistema e dimensioná-lo corretamente é necessário saber a disponibilidade do recurso solar no plano de captação do local. A forma mais precisa de se obter esses dados é fazendo uso de instrumentos solarimétricos, como o piranômetro ou até uma célula adaptada para realizar medições, de acordo com o conteúdo apresentado no capítulo 3. Porém, na ausência desses instrumentos, pode ser utilizada uma base de dados meteorológicos para extrair as informações da região em que se deseja fazer a instalação do sistema.

Por meio do *software* Meteonorm®, que utiliza o método de Perez et al. (2002), recomendado para superfícies orientadas para o norte, foi possível identificar uma irradiação incidente no plano inclinado de 1.851 kWh/m² ao longo de um ano, a partir dos históricos apresentados na Figura 3.11. Como 1 kWh/m² de irradiação é igual à 1 hora de sol pleno (HSP), pode-se concluir que a cidade de Belém possui, das 8.640 horas de um ano, 1.851 horas de sol pleno (HSP_A), ou uma média de 154,25 horas de sol pleno ao longo de um mês (HSP_M).

$$P_{PROJ} = \frac{14.444,07}{154,25 \times 0,80} \rightarrow P_{PROJ} = 117,05 \text{ kWp}$$

De posse desse valor, basta escolher a potência do módulo do sistema (equipamentos disponíveis por fabricantes) para determinar o número de módulos necessários para atender a demanda energética do LEEC, através da Equação (3.10). O módulo fotovoltaico escolhido foi o “MAXPOWER CS6X-310” da Canadian Solar com potência de 350 Wp.

$$N_m = \frac{117050}{350} \rightarrow N_m \cong 334 \text{ módulos}$$

Para as duas coberturas do LEEC, ajustando a área do número de módulos às dimensões do espaço de telhado disponível, teremos 192 placas para a cobertura 1 e 142 placas para a cobertura 2, projetados de acordo com as Figuras 4.12 e 4.13.

4.6.3 Dimensionamento do Sistema de Condicionamento de Potência

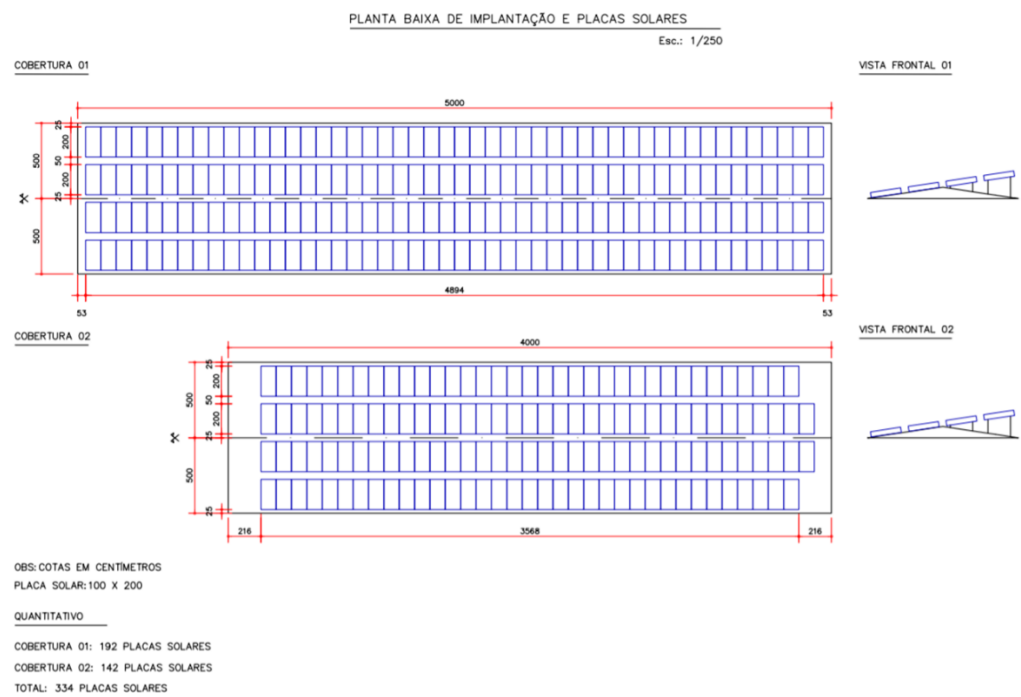
O dimensionamento do sistema de condicionamento de potência deve ser cuidadosamente avaliado, de modo a se evitar um sistema com baixo rendimento e até mesmo operando inadequadamente, caso o sistema esteja dimensionado fora das condições climáticas reais.

A escolha do número de módulos e a verificação da escolha do inversor foram feitas com o auxílio do cálculo do fator de dimensionamento do inversor (FDI), da Equação 3.11, e a partir da análise dos valores de placa dos modelos escolhidos comercialmente para determinar se os valores de tensão e corrente do gerador são compatíveis com os do inversor.

$$FDI = \frac{100}{117,05} \rightarrow FDI = 0,85$$

Para o projeto com 334 módulos de 350 Wp, obtém-se potência aproximada instalada à necessidade de 117,05 kWp. Logo, o inversor a ser utilizado nesse sistema deve ter uma potência menor que este valor, proporcional ao FDI, de acordo com a disponibilidade comercial. Foi escolhido o inversor Fronius Symo 20.0-3-M (20.000W), sendo necessárias 5 (cinco) unidades para satisfazer o requisito de FDI e da potência instalada do gerador solar.

Figura 4.12 – Planta baixa de implantação do arranjo fotovoltaico



Fonte: Elaborado pelo autor do trabalho.

Figura 4.13 – Disposição dos arranjos nas coberturas do LEEC



Fonte: Elaborado pelo autor do trabalho.

De acordo com os intervalos de dados das Tabelas 4.17 e 4.18, podemos concluir que o inversor pode ser utilizado no projeto, já que todos os parâmetros do arranjo fotovoltaico estão dentro dos limites de tolerância alcançados com os valores nominais do inversor.

Tabela 4.17 - Comparação dos limites nominais do inversor com o arranjo fotovoltaico

Inversor	Arranjo FV
$I_{CCmax} \leq 51A$	$I_{SC} \leq 3 \times 9,08 = 27,24A$
$V_{CCmax} \leq 1.000V$	$V_{OC} = 44,9 \times 14 = 628,6V$
$420V \leq V_{MPPT} \leq 800V$	$V_{OC} = 628,6V$

Fonte: Elaborado pelo autor do trabalho.

Tabela 4.18 – Dados do inversor Fronius Symo 20.0-3-M

Número de MPPT	5,0
Potência fotovoltaica recomendada (kWp)	8,0 - 13,0 kWp
Corrente máx. de entrada	33,0 / 27 A
Corrente total máx. de entrada (x5)	135 A
Tensão nominal de entrada	500,0 V
Faixa operacional de tensão	(420Vcc a 800Vcc)
Tensão máx. de entrada	1.000,0 V
Suportes para fusíveis integrados CC	NA

Fonte: Elaborado pelo autor do trabalho.

4.6.4 Resultados da Geração Solar Fotovoltaica

Como resultado imediato da proposta desse trabalho, a inserção de geração fotovoltaica elevaria em 1 ponto o Nível de Classificação de Eficiência Energética e Ambiental para a Etiquetagem segundo o RTQ-C do LEEC no PROCEL Edifica (1 – 5), por utilização de fonte renovável e coletores solares, sendo obtidos os seguintes resultados para o sistema fotovoltaico dimensionado:

Tabela 4.19 - Resultados obtidos do Sistema de Geração Fotovoltaica

Projeto - LEEC	
Consumo médio de energia mensal	14.444,07 kWh
Potência do gerador fotovoltaico	117,05 kWp
Número de módulos	334 unidades
Potência do Inversor	5x20,00 kW
Geração média de energia ao mês	42.138 kWh

Fonte: Elaborado pelo autor do trabalho.

O sistema foi dimensionado conectado à rede de distribuição de energia para atender toda a carga existente do perfil de consumo do LEEC, em uma estratégia de consumo de sistema híbrido fotovoltaico-convencional baseada no recurso renovável, visando, principalmente, um atendimento contínuo e de qualidade, assim como a redução do consumo de fontes não renováveis (custos). O total de geração de energia elétrica ao mês leva em consideração as Horas de Sol Pleno (12 h) na localidade de Belém aplicada ao conjunto de 2 (dois) arranjos de módulos fotovoltaicos obtidos com o dimensionamento, para o espaço disponível nas coberturas.

Na análise de viabilidade financeira e *payback* (retorno financeiro do investimento) desse sistema, considerou-se: i) rendimento estimado de 65% após a vida útil de 20 anos; ii) utilização do sistema por até 25 anos; iii) um custo anual de energia de R\$ 81.464,55 (Tabela 4.19); e iv) taxa de reajuste anual da concessionária de 8%.

Tabela 4.20: Estimativa do custo anual de energia convencional

Consumo médio mensal (kWh)	Preço da tarifa sem impostos (R\$)	Custo mensal da energia (R\$)	Período (meses)	Total (R\$)
14.444,07	0,47	6.788,71	12	81.464,55

Fonte: Equatorial Energia (2019)

Tabela 4.21: Custo total de aquisição e instalação do sistema fotovoltaico – Investimento Inicial

CUSTOS DIRETOS E INDIRETOS					
Descrição		Vida útil (anos)	Quantidade (unidades)	Preço unitário (R\$)	Custo total (R\$)
MATERIAIS					
1	Acessórios	20	1	12.500,00	12.500,00
2	Inversor	10	10	20.500,00	205.000,00
3	Painéis solares	20	334	1.000,00	334.000,00
4	Suporte e sustentação	20	1	24.000,00	24.000,00
Subtotal – custos diretos					575.500,00
CUSTOS DIRETOS	Projeto				6.500,00
	Mão-de-obra (terceiros)				28.000,00
	BDI				40.000,00
	Subtotal mão-de-obra (terceiros)				68.000,00
	Subtotal mão-de-obra				74.500,00
	Transporte				12.400,00
	Outros custos diretos				6.000,00
	Subtotal custos diretos				235.400,00
CUSTOS INDIRETOS	Auditoria contábil financeira				4.000,00
	Descarte de materiais e equipamentos				500,00
	Medições e verificações				2.000,00
	Outros custos indiretos				3.000,00
	Subtotal custos indiretos				9.500,00
Total – Sistema Fotovoltaico					820.400,00

Fonte: Elaborado pelo autor do trabalho.

De acordo com a Tabela 4.21, o custo total inicial de investimento para implantação do sistema fotovoltaico foi estimado em R\$ 820.400,00. Avaliando-se os custos materiais de implantação do sistema, leva-se em consideração uma avaliação cautelosa para a instalação das estruturas de sustentação na cobertura da edificação, que é antiga. Os custos abordados nesse estudo de caso não incluem a avaliação de engenharia estrutural e caso seja necessária a reforma

da cobertura, esses novos custos devem ser contabilizados numa nova pesquisa de preços. Assim, para a parcela de material fotovoltaico, chega-se a um custo de aproximadamente R\$ 4,91/Wp. Para o investimento total com materiais, custos diretos e indiretos, contabiliza-se o valor de R\$ 7,00/Wp para instalação do sistema fotovoltaico proposto. A Tabela 4.22 calcula o *Payback* correspondente aos investimentos na implantação da geração fotovoltaica, levando-se em consideração o custo anual da energia convencional como amortização. O retorno do investimento é recuperado após 8 anos de sua implantação e, para a vida útil considerada de 20 anos, haverá um saldo positivo final bruto de economia de consumo de energia estimado em R\$ 2.907.577,83.

Tabela 4.22: *Payback* para vida útil estimada de 20 anos

ANO	INVESTIMENTO	RETORNO	SALDO
0	-R\$ 820.400,00	-R\$ 820.400,00	-R\$ 820.400,00
1	-R\$ 820.400,00	R\$ 81.464,55	-R\$ 738.935,45
2	-R\$ 738.935,45	R\$ 87.981,71	-R\$ 650.953,74
3	-R\$ 650.953,74	R\$ 95.020,25	-R\$ 555.933,48
4	-R\$ 555.933,48	R\$ 102.621,87	-R\$ 453.311,61
5	-R\$ 453.311,61	R\$ 110.831,62	-R\$ 342.479,99
6	-R\$ 342.479,99	R\$ 119.698,15	-R\$ 222.781,84
7	-R\$ 222.781,84	R\$ 129.274,00	-R\$ 93.507,84
8	-R\$ 93.507,84	R\$ 139.615,92	R\$ 46.108,08
9	R\$ 46.108,08	R\$ 150.785,20	R\$ 196.893,28
10	R\$ 196.893,28	R\$ 162.848,01	R\$ 359.741,29
11	R\$ 359.741,29	R\$ 175.875,85	R\$ 535.617,15
12	R\$ 535.617,15	R\$ 189.945,92	R\$ 725.563,07
13	R\$ 725.563,07	R\$ 205.141,60	R\$ 930.704,66
14	R\$ 930.704,66	R\$ 221.552,92	R\$ 1.152.257,59
15	R\$ 1.152.257,59	R\$ 239.277,16	R\$ 1.391.534,74
16	R\$ 1.391.534,74	R\$ 258.419,33	R\$ 1.649.954,07
17	R\$ 1.649.954,07	R\$ 279.092,88	R\$ 1.929.046,95
18	R\$ 1.929.046,95	R\$ 301.420,31	R\$ 2.230.467,25
19	R\$ 2.230.467,25	R\$ 325.533,93	R\$ 2.556.001,18
20	R\$ 2.556.001,18	R\$ 351.576,64	R\$ 2.907.577,83

Fonte: Elaborado pelo autor do trabalho.

4.7 Classificação Geral da Edificação – EEZ/EEQZ e RTQ-C

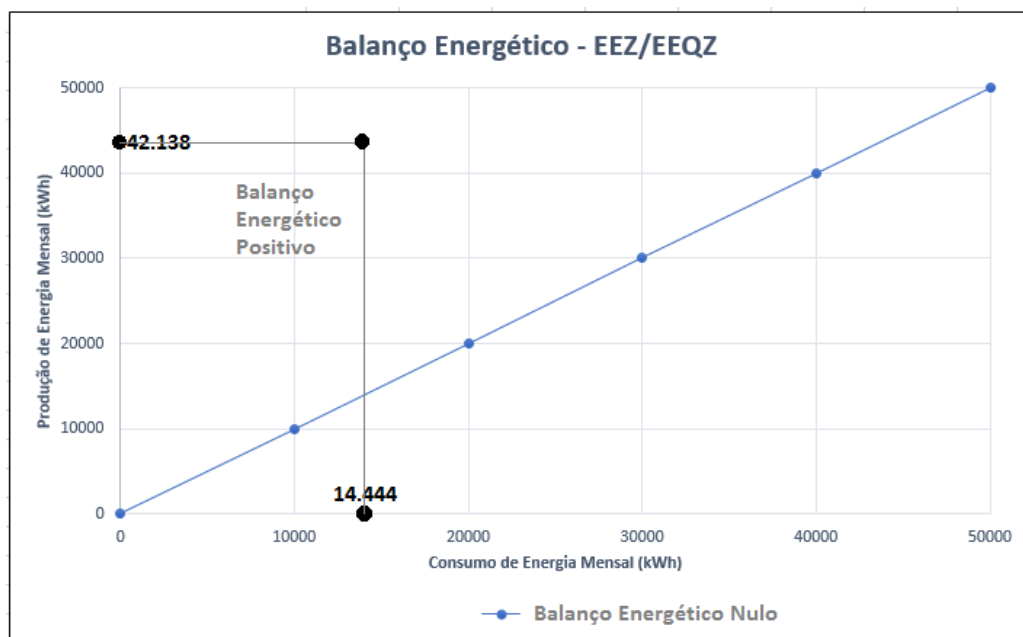
As análises abordadas até o momento nas subseções desse capítulo baseiam-se nos resultados alcançados com a proposta de melhoria sugerida, sob os aspectos de Eficiência Energética que consistem em: I – Ajustes tecnológicos de competência técnica para uso mais eficiente do combustível a fim de desempenhar a mesma tarefa; e II – Uso consciente da energia elétrica para realizar as mesmas tarefas, resultando numa mudança de estilo de vida do consumidor final, conduzindo ao Desenvolvimento Sustentável na edificação analisada, com base nos requisitos do RTQ-C.

Sob o aspecto de redução do consumo energético e geração energética local, podemos também analisar os resultados obtidos com a inserção de Geração Solar Fotovoltaica, independentemente da implantação de melhoria sugerida para recebimento de Etiqueta Nível A para Iluminação e Condicionamento de Ar, com relação aos conceitos designados para Edifícios de Energia Zero ou Edifícios de Energia Quase Zero.

Com base na definição do *Department of Energy (DOE)* dos Estados Unidos para EEZ que é: “*um edifício com eficiência de energia em que, com base na fonte de energia, a energia fornecida anualmente real é menor ou igual à energia renovável exportada no local de consumo de energia*” (ENERGY, 2015), podemos estimar o balanço líquido entre a geração de energia fotovoltaica e o consumo existente de carga da edificação como principal parâmetro.

A partir dos resultados apresentados na Tabela 4.19 e na Figura 4.14 observa-se que o LEEC se encontra na zona de balanço energético positivo, com a implantação do Sistema proposto de Geração Fotovoltaica conectado à Rede, para as instalações elétricas existentes. O consumo energético do LEEC é de 58,46 kWh/m².ano e a energia fornecida através de Energias Renováveis com o sistema proposto será de 170,55 kWh/m².ano.

Figura 4.14 – Balanço Energético do LEEC com Geração Fotovoltaica



Fonte: Elaborado pelo autor do trabalho.

Como o estudo de caso não contemplou a análise de envoltória da edificação, não é garantida a Etiqueta de classificação geral do LEEC como nível A.

Para a classificação geral do LEEC, obtida através da Equação 2.1, com a implantação da proposta de *Retrofit* e com a bonificação por instalação de Sistema Fotovoltaico, foram simulados 3 casos, em cada caso com e sem a inclusão de geração fotovoltaica: com Envoltória nível E, nível C e nível A, e em todos os casos desconsiderando o Equivalente Numérico de Ventilação, que não foi objeto de análise nesse estudo de caso e que não interfere na Classificação Geral (Inmetro, 2013). Os resultados obtidos são os seguintes:

- Com Envoltória nível E:
 - Sem geração fotovoltaica

$$PT = 0,3 * \left\{ \left(1 * \frac{2.166,04}{2.964,88} \right) \right\} + 0,3 * (5) + 0,4 * \left\{ \left(5 * \frac{2.166,04}{2.964,88} \right) \right\} + 0$$

$$PT = 3,2 \text{ (Nível C)}$$

- Com geração fotovoltaica

$$PT = 0,3 * \left\{ \left(1 * \frac{2.166,04}{2.964,88} \right) \right\} + 0,3 * (5) + 0,4 * \left\{ \left(5 * \frac{2.166,04}{2.964,88} \right) \right\} + 1$$

$$PT = 4,2 \text{ (Nível B)}$$

- Com Envoltória nível C:

- Sem geração fotovoltaica

$$PT = 0,3 * \left\{ \left(3 * \frac{2.166,04}{2.964,88} \right) \right\} + 0,3 * (5) + 0,4 * \left\{ \left(5 * \frac{2.166,04}{2.964,88} \right) \right\} + 0$$

$$PT = 3,6 \text{ (Nível B)}$$

- Com geração fotovoltaica

$$PT = 0,3 * \left\{ \left(3 * \frac{2.166,04}{2.964,88} \right) \right\} + 0,3 * (5) + 0,4 * \left\{ \left(5 * \frac{2.166,04}{2.964,88} \right) \right\} + 1$$

$$PT = 4,6 \text{ (Nível A)}$$

- Com Envoltória nível A:

- Sem geração fotovoltaica

$$PT = 0,3 * \left\{ \left(5 * \frac{2.166,04}{2.964,88} \right) \right\} + 0,3 * (5) + 0,4 * \left\{ \left(5 * \frac{2.166,04}{2.964,88} \right) \right\} + 0$$

$$PT = 3,95 \text{ (Nível B)}$$

- Com geração fotovoltaica

$$PT = 0,3 * \left\{ \left(5 * \frac{2.166,04}{2.964,88} \right) \right\} + 0,3 * (5) + 0,4 * \left\{ \left(5 * \frac{2.166,04}{2.964,88} \right) \right\} + 1$$

$$PT = 4,95 \text{ (Nível A)}$$

Sem a utilização de fontes renováveis por geração fotovoltaica, na primeira simulação, a classificação geral do LEEC seria Nível C, e nas duas últimas simulações a Etiqueta de Eficiência Energética de classificação geral do LEEC será Nível B.

Nota-se, em ambos os casos, que a inserção de Geração Solar Fotovoltaica contribui com 1 ponto, aumentando os níveis das simulações do LEEC para Etiquetas de Classificação Geral Níveis B, A e A, respectivamente, mostrando sua importância na certificação de Eficiência Energética pelo RTQ-C.

A análise desse capítulo final do trabalho nos mostra detalhadamente os resultados obtidos com a aplicação das metodologias do RTQ-C e de Dimensionamento de Sistemas Fotovoltaicos na transformação de uma edificação pública, o LEEC, em uma edificação apta a receber Etiquetas parciais nível A de Eficiência Energética nos sistemas de Iluminação e Condicionamento de Ar, e em um Edifício de Energia Zero ou Quase-Zero, através de benefícios energéticos, financeiros e ambientais que serão alcançados com a implantação das propostas apresentadas.

5 CONCLUSÃO

A inserção de um sistema de geração fotovoltaica no LEEC foi apresentada como contribuição essencial para obtenção de uma etiqueta de Eficiência Energética nível A do Programa Brasileiro de Etiquetagem das Edificações – PROCEL Edifica e para a transformação em Edifício de Energia Zero, em conjunto com uma análise pormenorizada das instalações existentes de Iluminação e Condicionamento de ar, através da metodologia do RTQ-C e com proposta de *Retrofit* predial nessas instalações.

A metodologia apresentada de análise energética pelo RTQ-C foi aplicada em conjunto com as Normas ABNT de dimensionamento de conforto luminoso e de condicionamento de ar. As referências normativas foram utilizadas também na avaliação *in loco* realizada em todos os ambientes do LEEC, com os dados disponibilizados de potência instalada de iluminação e de aparelhos de ar condicionado. Algumas dificuldades foram encontradas durante o estudo de caso na confirmação de informações em algumas salas do LEEC cujo acesso não foi possível, que foram contornadas analisando-se espaços semelhantes em área, atividade e *layout* disponível. A utilização de um luxímetro comum auxiliou na verificação dos valores de iluminância atuais para comparação com os valores de referência normatizados. Destaca-se que a meta de alcançar um sistema com menor densidade de potência de iluminação resultando em nível A foi alcançado em conjunto com a diminuição da potência elétrica consumida em 3.903 W, resultando em instalações mais eficientes energeticamente.

Também de extrema importância para a análise e elaboração de proposta de melhoria foram as informações simplificadas dos aparelhos de ar condicionado comerciais atualmente utilizados no LEEC e disponibilizadas pelo laboratório a partir dos dados do INMETRO. Pode-se afirmar que o sistema de condicionamento de ar, nos termos de níveis energéticos do RTQ-C, encontra-se em nível inferior ao de iluminação, tendo esse último passado recentemente por reformas e melhorias simples em suas lâmpadas e luminárias nos últimos anos. Por esse motivo e pelo fato de sua robustez elétrica apresentar equipamentos com custo mais elevado, o investimento para realização das melhorias propostas se deve em sua maior parcela ao sistema de condicionamento de ar. Não obstante, o dimensionamento apresentado o iguala ao sistema de iluminação em nível A e diminui a potência elétrica necessária para seu pleno funcionamento em 4.009 W.

Enfatiza-se a economia mensal de 7.912 W de potência elétrica a ser obtida com a primeira etapa da metodologia apresentada e a redução imediata no mês seguinte à implantação do *Retrofit* de cerca de R\$ 2.784,24 em custos com energia elétrica, resultando em edificações

mais eficientes; os resultados financeiros que mostram um retorno do investimento em 9 meses para a implantação do *Retrofit*; e a contribuição do projeto para o meio ambiente, através da redução de emissões de 1.822,6 tCO₂, em relação às instalações existentes, o que equivale a 4.239 barris de óleo bruto não consumidos por ano, mostrando as vantagens e a viabilidade para implantação imediata.

Em relação ao sistema de geração fotovoltaica, a abundância de recursos de irradiância e horas de sol pleno diárias associada ao espaço disponível no LEEC proporcionaram o máximo aproveitamento da cobertura do edifício no dimensionamento realizado no trabalho, sendo possível sua autossustentabilidade elétrica como Edifício de Energia Zero, na geração de 42.138 kWh mensais. O valor aplicado na aquisição e instalação do sistema terá um retorno de investimento em aproximadamente 8 anos, o que equivale a menos da metade da vida útil prevista para o conjunto de equipamentos, com expectativa, ao final da vida útil de 20 anos, de alcançar uma economia aproximada de R\$ 2.907.577,83. Observou-se ainda que o edifício tem um anexo e passa por reformas de ampliação, contando também com espaço em solo para ampliação da geração fotovoltaica, caso haja recursos financeiros e técnicos disponíveis, num contexto de maximização de fontes renováveis, de recursos de sustentabilidade e redução das emissões de tCO₂ em relação à geração convencional em uso.

Ressalte-se que as propostas apresentadas nas duas etapas de metodologia desse trabalho estendem-se com grande importância e aplicabilidade para casos de edificações de ensino públicas existentes semelhantes ao LEEC e cujas peculiaridades ou metodologia de construção obsoleta não atendem às atuais diretrizes estabelecidas para a construção de novas edificações, ou que não permitem avaliar o conjunto envoltória+iluminação+condicionamento de ar, dificultando a obtenção dos melhores níveis de eficiência do PROCEL Edifica.

As melhorias apresentadas para os sistemas de iluminação e de condicionamento de ar, e o sistema de geração fotovoltaica podem ser implementados em conjunto ou separadamente, dando ao gestor dos recursos financeiros a liberdade de decidir conforme a conveniência da Administração Pública e as necessidades dos usuários do LEEC ou de outras instituições similares nas quais a metodologia apresentada se aplique.

Além do resultado benéfico para atendimento dos requisitos formais de edificações eficientes, a implantação de um sistema de geração fotovoltaica segue as tendências globais de redução dos impactos ambientais com sistemas de energia híbridos, valoriza a produção nacional solar fotovoltaica, a utilização de energias renováveis com recursos abundantes no Brasil e a transformação de edificações em Edifícios de Energia Zero ou Quase-Zero. Por fim, ressalte-se que os resultados financeiros e de retorno de investimento obtidos com a

implantação do sistema proposto acabam por se tornar os principais atrativos diretos para os Edifícios Públicos.

Como proposta para Trabalhos Futuros, sugere-se: I – a inclusão de análise da envoltória do LEEC; e, II – a análise energética, financeira e ambiental de sistema de geração fotovoltaica a ser dimensionado após a implantação das propostas de *Retrofit* no LEEC, seja no sistema de iluminação, no sistema de condicionamento de ar ou, na melhor hipótese, em ambos.

Também se propõe a análise da estrutura da cobertura do LEEC, assim como a expansão do sistema de geração de energia fotovoltaica nos demais espaços disponíveis no laboratório, mostrando seu potencial para estudos futuros e desenvolvimento de ações com fontes renováveis, recursos sustentáveis e diminuição de impactos ambientais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. **NBR 11704:2008**. Sistemas fotovoltaicos – Classificação. São Paulo: ABNT, 2008.

ABNT. **NBR 16401-3:2008**: Instalações de ar-condicionado - Sistemas centrais e unitários. Parte 3: Qualidade do ar interior. São Paulo: ABNT, 2008.

ABNT. **NBR 16149:2013**: Sistemas fotovoltaicos (FV) – Características da interface de conexão com a rede elétrica de distribuição. São Paulo: ABNT, 2013.

ABNT. **NBR ISO/CIE 8995-1:2013**: Iluminação de ambientes de trabalho Parte 1: Interior. São Paulo: ABNT, 2013.

AKTAS, A.Z. A review and comparison of renewable energy strategies or policies of some countries. **4th International Conference on Renewable Energy Research and Applications**, Palermo, Italy, 2015.

ALBUQUERQUE, B. S de. **Utilização de métodos ativos na transformação de um prédio universitário em um edifício de energia zero: estudo de caso da biblioteca central**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica. Universidade Federal do Pará. Belém. 2020.

ALSHUWAIKHAT, H. M.; ABUBAKAR, I. An integrated approach to achieving campus sustainability: assessment of the current campus environmental management practices. **Journal of Cleaner Production**, vol. 16, pp.1777-1785. 2008.

AMORIM, C. N. D. et al. **Energy efficiency code in Brazil: experiences in the first public building labeled in Brasilia** – Fourth National Conference of IBPSA, Nova Iorque - NY, 2010.

ANEEL. **PRODIST – Módulo 3 – Acesso ao Sistema de Distribuição**. 2017. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/modulo-3>. Acesso em 09 nov. 2020.

ANGELIM, J. H. C. **Gerenciamento Ótimo De Um Sistema De Armazenamento De Energia Utilizando Recozimento Simulado**. 2018. 76 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Pará, Belém, 2018.

AYRÃO, V. **Estudos Fotovoltaicos**. ICA Procobre. 2018.

BARBOSA FILHO, W. P. et al. **Expansão da energia solar fotovoltaica no Brasil: impactos ambientais e políticas públicas**. O Setor Elétrico, 2016. Disponível em : <https://www.osetoreletrico.com.br/expansao-da-energia-solar-fotovoltaica-no-brasil-impactos-ambientais-e-politicas-publicas/>. Acesso em 06 nov. 2020.

BLASQUES, H. M. S. et al. **Manual de Elaboração de Projetos para Comunidades Isoladas da Amazônia: Sistemas Híbridos Fotovoltaico-Eólico-Diesel**. Brasília: MME, 2007.

BLOOMBERG NEW ENERGY FINANCE. **Global PV Market Outlook –Booming again**. 2017. Disponível em: <https://about.bnef.com/new-energy-outlook/>. Acesso em: 10 jul. 2020.

CANADIAN SOLAR. **MAXPOWER CS6X-310**. Disponível em: <https://www.csisolar.com/module/>. Acesso em: 01 jun. 2019.

CB3E. CENTRO BRASILEIRO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES. **Proposta de método para a avaliação da eficiência energética com base em energia primária de edificações comerciais, de serviços e públicas**. Disponível em: http://cb3e.ufsc.br/sites/default/files/Nova%20proposta%20de%20m%C3%A9todo_texto%20completo_comercial_2.pdf. Acesso em: 10 jul. 2020.

CEAMAZON. **O Ceamazon**. 2010. Disponível em: <http://ceamazon.blogspot.com/p/o-ceamazon.html>. Acesso em 10 mai. 2020.

COTRIM, A. A. M. B. **Instalações Elétricas**. 5. ed. São Paulo: Pearson Prentice

CURSINO, A. H. S. **Eficiência Energética e a Contribuição dos Gases Combustíveis: Análise de Caso das Políticas de Avaliação de Edificações**. 2011. 175 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

EARPC. **Renewable Energy 100: The course to a Carbon-Free Campus, Environment America Research and Policy Center**. 2017. Disponível em: https://environmentamerica.org/sites/environment/files/reports/AME%20Renewable100%20Rpt%20Mar16%201.2.pdf?_ga=2.37488041.864942830.1518147168-390177547.1518147168. Acesso em: 07 junho 2020.

EIA. **2012 Impact Report**. Disponível em: <https://eia-global.org/reports>. Acesso em: 10 mai. 2019.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Análise da Inserção da Geração Solar na Matriz Elétrica Brasileira 2012**. Disponível em: http://www.epe.gov.br/geracao/Documents/Estudos_23/NT_EnergiaSolar_2012.pdf. Acesso em: 04 dez. 2019.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Plano Nacional de Energia 2030: Eficiência energética**. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/web/guest/secretarias/planejamento-e-desenvolvimento-energetico/publicacoes/plano-nacional-de-energia-2030>. Acesso em: 06 maio 2020.

ENERGY. **A Common Definition for Zero Energy Buildings**. 2015. Disponível em: https://www.energy.gov/sites/prod/files/2015/09/f26/bto_common_definition_zero_energy_buildings_093015.pdf. Acesso em 06 nov. 2020.

ESTADÃO. **Governo quer ar-condicionado mais eficiente a partir de 2018**. Economia/Estadão, 2017. Disponível em: <https://economia.estadao.com.br/noticias/geral,governo-quer-ar-condicionado-mais-eficiente,70002046303>. Acesso em: 06 nov. 2020.

EQUATORIAL ENERGIA. **Valor de tarifas e serviços**. Disponível em: <https://pa.equatorialenergia.com.br/informacoes-gerais/valor-de-tarifas-e-servicos/>. Acesso em: 10 maio 2019.

EUROPEAN COMISSION. **Nearly zero-energy buildings**. Disponível em: https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/nearly-zero-energy-buildings_en. Acesso em: 01 jul. 2020.

FENG, W. A review of net zero energy buildings in hot and humid climates: Experience learned from 34 case study buildings. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. Science Direct, 2019.

FIGUEIREDO, D. F. **O novo desafio dos NZEBs (Nearly Zero Energy Buildings)**. 2018. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2018.

FOSSATI, M.; LAMBERTS, R. Eficiência energética da envoltória de edifícios de escritórios de Florianópolis: discussões sobre a aplicação do método prescritivo do RTQ-C. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 10, n. 2, p. 59-69, jun. 2010.

FRAUNHOFER INSTITUTE FOR SOLAR ENERGY SYSTEMS. **Photovoltaics Report**. 2017. Disponível em: <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/Photovoltaics-Report.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2020.

FRONIUS SYMO. **Fronius Symo 20.0-3-M**. Disponível em: <https://www.fronius.com/pt-br/brasil/energia-solar/produtos/todos-os-produtos/inversor/fronius-symo/fronius-symo-20-0-3-m>. Acesso em: 01 jun. 2019.

GALHARDO, M. **Notas de aula: Introdução às Energias Renováveis**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Pará. Belém, 2019.

GBCBRASIL. **Empreendimentos GBC Zero Energy**. Disponível em: <http://www.gbcbrasil.org.br/certificacao/zero-energy/empreendimentos/>. Acesso em: 06 nov. 2020.

GOOGLE MAPS. **Google Maps 2020**. Disponível em: <https://www.google.com.br/maps>. Acesso em: 05 mai. 2020.

HASAPIS, D. et al. Design of large-scale presuming in Universities: The solar energy vision of the TUC campus. **Energy and Buildings**, vol. 141, pp. 39-55. 2017.
IEA. **Energy Efficiency 2018**. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2018>. Acesso em: 04 maio 2020.

IEA. **Solution Sets and Net Zero Energy Buildings: A review of 30 Net ZEBs case studies Worldwide**. 2014. Disponível em: <https://www.iea-shc.org/data/sites/1/publications/T40A52-DC-TR1-30-Net-ZEBs.pdf>. Acesso em 5 ago. 2020.

IES. **The Lighting Handbook**. Illuminating Engineering Society, NC, 2011.

INMETRO. **Avaliação da Conformidade para Sistemas e Equipamentos para Energia Fotovoltaica (Módulo, Controlador de Carga, Inversor e Bateria)**. 2008. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/rtac001384.pdf>. Acesso em: 09 nov. 2020.

INMETRO. **Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C)**. Brasília: MDICE, 2013.

INMETRO. **Regulamento específico para uso da etiqueta nacional de conservação de energia (ENCE) - condicionadores de ar domésticos**. Etiquetagem RESP/003-CAD. Ed. 5, 2003.

INMETRO. **Tabelas de consumo/eficiência energética**. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/Tabelas.asp>. Acesso em: 10 maio 2020.

INMETRO. **Tabelas de consumo/eficiência energética**. 2017. Disponível em: http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/Tabela_fotovoltaiico_modulo.pdf. Acesso em: 09 nov. 2020.

IRENA. **Renwable Capacity Statistics**. 2017. Disponível em: <https://www.irena.org/publications/2017/Mar/Renewable-Capacity-Statistics-2017>. Acesso em: 10 jul. 2020.

JANSSEN, R. **Towards Energy Efficient Buildings in Europe, EuroACE**. Disponível em: <http://www.euroace.org>. Acesso em: 16 jul. 2020.

KOLOKOTSA, D. et al. Development of a web-based energy management system for University Campuses: The CAMP-IT platform. **Energy and Buildings**, vol. 123, p. 119-135. 2016.

MAMEDE FILHO, João. **Instalações Elétricas Industriais**. São Paulo: Ltc, 2010.

MDIC. **Estatísticas de Comércio Exterior**, 2015. Disponível em: <http://www.mdic.gov.br/comercio-exterior/estatisticas-de-comercio-exterior/>. Acesso em 25 jul. 2020.

METEONORM. **Method Documentation**. Disponível em: <<https://meteonorm.com/>> Acesso em: 03 mar. 2020.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES. **CLIMA: Fator Médio – Inventários corporativos**. Disponível em: https://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/textogeral/emissao_corporativos.html. Acesso em 10 mai. 2019.

MONTEIRO, S. C. de A. **Metodologia Para A Eficiência Energetica Em Edificações Fundamentada No RTQ-C: Um Algoritmo De Otimização Multiobjetivo Sobre Os Sistemas De Iluminação E De Condicionamento De Ar**. 2020. 153 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Pará, Belém, 2020.

NZEB.IN. **HVAC**. Disponível em: <http://www.nzeb.in/knowledge-centre/hvac-2/>. Acesso em: 10 ago. 2020.

NZEB.IN. **Light Emitting Diodes (LEDs)**. Disponível em: <http://www.nzeb.in/knowledge-centre/lighting-2/leds>. Acesso em: 10 ago. 2020.

OLIVEIRA, A. M. de. et al. Uma Avaliação das Projeções da ANEEL para Avanço da Energia Solar Fotovoltaica no Brasil em Área Rural. **Anais do VIII ENPG**, Santa Cecília, 2019.

OLIVEIRA, B. G. F. **Análise do Desempenho Energético de Edificações: Aplicação Analítica do RTQ-C no Edifício do CEAMAZON**. 2013. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Pará. Belém, 2013.

PARLAMENTO EUROPEU. **Desempenho energético dos edifícios**, 2010. Disponível em: https://www.apambiente.pt/_zdata/DAR/Ar%20Interior/Diretiva_2010_31_UE_DesempEnergEdifícios.pdf. Acesso em 25 jul. 2020.

PBE EDIFICA. **PBE – Programa Brasileiro de Etiquetagem**. Disponível em: <http://www.pbeedifica.com.br/sobre>. Acesso em: 04 maio 2020.

PEREZ, R. et al. A new operational model for satellite-derived irradiances: description and validation. **Solar Energy**, v. 73, p. 307-317, 2002.

PHILIPS. **Lighting Application Center**, 2008. Disponível em: <https://docplayer.com.br/15875404-Calculos-e-projetos-metodo-dos-lumens.html>. Acesso em 09 nov. 2020.

PINHO, J. T. **Sistemas Híbridos, Soluções Energéticas para a Amazônia**. Ed. 1, Brasília: MME, 2008.

PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. (org.). **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: Cepel Cresesb, 2014. 530 p.

PINTO, G. X. de A. **Impactos da geração solar fotovoltaica e da modalidade de contratação da energia elétrica sobre as despesas com energia elétrica em campus universitário**. 2018. 119 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

PLESS, S. & TORCELLINI, P. **Net Zero energy building: a classification system based on renewable energy supply options**. National Renewable Energy Laboratory, 2010.

PPGEE. **Eficiência Energética**. Notas de Aula. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Belém, PA, 2019.

PROCELINFO. **Selo Procel Edificações**. Disponível em <http://www.procelinfo.com.br/main.asp?TeamID={334C4CBF-08EC-4292-BD69-11BF09D67C57}>. Acesso em 10 mai. 2019.

RETSCREEN. **RETScreen**. Disponível em <https://www.nrcan.gc.ca/maps-tools-publications/tools/data-analysis-software-modelling/retscreen/7465>. Acesso em 28 ago. 2020.

RIBEIRO, R. B. P. **Análise De Certificação De Edificação Pública De Ensino E Pesquisa Visando Nível A Pelo RTQ-C Através De Ações De Eficiência Energética E Análise Econômica**. 2016. 83 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Pará, Belém, 2016.

RÜTHER, R.; ZILLES, R. **Making the case for grid-connected photovoltaics in Brazil**. *Energy Policy*, v. 39, p. 1027-1030, 2011.

SANTOS, P. **O novo desafio dos NZEBs (Nearly Zero Energy Buildings)**. 2015. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2015.

SEDLACEK, S. The role of universities in fostering sustainable development at the regional level. **Journal of Cleaner Production**, vol. 48, pp. 74 -84. 2013.

SHRIMALI, G. et al. Cost-effective policies for reaching India's 2022 renewable targets, **Renewable Energy**, vol. 93, p. 255-268, 2016.

SILVA, L. C. P. **Desenvolvimento de um modelo de Campus Sustentável na UNICAMP**. ANEEL Chamada 001/2016 – PEE e P&D. Universidade de Campinas, Campinas, 2017.

SISGEE. **Sistema de Gerenciamento de Energia Elétrica**. CEAMAZON – UFPA. 2019.

SOUZA, A. C. D. B. de. **Eficiência energética de edificações visando a certificação pelo RTQ-C e a análise energético-financeira e ambiental**. 2017. 179 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Pará, Belém, 2017.

TOSTES, M. E. de L. **Sistema Inteligente de Gestão Eficiente de Mobilidade Elétrica Multimodal**. ANEEL APLPED07427_PROJETOPED_0319_S01. Universidade Federal do Pará, Belém, 2019.

UNICAMP. **Campus Sustentável**. Disponível em: <http://www.campus-sustentavel.unicamp.br/2020/09/11/uma-breve-historia-do-campus-sustentavel/>. Acesso em: 25 set. 2020.

UNICAMP. Portal torna públicos dados sobre eficiência energética. **Jornal da Unicamp**. Disponível em: <https://www.unicamp.br/unicamp/ju/noticias/2018/12/04/portal-torna-publicos-dados-sobre-eficiencia-energetica>. Acesso em: 06 nov. 2020.

UNICAMP. Unicamp inaugura sua primeira usina fotovoltaica. **Jornal da Unicamp**. Disponível em: <https://www.unicamp.br/unicamp/ju/noticias/2019/04/11/unicamp-inaugura-sua-primeira-usina-fotovoltaica>. Acesso em 03 nov. 2020.

VELAZQUEZ, L. et al. Sustainable university: what can be the matter? **Journal of Cleaner Production**, vol. 14, pp. 810-819. 2006.

VILLA-ARRIETAA, M. Economic evaluation of Nearly Zero Energy Cities. *Applied Energy, ScienceDirect*, v. 237, p. 404–416. 2019.

WEB ARCONDICIONADO. **Quanto tempo dura um Ar-Condicionado?** Disponível em: <https://www.webarcondicionado.com.br/quanto-tempo-dura-um-ar-condicionado>. Acesso em: 10 mai. 2019.

WORLD ENERGY COUNCIL. **World Energy Scenarios**, 2019. Disponível em: www.worldenergy.org. Acesso em 14 jul. 2020.

WCED. **Our Common Future**. Oxford: Oxford University Press, 1987.

ZEMERO, B. **Análise da aplicabilidade da tecnologia BIM em projetos sustentáveis e etiquetagem de edificações no Brasil**. 2016. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Pará. Belém, 2016.

ANEXO I – Tabela do Sistema de Iluminação Existente – LEEC

Ambiente	Tipo de Luminária	Quantidade de Luminárias	Quantidade de Lâmpadas por Luminária	Potência da Lâmpada (W)	Potência da(s) Lâmpada(s) + Reator (W)
Secretaria	Comum	2	2	40	92
Auditório	Comum	8	2	40	92
Sala ECOMP	Comum	4	4	32	73
Laboratório de Eletrônica Analógica e Circuitos Elétricos	Comum	8	4	40	92
Laboratório de Eletrônica Digital	Comum	8	4	40	92
Oficina	Comum	4	4	40	92
Laboratório Computação	Comum	8	2	40	92
Laboratório de Eletrônica de Potência	Lâmpada Fluorescente Compacta		6	100	100
Sala Anexa	Comum	6	4	32	92
Laboratório de Comunicação	Comum	5	2	40	92
Sala de aula 1	Comum	2	4	40	92
Sala de aula 2	Comum	2	4	40	92
Lab. Máquinas Elétricas	Comum	6	4	40	92
Biblioteca*	Comum	5	2	20	55
		4	2	32	73
Depósito	Comum	1	2	32	73
Sala de Professor	Comum	4	4	40	92
Sala de Professor	Comum	4	4	40	92
Sala de Professor	Comum	4	4	40	92
Sala de Professor	Comum	4	4	40	92
Sala de Professor	Comum	4	4	40	92
Sala de Professor	Comum	4	4	40	92
Sala de Professor	Comum	4	4	40	92
Sala de Professor	Comum	4	4	40	92
Sala de Professor	Comum	4	4	40	92
Sala de Pesquisa	Comum	4	4	40	92
LPRAD	Comum	6	4	40	92
LEA	Comum	6	4	40	92
Laboratório de Antenas	Comum	8	4	40	92
PET	Comum	3	2	20	55
Lab. Sistemas Eletrônicos	Comum	2	2	40	92

Secretaria do Lab. 1 de Comp.	Comum	1	2	40	92
Lab. 1 de Computação	Comum	4	2	40	92
Lab. 2 de Computação	Comum	6	4	40	92
Lab. 3 de Computação	Comum	3	2	20	55
Lab. Pós-Graduação	Comum	3	1	110	125
Sala de Aula 01	Comum	6	2	40	92
Sala de Aula 02	Comum	6	2	40	92
WC Masculino	Comum	1	2	20	55
WC Feminino	Comum	1	2	20	55
Corredores	Comum	14	2	40	92
	Lâmpada Fluorescente Compacta		39	25	25
			Potência Total Instalada do Conjunto Lâmpada + Reator (W)		3.504

* Ambientes que apresentam mais de um tipo de luminárias e/ou lâmpadas.

ANEXO II – Tabela do Sistema de Condicionamento de Ar Existente – LEEC

Ambiente	Potência (Btu/h)	Tipo	Nível	Marca	Potência (W)
Secretaria	12000	Janela	E	Gree	1090
Auditório	78000	Split e Janela	E	Elgin/Gree(split) Gree (janela)	3800+4000+1090 =8890
Sala ECOMP	18000	Split	C	York	1750
Sala de Professor	18000	Janela	E	Electrolux	2183
Sala de Professor	12000	Janela	E	Gree	1090
Sala de Professor	18000	Janela	A	Consul	1830
Sala de Professor	12000	Janela	E	Gree	1090
Sala de Professor	18000	Janela	E	Electrolux	2183
Sala de Professor	18000	Janela	E	Electrolux	2183
Sala de Professor	12000	Janela	E	Gree	1090
Sala de Professor	12000	Janela	E	Gree	1090
Sala de Pesquisa	18500	Janela	C	LG	1800
LPRAD	24000	Split	C	Gree	2450
LEA	24000	Split	C	Gree	2450
Laboratório de Eletrônica Analógica	24000	Split	A	Gree	2190
Laboratório de Eletrônica Digital	30000	Split	C	Midea	3032
Oficina	18000	Janela	E	Gree	1919
Laboratório de Informática 1	30000	Split	C	Elgin	3050
Laboratório de Eletrônica de Potência	22000	Split	D	Midea	2430
Laboratório de Comunicação	30000	Split	C	Elgin	3050
Sala de aula 1	34000	Split	A	Gree	3550
Sala de aula 2	34000	Split	A	Gree	3550
Lab. Máquinas Elétricas	36000	Janela	E	Elgin/Gree	2000+1919=3919
Laboratório de Antenas	44000	Split	D	Midea	4860
PET	24000	Split	E	Electrolux	2504
Lab. Sistemas Eletrônicos	46000	Split	A	Gree/LG	2190+2010=4200
Secretaria do laboratório 1 de Computação	9000	Split	E	LG	805
Laboratório 1 de Computação	42000	Split	E	Gree	5100
Laboratório 2 de Computação	42000	Split	E	Gree	5100
Laboratório 3 de Computação	22000	Split	B	Midea	1983
Lab. Pós-Graduação	22000	Split	C	Midea	2430
Sala de Aula	21000	Janela	E	Gree	2180
Sala de Aula	21000	Janela	E	Gree	2180
Biblioteca	30000	Split e Janela	E	LG/Electrolux	1085+2183=3268
Total Btu/h	875.500			Potência Total (W)	101.359

Fontes: http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/condicionador_de_ar_piso_teto.pdf
http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/condicionador_de_ar_split_hi_wall.pdf
http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/condicionador_de_ar_tipo_janelal.pdf

ANEXO III – Planilhas de Cálculo do Sistema de Iluminação – LEEC – Atual e Retrofit

PLANILHA PARA CÁLCULO DE ILUMINAÇÃO – MÉTODO DOS LÚMENS				
Empresa: LAB. ENG ELÉTRICA				
Recinto: SALA 10 ATUAL			Atividade: LABORATÓRIO	
	VARIÁVEL	FÓRMULA	UNIDADE	ALTERN 1
Descrição do ambiente	1. Comprimento	a	m	11,70
	2. Largura	b	m	4,85
	3. Área	$A = a.b$	m ²	56,75
	4. Pé-direito	H	m	2,87
	5. Altura do plano de trabalho	H _{pt}	m	0,91
	6. Altura do pendente da luminária	H _{pend}	m	0,00
	7. Pé-direito útil	$h = H - H_{pt} - H_{pend}$	m	1,96
	8 Índice do recinto	$K = \frac{a.b}{h.a+b}$		1,75
	9. Fator de depreciação	F _d		0,80
	10. Coeficiente de reflexão do teto	ρ ₁	%	70,00
	11. Coeficiente de reflexão das paredes	ρ ₂	%	50,00
	12. Coeficiente de reflexão do piso	ρ ₃	%	10,00
Iluminação	13. Iluminância planejada	E _m	lux	200,00
	14. Tonalidade ou temperatura da cor	TCC	K	6.500,00
	15. Índice de reprodução de cores	IRC		80,00
Lâmpadas e luminárias	16. Tipo de lâmpada			LED
	17. Potência da lâmpada	PI	W	20,00
	18. Fluxo luminoso de cada lâmpada	φ	lúmen	900,00
	19. Número de lâmpadas por luminária	Z	unid	2,00
	20. Tipo de luminária			LAR LED T8 - SOBREPOR
	21. Fator de fluxo luminoso	BF	%	1,00
	22. Eficiência da luminária	η _l	%	0,90
	23. Eficiência do recinto	η _r	%	0,48
	24. Fator de utilização	$F_u = \eta_l \cdot \eta_r$		0,43
	25. Quantidade de lâmpadas	$\eta = \frac{E_m \cdot A}{\phi \cdot F_u \cdot BF \cdot F_d}$	unid	36,49
Cálculo	26. Quantidade de luminárias	$N = (n Z)$	unid	18,24
	27. Quantidade de luminárias instaladas	N _i	unid	10,00
Consumo	28. Iluminância alcançada	$E = \frac{Z \cdot N_i \cdot \phi \cdot F_u \cdot BF \cdot F_d}{A}$	lux	109,63
	29. Potência total instalada	P _t = Z.N _i .PI	W	400,00
	30. Densidade de potência	D = P _t / A	W/m ²	7,05

PLANILHA PARA CÁLCULO DE ILUMINAÇÃO – MÉTODO DOS LÚMENS				
Empresa: LAB. ENG ELÉTRICA				
Recinto: SALA 10 RETROFIT		Atividade: LABORATÓRIO		
Descrição do ambiente	VARIÁVEL	FÓRMULA	UNIDADE	ALTERN 1
	1. Comprimento	a	m	11,70
	2. Largura	b	m	4,85
	3. Área	A= a.b	m ²	56,75
	4. Pé-direito	H	m	2,87
	5. Altura do plano de trabalho	Hpt	m	0,91
	6. Altura do pendente da luminária	Hpend	m	0,00
	7. Pé-direito útil	h= H - Hpt - Hpend	m	1,96
	8 Índice do recinto	$K = \frac{a.b}{h.a.b}$		1,75
	9. Fator de depreciação	Fd		0,80
Iluminação	10. Coeficiente de reflexão do teto	ρ_1	%	70,00
	11. Coeficiente de reflexão das paredes	ρ_2	%	50,00
	12. Coeficiente de reflexão do piso	ρ_3	%	10,00
	13. Iluminância planejada	Em	lux	200,00
	14. Tonalidade ou temperatura da cor	TCC	K	6.500,00
Lâmpadas e luminárias	15. Índice de reprodução de cores	IRC		80,00
	16. Tipo de lâmpada			LED
	17. Potência da lâmpada	PI	W	20,00
	18. Fluxo luminoso de cada lâmpada	ϕ	lúmen	1.800,00
	19. Número de lâmpadas por luminária	Z	unid	2,00
	20. Tipo de luminária			LAR LED T8 - SOBREPOR
	21. Fator de fluxo luminoso	BF	%	1,00
	22. Eficiência da luminária	η_l	%	0,90
	23. Eficiência do recinto	η_r	%	0,48
	24. Fator de utilização	$F_u = \eta_l \cdot \eta_r$		0,43
Cálculo	25. Quantidade de lâmpadas	$n = \frac{Em.A}{\phi.F_u.BF.Fd}$	unid	18,24
	26. Quantidade de luminárias	$N = (n Z)$	unid	9,12
	27. Quantidade de luminárias instaladas	Ni	unid	10,00
	28. Iluminância alcançada	$E = \frac{Z.Ni.\phi.F_u.BF.Fd}{A}$	lux	219,25
Consumo	29. Potência total instalada	$P_t = Z.Ni.PI$	W	400,00
	30. Densidade de potência	$D = P_t / A$	W/m ²	7,05
	31. RCR	$RCR = \frac{5h.(C + L)}{A}$		2,86

PLANILHA PARA CÁLCULO DE ILUMINAÇÃO – MÉTODO DOS LÚMENS

Empresa: LAB. ENG ELÉTRICA

Recinto: LABQUALI ATUAL

Atividade: LABORATÓRIO

	VARIÁVEL	FÓRMULA	UNID	ALTERN 1
Descrição do ambiente	1. Comprimento	a	m	9,60
	2. Largura	b	m	4,88
	3. Área	$A = a.b$	m ²	46,85
	4. Pé-direito	H	m	2,87
	5. Altura do plano de trabalho	H _{pt}	m	0,91
	6. Altura do pendente da luminária	H _{pend}	m	0,00
	7. Pé-direito útil	$h = H - H_{pt} - H_{pend}$	m	1,96
	8 Índice do recinto	$K = \frac{a.b}{h.a.b}$		1,65
	9. Fator de depreciação	F _d		0,80
	10. Coeficiente de reflexão do teto	ρ ₁	%	70,00
	11. Coeficiente de reflexão das paredes	ρ ₂	%	50,00
	12. Coeficiente de reflexão do piso	ρ ₃	%	10,00
Iluminação	13. Iluminância planejada	E _m	lux	200,00
	14. Tonalidade ou temperatura da cor	TCC	K	6.500,00
	15. Índice de reprodução de cores	IRC		80,00
Lâmpadas e luminárias	16. Tipo de lâmpada			FLUOR
	17. Potência da lâmpada	PI	W	40,00
	18. Fluxo luminoso de cada lâmpada	φ	lúmen	2.600,00
	19. Número de lâmpadas por luminária	Z	unid	4,00
	20. Tipo de luminária			Lampada Fluor Tubular Philips - TLRS-40W-ELD
	21. Fator de fluxo luminoso	BF	%	1,00
	22. Eficiência da luminária	η _l	%	0,65
	23. Eficiência do recinto	η _r	%	0,48
	24. Fator de utilização	$F_u = \eta_l \cdot \eta_r$		0,31
	25. Quantidade de lâmpadas	$n = \frac{E_m \cdot A}{\phi \cdot F_u \cdot BF \cdot F_d}$	unid	14,44
Cálculo	26. Quantidade de luminárias	$N = (n/Z)$	unid	3,61
	27. Quantidade de luminárias instaladas	N _i	unid	6,00
Consumo	28. Iluminância alcançada	$E = \frac{Z \cdot N_i \cdot \phi \cdot F_u \cdot BF \cdot F_d}{A}$	lux	332,46
	29. Potência total instalada	P _t = Z.N _i .PI	W	960,00
Consumo	30. Densidade de potência	D = P _t / A	W/m ²	20,49

PLANILHA PARA CÁLCULO DE ILUMINAÇÃO – MÉTODO DOS LÚMENS				
Empresa: LAB. ENG ELÉTRICA				
Recinto: LAB SISTEMA DE POTÊNCIA RETROFIT			Atividade: LABORATÓRIO	
	VARIÁVEL	FÓRMULA	UNIDADE	ALTERN 1
Descrição do ambiente	1. Comprimento	a	m	9,60
	2. Largura	b	m	4,85
	3. Área	A= a.b	m ²	46,56
	4. Pé-direito	H	m	2,87
	5. Altura do plano de trabalho	Hpt	m	0,91
	6. Altura do pendente da luminária	Hpend	m	0,00
	7. Pé-direito útil	h= H - Hpt - Hpend	m	1,96
	8 Índice do recinto	$K = \frac{a.b}{h.a.b}$		1,64
	9. Fator de depreciação	Fd		0,80
	10. Coeficiente de reflexão do teto	ρ1	%	70,00
	11. Coeficiente de reflexão das paredes	ρ2	%	50,00
	12. Coeficiente de reflexão do piso	ρ3	%	10,00
Iluminação	13. Iluminância planejada	Em	lux	200,00
	14. Tonalidade ou temperatura da cor	TCC	K	5.000,00
	15. Índice de reprodução de cores	IRC		70,00
Lâmpadas e luminárias	16. Tipo de lâmpada			LED
	17. Potência da lâmpada	PI	W	20,00
	18. Fluxo luminoso de cada lâmpada	φ	lúmen	1.800,00
	19. Número de lâmpadas por luminária	Z	unid	4,00
	20. Tipo de luminária			LAR LED T8 - SOBREPOR
	21. Fator de fluxo luminoso	BF	%	1,00
	22. Eficiência da luminária	ηl	%	0,90
	23. Eficiência do recinto	ηr	%	0,48
	24. Fator de utilização	Fu=ηl.ηr		0,43
	25. Quantidade de lâmpadas	$n = \frac{Em.A}{\phi.Fu.BF.Fd}$	unid	14,97
26. Quantidade de luminárias	$N = (n/Z)$	unid	3,74	
Cálculo	27. Quantidade de luminárias instaladas	Ni	unid	4,00
	28. Iluminância alcançada	$E = \frac{Z.Ni.\phi.Fu.BF.Fd}{A}$	lux	213,77
Consumo	29. Potência total instalada	Pt = Z Ni.PI	W	320,00
	30. Densidade de potência	D = Pt / A	W/m ²	6,87
	31. RCR	$RCR = \frac{5h.(C + L)}{A}$		3,04

PLANILHA PARA CÁLCULO DE ILUMINAÇÃO – MÉTODO DOS LÚMENS				
Empresa: LAB. ENG ELÉTRICA				
Recinto: LAB SISTEMA DE POTÊNCIA ATUAL			Atividade: LABORATÓRIO	
	VARIÁVEL	FÓRMULA	UNIDADE	ALTERN 1
Descrição do ambiente	1. Comprimento	a	m	9,60
	2. Largura	b	m	4,85
	3. Área	A= a.b	m ²	46,56
	4. Pé-direito	H	m	2,87
	5. Altura do plano de trabalho	Hpt	m	0,91
	6. Altura do pendente da luminária	Hpend	m	0,00
	7. Pé-direito útil	h= H - Hpt - Hpend	m	1,96
	8 Índice do recinto	$K = \frac{a \cdot b}{h \cdot a \cdot b}$		1,64
	9. Fator de depreciação	Fd		0,80
	10. Coeficiente de reflexão do teto	ρ_1	%	70,00
	11. Coeficiente de reflexão das paredes	ρ_2	%	50,00
	12. Coeficiente de reflexão do piso	ρ_3	%	10,00
Iluminação	13. Iluminância planejada	Em	lux	200,00
	14. Tonalidade ou temperatura da cor	TCC	K	5.000,00
	15. Índice de reprodução de cores	IRC		70,00
Lâmpadas e luminárias	16. Tipo de lâmpada			FLUOR
	17. Potência da lâmpada	PI	W	40,00
	18. Fluxo luminoso de cada lâmpada	ϕ	lúmen	2.600,00
	19. Número de lâmpadas por luminária	Z	unid	4,00
	20. Tipo de luminária			Lampada Fluor Tubular Philips - TLRS-40W-ELD
	21. Fator de fluxo luminoso	BF	%	1,00
	22. Eficiência da luminária	η_l	%	0,65
	23. Eficiência do recinto	η_r	%	0,48
	24. Fator de utilização	$F_u = \eta_l \cdot \eta_r$		0,31
	25. Quantidade de lâmpadas	$n = \frac{E_m \cdot A}{\phi \cdot F_u \cdot BF \cdot F_d}$	unid	14,35
Cálculo	26. Quantidade de luminárias	$N = (n/Z)$	unid	3,59
	27. Quantidade de luminárias instaladas	Ni	unid	6,00
	28. Iluminância alcançada	$E = \frac{Z \cdot N_i \cdot \phi \cdot F_u \cdot BF \cdot F_d}{A}$	lux	334,52
Consumo	29. Potência total instalada	$P_t = Z \cdot N_i \cdot P_i$	W	960,00
	30. Densidade de potência	$D = P_t / A$	W/m ²	20,62

PLANILHA PARA CÁLCULO DE ILUMINAÇÃO – MÉTODO DOS LÚMENS				
Empresa: LAB. ENG ELÉTRICA				
Recinto: LAB SISTEMA DE POTÊNCIA RETROFIT			Atividade: LABORATÓRIO	
	VARIÁVEL	FÓRMULA	UNIDADE	ALTERN 1
Descrição do ambiente	1. Comprimento	a	m	9,60
	2. Largura	b	m	4,85
	3. Área	A= a.b	m ²	46,56
	4. Pé-direito	H	m	2,87
	5. Altura do plano de trabalho	Hpt	m	0,91
	6. Altura do pendente da luminária	Hpend	m	0,00
	7. Pé-direito útil	h= H - Hpt - Hpend	m	1,96
	8 Índice do recinto	$K = \frac{a.b}{h.a.b}$		1,64
	9. Fator de depreciação	Fd		0,80
	10. Coeficiente de reflexão do teto	ρ1	%	70,00
	11. Coeficiente de reflexão das paredes	ρ2	%	50,00
	12. Coeficiente de reflexão do piso	ρ3	%	10,00
Iluminação	13. Iluminância planejada	Em	lux	200,00
	14. Tonalidade ou temperatura da cor	TCC	K	5.000,00
	15. Índice de reprodução de cores	IRC		70,00
Lâmpadas e luminárias	16. Tipo de lâmpada			LED
	17. Potência da lâmpada	PI	W	20,00
	18. Fluxo luminoso de cada lâmpada	φ	lúmen	1.800,00
	19. Número de lâmpadas por luminária	Z	unid	4,00
	20. Tipo de luminária			LAR LED T8 - SOBREPOR
	21. Fator de fluxo luminoso	BF	%	1,00
	22. Eficiência da luminária	ηl	%	0,90
	23. Eficiência do recinto	ηr	%	0,48
	24. Fator de utilização	Fu=ηl.ηr		0,43
	25. Quantidade de lâmpadas	$n = \frac{Em.A}{\phi.Fu.BF.Fd}$	unid	14,97
26. Quantidade de luminárias	$N = (n Z)$	unid	3,74	
Cálculo	27. Quantidade de luminárias instaladas	Ni	unid	4,00
	28. Iluminância alcançada	$E = \frac{Z.Ni.\phi.Fu.BF.Fd}{A}$	lux	213,77
Consumo	29. Potência total instalada	Pt = Z.Ni.PI	W	320,00
	30. Densidade de potência	D = Pt / A	W/m ²	6,87
	31. RCR	$RCR = \frac{5h.(C + L)}{A}$		3,04

PLANILHA PARA CÁLCULO DE ILUMINAÇÃO – MÉTODO DOS LÚMENS				
Empresa: LAB. ENG ELÉTRICA				
Recinto: CASA DE FORÇA ATUAL		Atividade: CASA DE MÁQUINAS		
	VARIÁVEL	FÓRMULA	UNIDADE	ALTERN 1
Descrição do ambiente	1. Comprimento	a	m	9,60
	2. Largura	b	m	4,90
	3. Área	A= a.b	m2	47,04
	4. Pé-direito	H	m	2,87
	5. Altura do plano de trabalho	Hpt	m	0,91
	6. Altura do pendente da luminária	Hpend	m	0,00
	7. Pé-direito útil	h= H - Hpt - Hpend	m	1,96
	8 Índice do recinto	$K = \frac{a.b}{h.a.b}$		1,66
	9. Fator de depreciação	Fd		0,57
	10. Coeficiente de reflexão do teto	ρ_1	%	70,00
	11. Coeficiente de reflexão das paredes	ρ_2	%	50,00
	12. Coeficiente de reflexão do piso	ρ_3	%	10,00
Iluminação	13. Iluminância planejada	Em	lux	300,00
	14. Tonalidade ou temperatura da cor	TCC	K	5.000,00
	15. Índice de reprodução de cores	IRC		70,00
Lâmpadas e luminárias	16. Tipo de lâmpada			FLUOR
	17. Potência da lâmpada	Pl	W	40,00
	18. Fluxo luminoso de cada lâmpada	ϕ	lúmen	2.600,00
	19. Número de lâmpadas por luminária	Z	unid	4,00
	20. Tipo de luminária			Lampada Fluor Tubular Philips - TLRS-40W-ELD
	21. Fator de fluxo luminoso	BF	%	1,00
	22. Eficiência da luminária	η_l	%	0,65
	23. Eficiência do recinto	η_r	%	0,48
	24. Fator de utilização	$F_u = \eta_l \cdot \eta_r$		0,31
	25. Quantidade de lâmpadas	$n = \frac{Em.A}{\phi.F_u.BF.Fd}$	unid	30,52
	26. Quantidade de luminárias	$N = (n/Z)$	unid	7,63
Cálculo	27. Quantidade de luminárias instaladas	Ni	unid	6,00
	28. Iluminância alcançada	$E = \frac{Z.Ni.\phi.F_u.BF.Fd}{A}$	lux	235,91
Consumo	29. Potência total instalada	Pt = Z.Ni.Pl	W	960,00
	30. Densidade de potência	D = Pt / A	W/m2	20,41

PLANILHA PARA CÁLCULO DE ILUMINAÇÃO – MÉTODO DOS LÚMENS				
Empresa: LAB. ENG ELÉTRICA				
Recinto: CASA DE FORÇA RETROFIT		Atividade: CASA DE MÁQUINAS		
	VARIÁVEL	FÓRMULA	UNIDADE	ALTERN 1
Descrição do ambiente	1. Comprimento	a	m	9,60
	2. Largura	b	m	4,90
	3. Área	A= a.b	m ²	47,04
	4. Pé-direito	H	m	2,87
	5. Altura do plano de trabalho	H _{pt}	m	0,91
	6. Altura do pendente da luminária	H _{pend}	m	0,00
	7. Pé-direito útil	h= H - H _{pt} - H _{pend}	m	1,96
	8 Índice do recinto	$K = \frac{a \cdot b}{h \cdot a \cdot b}$		1,66
	9. Fator de depreciação	F _d		0,57
	10. Coeficiente de reflexão do teto	ρ ₁	%	70,00
	11. Coeficiente de reflexão das paredes	ρ ₂	%	50,00
	12. Coeficiente de reflexão do piso	ρ ₃	%	10,00
Iluminação	13. Iluminância planejada	E _m	lux	150,00
	14. Tonalidade ou temperatura da cor	TCC	K	5.000,00
	15. Índice de reprodução de cores	IRC		70,00
Lâmpadas e luminárias	16. Tipo de lâmpada			LED
	17. Potência da lâmpada	P _l	W	10,00
	18. Fluxo luminoso de cada lâmpada	φ	lúmen	900,00
	19. Número de lâmpadas por luminária	Z	unid	4,00
	20. Tipo de luminária			LAR LED T8 - SOBREPOR
	21. Fator de fluxo luminoso	BF	%	1,00
	22. Eficiência da luminária	η _l	%	0,90
	23. Eficiência do recinto	η _r	%	0,48
	24. Fator de utilização	F _u =η _l .η _r		0,43
	25. Quantidade de lâmpadas	$n = \frac{E_m \cdot A}{\phi \cdot F_u \cdot BF \cdot F_d}$	unid	31,84
26. Quantidade de luminárias	N = (n Z)	unid	7,96	
Cálculo	27. Quantidade de luminárias instaladas	N _i	unid	8,00
	28. Iluminância alcançada	$E = \frac{Z \cdot N_i \cdot \phi \cdot F_u \cdot BF \cdot F_d}{A}$	lux	150,76
Consumo	29. Potência total instalada	P _t = Z.N _i .P _l	W	320,00
	30. Densidade de potência	D = P _t / A	W/m ²	6,80
	31. RCR	$RCR = \frac{5h \cdot (C + L)}{A}$		3,02

PLANILHA PARA CÁLCULO DE ILUMINAÇÃO – MÉTODO DOS LÚMENS				
Empresa: LAB. ENG ELÉTRICA				
Recinto: LAB DE COMPUTAÇÃO ATUAL		Atividade: LABORATÓRIO		
VARIÁVEL	FÓRMULA	UNIDADE	ALTERN 1	
Descrição do ambiente	1. Comprimento	a	m	9,60
	2. Largura	b	m	4,90
	3. Área	$A = a.b$	m ²	47,04
	4. Pé-direito	H	m	2,87
	5. Altura do plano de trabalho	H _{pt}	m	0,91
	6. Altura do pendente da luminária	H _{pend}	m	0,00
	7. Pé-direito útil	$h = H - H_{pt} - H_{pend}$	m	1,96
	8 Índice do recinto	$K = \frac{a.b}{h.a.b}$		1,66
	9. Fator de depreciação	F _d		0,80
	10. Coeficiente de reflexão do teto	ρ ₁	%	70,00
	11. Coeficiente de reflexão das paredes	ρ ₂	%	50,00
	12. Coeficiente de reflexão do piso	ρ ₃	%	10,00
Iluminação	13. Iluminância planejada	E _m	lux	200,00
	14. Tonalidade ou temperatura da cor	TCC	K	5.000,00
	15. Índice de reprodução de cores	IRC		70,00
Lâmpadas e luminárias	16. Tipo de lâmpada			FLUOR
	17. Potência da lâmpada	PI	W	40,00
	18. Fluxo luminoso de cada lâmpada	φ	lúmen	2.600,00
	19. Número de lâmpadas por luminária	Z	unid	4,00
	20. Tipo de luminária			Lampada Fluor Tubular Philips - TLRS-40W-ELD
	21. Fator de fluxo luminoso	BF	%	1,00
	22. Eficiência da luminária	η _l	%	0,65
	23. Eficiência do recinto	η _r	%	0,48
	24. Fator de utilização	$F_u = \eta_l \cdot \eta_r$		0,31
	25. Quantidade de lâmpadas	$n = \frac{E_m \cdot A}{\phi \cdot F_u \cdot BF \cdot F_d}$	unid	14,50
	26. Quantidade de luminárias	$N = (n/Z)$	unid	3,62
Cálculo	27. Quantidade de luminárias instaladas	N _i	unid	6,00
	28. Iluminância alcançada	$E = \frac{Z \cdot N_i \cdot \phi \cdot F_u \cdot BF \cdot F_d}{A}$	lux	331,10
Consumo	29. Potência total instalada	P _t = Z.N _i .PI	W	960,00
	30. Densidade de potência	D = P _t / A	W/m ²	20,41

PLANILHA PARA CÁLCULO DE ILUMINAÇÃO – MÉTODO DOS LÚMENS				
Empresa: LAB. ENG ELÉTRICA				
Recinto: LAB DE COMPUTAÇÃO RETROFIT		Atividade: LABORATÓRIO		
	VARIÁVEL	FÓRMULA	UNIDADE	ALTERN 1
Descrição do ambiente	1. Comprimento	a	m	9,60
	2. Largura	b	m	4,90
	3. Área	A= a.b	m ²	47,04
	4. Pé-direito	H	m	2,87
	5. Altura do plano de trabalho	Hpt	m	0,91
	6. Altura do pendente da luminária	Hpend	m	0,00
	7. Pé-direito útil	h= H - Hpt - Hpend	m	1,96
	8 Índice do recinto	$K = \frac{a \cdot b}{h \cdot a \cdot b}$		1,66
	9. Fator de depreciação	Fd		0,80
	10. Coeficiente de reflexão do teto	ρ_1	%	70,00
	11. Coeficiente de reflexão das paredes	ρ_2	%	50,00
	12. Coeficiente de reflexão do piso	ρ_3	%	10,00
Iluminação	13. Iluminância planejada	Em	lux	200,00
	14. Tonalidade ou temperatura da cor	TCC	K	5.000,00
	15. Índice de reprodução de cores	IRC		70,00
Lâmpadas e luminárias	16. Tipo de lâmpada			LED
	17. Potência da lâmpada	PI	W	20,00
	18. Fluxo luminoso de cada lâmpada	φ	lúmen	1.800,00
	19. Número de lâmpadas por luminária	Z	unid	4,00
	20. Tipo de luminária			Lampada Fluor Tubular Philips - TLRS-20W-ELD
	21. Fator de fluxo luminoso	BF	%	1,00
	22. Eficiência da luminária	η_l	%	0,90
	23. Eficiência do recinto	η_r	%	0,48
	24. Fator de utilização	$F_u = \eta_l \cdot \eta_r$		0,43
	25. Quantidade de lâmpadas	$n = \frac{E_m \cdot A}{\varphi \cdot F_u \cdot BF \cdot Fd}$	unid	15,12
Cálculo	26. Quantidade de luminárias	$N = (n/Z)$	unid	3,78
	27. Quantidade de luminárias instaladas	Ni	unid	4,00
	28. Iluminância alcançada	$E = \frac{Z \cdot N_i \cdot \varphi \cdot F_u \cdot BF \cdot Fd}{A}$	lux	211,59
Consumo	29. Potência total instalada	Pt = Z Ni.PI	W	320,00
	30. Densidade de potência	D = Pt / A	W/m ²	6,80
	31. RCR	$RCR = \frac{5h \cdot (C + L)}{A}$		3,02

PLANILHA PARA CÁLCULO DE ILUMINAÇÃO – MÉTODO DOS LÚMENS				
Empresa: LAB. ENG ELÉTRICA				
Recinto: LAB DE ENGENHARIA BIOMÉDICA ATUAL			Atividade: LABORATÓRIO	
	VARIÁVEL	FÓRMULA	UNIDADE	ALTERN 1
Descrição do ambiente	1. Comprimento	a	m	9,60
	2. Largura	b	m	4,85
	3. Área	A= a.b	m ²	46,56
	4. Pé-direito	H	m	2,87
	5. Altura do plano de trabalho	Hpt	m	0,91
	6. Altura do pendente da luminária	Hpend	m	0,00
	7. Pé-direito útil	h= H - Hpt - Hpend	m	1,96
	8 Índice do recinto	$K = \frac{a.b}{h.a.b}$		1,64
	9. Fator de depreciação	Fd		0,80
	10. Coeficiente de reflexão do teto	ρ_1	%	70,00
	11. Coeficiente de reflexão das paredes	ρ_2	%	50,00
	12. Coeficiente de reflexão do piso	ρ_3	%	10,00
Iluminação	13. Iluminância planejada	Em	lux	200,00
	14. Tonalidade ou temperatura da cor	TCC	K	5.000,00
	15. Índice de reprodução de cores	IRC		70,00
Lâmpadas e luminárias	16. Tipo de lâmpada			FLUOR
	17. Potência da lâmpada	PI	W	40,00
	18. Fluxo luminoso de cada lâmpada	ϕ	lúmen	2.600,00
	19. Número de lâmpadas por luminária	Z	unid	4,00
	20. Tipo de luminária			Lampada Fluor Tubular Philips - TLRS-40W-ELD
	21. Fator de fluxo luminoso	BF	%	1,00
	22. Eficiência da luminária	η_l	%	0,65
	23. Eficiência do recinto	η_r	%	0,48
	24. Fator de utilização	$F_u = \eta_l \cdot \eta_r$		0,31
	25. Quantidade de lâmpadas	$n = \frac{Em.A}{\phi.F_u.BF.Fd}$	unid	14,35
Cálculo	26. Quantidade de luminárias	$N = (n/Z)$	unid	3,59
	27. Quantidade de luminárias instaladas	Ni	unid	6,00
	28. Iluminância alcançada	$E = \frac{Z.Ni.\phi.F_u.BF.Fd}{A}$	lux	334,52
Consumo	29. Potência total instalada	Pt = Z.Ni.PI	W	960,00
	30. Densidade de potência	D = Pt / A	W/m ²	20,62

PLANILHA PARA CÁLCULO DE ILUMINAÇÃO – MÉTODO DOS LÚMENS				
Empresa: LAB. ENG ELÉTRICA				
Recinto: LAB DE ENGENHARIA BIOMÉDICA RETROFIT			Atividade: LABORATÓRIO	
	VARIÁVEL	FÓRMULA	UNIDADE	ALTERN 1
Descrição do ambiente	1. Comprimento	a	m	9,60
	2. Largura	b	m	4,85
	3. Área	A= a.b	m ²	46,56
	4. Pé-direito	H	m	2,87
	5. Altura do plano de trabalho	Hpt	m	0,91
	6. Altura do pendente da luminária	Hpend	m	0,00
	7. Pé-direito útil	h= H - Hpt - Hpend	m	1,96
	8 Índice do recinto	$K = \frac{a.b}{h.a.b}$		1,64
	9. Fator de depreciação	Fd		0,80
	10. Coeficiente de reflexão do teto	ρ1	%	70,00
	11. Coeficiente de reflexão das paredes	ρ2	%	50,00
	12. Coeficiente de reflexão do piso	ρ3	%	10,00
Iluminação	13. Iluminância planejada	Em	lux	200,00
	14. Tonalidade ou temperatura da cor	TCC	K	5.000,00
	15. Índice de reprodução de cores	IRC		70,00
Lâmpadas e luminárias	16. Tipo de lâmpada			LED
	17. Potência da lâmpada	Pl	W	20,00
	18. Fluxo luminoso de cada lâmpada	φ	lúmen	1.800,00
	19. Número de lâmpadas por luminária	Z	unid	4,00
	20. Tipo de luminária			Lampada Fluor Tubular Philips - TLRS-20W-ELD
	21. Fator de fluxo luminoso	BF	%	1,00
	22. Eficiência da luminária	ηl	%	0,90
	23. Eficiência do recinto	ηr	%	0,48
	24. Fator de utilização	Fu=ηl.ηr		0,43
	25. Quantidade de lâmpadas	$n = \frac{Em.A}{\phi.Fu.BF.Fd}$	unid	14,97
26. Quantidade de luminárias	$N = (n/Z)$	unid	3,74	
Cálculo	27. Quantidade de luminárias instaladas	Ni	unid	4,00
	28. Iluminância alcançada	$E = \frac{Z.Ni.\phi.Fu.BF.Fd}{A}$	lux	213,77
Consumo	29. Potência total instalada	Pt = Z.Ni.Pl	W	320,00
	30. Densidade de potência	D = Pt / A	W/m ²	6,87
	31. RCR	$RCR = \frac{5h.(C + L)}{A}$		3,04

PLANILHA PARA CÁLCULO DE ILUMINAÇÃO – MÉTODO DOS LÚMENS				
Empresa: LAB. ENG ELÉTRICA				
Recinto: LAB DE EXTENSÃO ATUAL			Atividade: SALA DE AULA	
VARIÁVEL	FÓRMULA	UNIDADE	ALTERN 1	
1. Comprimento	a	m	9,60	
2. Largura	b	m	4,96	
3. Área	A= a.b	m ²	47,62	
4. Pé-direito	H	m	2,87	
5. Altura do plano de trabalho	H _{pt}	m	0,70	
6. Altura do pendente da luminária	H _{pend}	m	0,00	
7. Pé-direito útil	h= H - H _{pt} - H _{pend}	m	2,17	
8 Índice do recinto	$K = \frac{a.b}{h.a.b}$		1,51	
9. Fator de depreciação	F _d		0,80	
10. Coeficiente de reflexão do teto	ρ ₁	%	70,00	
11. Coeficiente de reflexão das paredes	ρ ₂	%	50,00	
12. Coeficiente de reflexão do piso	ρ ₃	%	10,00	
13. Iluminância planejada	E _m	lux	300,00	
14. Tonalidade ou temperatura da cor	TCC	K	5.000,00	
15. Índice de reprodução de cores	IRC		70,00	
16. Tipo de lâmpada			FLUOR	
17. Potência da lâmpada	Pl	W	40,00	
18. Fluxo luminoso de cada lâmpada	φ	lúmen	2.600,00	
19. Número de lâmpadas por luminária	Z	unid	2,00	
20. Tipo de luminária			Lampada Fluor Tubular Philips - TLRS-40W-ELD	
21. Fator de fluxo luminoso	BF	%	1,00	
22. Eficiência da luminária	η _l	%	0,65	
23. Eficiência do recinto	η _r	%	0,48	
24. Fator de utilização	F _u =η _l .η _r		0,31	
25. Quantidade de lâmpadas	$n = \frac{E.m.A}{\phi.Fu.BF.Fd}$	unid	22,01	
26. Quantidade de luminárias	$N = (n/Z)$	unid	11,01	
27. Quantidade de luminárias instaladas	N _i	unid	3,00	
28. Iluminância alcançada	$E = \frac{Z.Ni.\phi.Fu.BF.Fd}{A}$	lux	81,77	
29. Potência total instalada	P _t = Z.Ni.Pl	W	240,00	
30. Densidade de potência	D = P _t / A	W/m ²	5,04	

PLANILHA PARA CÁLCULO DE ILUMINAÇÃO – MÉTODO DOS LÚMENS				
Empresa: LAB. ENG ELÉTRICA				
Recinto: LAB DE EXTENSÃO RETROFIT			Atividade: SALA DE AULA	
	VARIÁVEL	FÓRMULA	UNIDADE	ALTERN 1
Descrição do ambiente	1. Comprimento	a	m	9,60
	2. Largura	b	m	4,96
	3. Área	A= a.b	m ²	47,62
	4. Pé-direito	H	m	2,87
	5. Altura do plano de trabalho	Hpt	m	0,70
	6. Altura do pendente da luminária	Hpend	m	0,00
	7. Pé-direito útil	h= H - Hpt - Hpend	m	2,17
	8 Índice do recinto	$K = \frac{a \cdot b}{h \cdot a \cdot b}$		1,51
	9. Fator de depreciação	Fd		0,80
	10. Coeficiente de reflexão do teto	ρ1	%	70,00
	11. Coeficiente de reflexão das paredes	ρ2	%	50,00
	12. Coeficiente de reflexão do piso	ρ3	%	10,00
Iluminação	13. Iluminância planejada	Em	lux	300,00
	14. Tonalidade ou temperatura da cor	TCC	K	5.000,00
	15. Índice de reprodução de cores	IRC		70,00
Lâmpadas e luminárias	16. Tipo de lâmpada			LED
	17. Potência da lâmpada	Pl	W	20,00
	18. Fluxo luminoso de cada lâmpada	φ	lúmen	1.800,00
	19. Número de lâmpadas por luminária	Z	unid	4,00
	20. Tipo de luminária			Lampada Fluor Tubular Philips - TLRS-20W-ELD
	21. Fator de fluxo luminoso	BF	%	1,00
	22. Eficiência da luminária	ηl	%	0,90
	23. Eficiência do recinto	ηr	%	0,48
	24. Fator de utilização	Fu=ηl.ηr		0,43
	25. Quantidade de lâmpadas	$n = \frac{Em \cdot A}{\phi \cdot Fu \cdot BF \cdot Fd}$	unid	22,96
	26. Quantidade de luminárias	$N = (n Z)$	unid	5,74
	27. Quantidade de luminárias instaladas	Ni	unid	6,00
	28. Iluminância alcançada	$E = \frac{Z \cdot Ni \cdot \phi \cdot Fu \cdot BF \cdot Fd}{A}$	lux	313,55
	Consumo	29. Potência total instalada	Pt = Z.Ni.Pl	W
30. Densidade de potência		D = Pt / A	W/m ²	10,08
31. RCR		$RCR = \frac{5h \cdot (C + L)}{A}$		3,32

PLANILHA PARA CÁLCULO DE ILUMINAÇÃO – MÉTODO DOS LÚMENS				
Empresa: LAB. ENG ELÉTRICA				
Recinto: LAB DE COMUNICAÇÕES ATUAL			Atividade: LABORATÓRIO	
	VARIÁVEL	FÓRMULA	UNIDADE	ALTERN 1
Descrição do ambiente	1. Comprimento	a	m	9,60
	2. Largura	b	m	4,90
	3. Área	A= a.b	m ²	47,04
	4. Pé-direito	H	m	2,87
	5. Altura do plano de trabalho	Hpt	m	0,91
	6. Altura do pendente da luminária	Hpend	m	0,00
	7. Pé-direito útil	h= H - Hpt - Hpend	m	1,96
	8 Índice do recinto	$K = \frac{a \cdot b}{h \cdot a \cdot b}$		1,66
	9. Fator de depreciação	Fd		0,80
	10. Coeficiente de reflexão do teto	ρ1	%	70,00
	11. Coeficiente de reflexão das paredes	ρ2	%	50,00
	12. Coeficiente de reflexão do piso	ρ3	%	10,00
Iluminação	13. Iluminância planejada	Em	lux	200,00
	14. Tonalidade ou temperatura da cor	TCC	K	5.000,00
	15. Índice de reprodução de cores	IRC		70,00
Lâmpadas e luminárias	16. Tipo de lâmpada			FLUOR
	17. Potência da lâmpada	Pl	W	40,00
	18. Fluxo luminoso de cada lâmpada	φ	lúmen	2.600,00
	19. Número de lâmpadas por luminária	Z	unid	2,00
	20. Tipo de luminária			Lampada Fluor Tubular Philips - TLRS-40W-ELD
	21. Fator de fluxo luminoso	BF	%	1,00
	22. Eficiência da luminária	ηl	%	0,65
	23. Eficiência do recinto	ηr	%	0,48
	24. Fator de utilização	Fu=ηl.ηr		0,31
	25. Quantidade de lâmpadas	$n = \frac{Em \cdot A}{\phi \cdot Fu \cdot BF \cdot Fd}$	unid	14,50
Cálculo	26. Quantidade de luminárias	$N = (n/Z)$	unid	7,25
	27. Quantidade de luminárias instaladas	Ni	unid	5,00
Consumo	28. Iluminância alcançada	$E = \frac{Z \cdot Ni \cdot \phi \cdot Fu \cdot BF \cdot Fd}{A}$	lux	137,96
	29. Potência total instalada	Pt = Z.Ni.Pl	W	400,00
	30. Densidade de potência	D = Pt / A	W/m ²	8,50

PLANILHA PARA CÁLCULO DE ILUMINAÇÃO – MÉTODO DOS LÚMENS				
Empresa: LAB. ENG ELÉTRICA				
Recinto: LAB DE COMUNICAÇÕES RETROFIT			Atividade: LABORATÓRIO	
	VARIÁVEL	FÓRMULA	UNIDADE	ALTERN 1
Descrição do ambiente	1. Comprimento	a	m	9,60
	2. Largura	b	m	4,90
	3. Área	A= a.b	m ²	47,04
	4. Pé-direito	H	m	2,87
	5. Altura do plano de trabalho	Hpt	m	0,91
	6. Altura do pendente da luminária	Hpend	m	0,00
	7. Pé-direito útil	h= H - Hpt - Hpend	m	1,96
	8 Índice do recinto	$K = \frac{a.b}{h.a.b}$		1,66
	9. Fator de depreciação	Fd		0,80
	10. Coeficiente de reflexão do teto	ρ1	%	70,00
	11. Coeficiente de reflexão das paredes	ρ2	%	50,00
	12. Coeficiente de reflexão do piso	ρ3	%	10,00
Iluminação	13. Iluminância planejada	Em	lux	200,00
	14. Tonalidade ou temperatura da cor	TCC	K	5 000,00
	15. Índice de reprodução de cores	IRC		70,00
Lâmpadas e luminárias	16. Tipo de lâmpada			LED
	17. Potência da lâmpada	PI	W	20,00
	18. Fluxo luminoso de cada lâmpada	φ	lúmen	1.800,00
	19. Número de lâmpadas por luminária	Z	unid	3,00
	20. Tipo de luminária			Lampada Fluor Tubular Philips - TLRS-20W-ELD
	21. Fator de fluxo luminoso	BF	%	1,00
	22. Eficiência da luminária	ηl	%	0,90
	23. Eficiência do recinto	ηr	%	0,48
	24. Fator de utilização	Fu=ηl.ηr		0,43
	25. Quantidade de lâmpadas	$n = \frac{Em.A}{\phi.Fu.BF.Fd}$	unid	15,12
26. Quantidade de luminárias	$N = (n Z)$	unid	5,04	
Cálculo	27. Quantidade de luminárias instaladas	Ni	unid	6,00
	28. Iluminância alcançada	$E = \frac{Z.Ni.\phi.Fu.BF.Fd}{A}$	lux	238,04
Consumo	29. Potência total instalada	Pt = Z.Ni.PI	W	360,00
	30. Densidade de potência	D = Pt / A	W/m ²	7,65
	31. RCR	$RCR = \frac{5h.(C + L)}{A}$		3,02

PLANILHA PARA CÁLCULO DE ILUMINAÇÃO – MÉTODO DOS LÚMENS				
Empresa: LAB. ENG ELÉTRICA				
Recinto: LAB DE ELETRÔNICA ANALÓGICA ATUAL			Atividade: SALA DE AULA	
	VARIÁVEL	FÓRMULA	UNIDADE	ALTERN 1
Descrição do ambiente	1. Comprimento	a	m	5,00
	2. Largura	b	m	4,88
	3. Área	A= a.b	m ²	24,40
	4. Pé-direito	H	m	2,87
	5. Altura do plano de trabalho	Hpt	m	0,70
	6. Altura do pendente da luminária	Hpend	m	0,00
	7. Pé-direito útil	h= H - Hpt - Hpend	m	2,17
	8 Índice do recinto	$K = \frac{a \cdot b}{h \cdot a \cdot b}$		1,14
	9. Fator de depreciação	Fd		0,80
	10. Coeficiente de reflexão do teto	ρ1	%	70,00
	11. Coeficiente de reflexão das paredes	ρ2	%	50,00
	Iluminação	12. Coeficiente de reflexão do piso	ρ3	%
13. Iluminância planejada		Em	lux	300,00
14. Tonalidade ou temperatura da cor		TCC	K	6.500,00
Lâmpadas e luminárias	15. Índice de reprodução de cores	IRC		80,00
	16. Tipo de lâmpada			FLUOR
	17. Potência da lâmpada	Pl	W	20,00
	18. Fluxo luminoso de cada lâmpada	φ	lúmen	900,00
	19. Número de lâmpadas por luminária	Z	unid	2,00
	20. Tipo de luminária			LAR LED T8 - SOBREPOR
	21. Fator de fluxo luminoso	BF	%	1,00
	22. Eficiência da luminária	ηl	%	0,90
	23. Eficiência do recinto	ηr	%	0,46
	24. Fator de utilização	Fu=ηl.ηr		0,41
	25. Quantidade de lâmpadas	$n = \frac{Em \cdot A}{\phi \cdot Fu \cdot BF \cdot Fd}$	unid	24,56
	26. Quantidade de luminárias	$N = (n/Z)$	unid	12,28
Cálculo	27. Quantidade de luminárias instaladas	Ni	unid	8,00
	28. Iluminância alcançada	$E = \frac{Z \cdot Ni \cdot \phi \cdot Fu \cdot BF \cdot Fd}{A}$	lux	195,46
Consumo	29. Potência total instalada	Pt = Z Ni.Pl	W	320,00
	30. Densidade de potência	D = Pt / A	W/m ²	13,11

PLANILHA PARA CÁLCULO DE ILUMINAÇÃO – MÉTODO DOS LÚMENS				
Empresa: LAB. ENG ELÉTRICA				
Recinto: LAB DE ELETRÔNICA ANALÓGICA RETROFIT			Atividade: SALA DE AULA	
	VARIÁVEL	FÓRMULA	UNIDADE	ALTERN 1
Descrição do ambiente	1. Comprimento	a	m	5,00
	2. Largura	b	m	4,88
	3. Área	A= a.b	m ²	24,40
	4. Pé-direito	H	m	2,87
	5. Altura do plano de trabalho	H _{pt}	m	0,70
	6. Altura do pendente da luminária	H _{pend}	m	0,00
	7. Pé-direito útil	h= H - H _{pt} - H _{pend}	m	2,17
	8 Índice do recinto	$K = \frac{a.b}{h.a.b}$		1,14
	9. Fator de depreciação	F _d		0,80
	10. Coeficiente de reflexão do teto	ρ ₁	%	70,00
	11. Coeficiente de reflexão das paredes	ρ ₂	%	50,00
	12. Coeficiente de reflexão do piso	ρ ₃	%	10,00
Iluminação	13. Iluminância planejada	E _m	lux	300,00
	14. Tonalidade ou temperatura da cor	TCC	K	6.500,00
	15. Índice de reprodução de cores	IRC		80,00
Lâmpadas e luminárias	16. Tipo de lâmpada			FLUOR
	17. Potência da lâmpada	P _l	W	20,00
	18. Fluxo luminoso de cada lâmpada	φ	lúmen	1.800,00
	19. Número de lâmpadas por luminária	Z	unid	2,00
	20. Tipo de luminária			LAR LED T8 - SOBREPOR
	21. Fator de fluxo luminoso	BF	%	1,00
	22. Eficiência da luminária	η _l	%	0,90
	23. Eficiência do recinto	η _r	%	0,46
	24. Fator de utilização	F _u =η _l .η _r		0,41
	25. Quantidade de lâmpadas	$n = \frac{E_m.A}{\phi.F_u.BF.F_d}$	unid	12,28
	26. Quantidade de luminárias	$N = (n/Z)$	unid	6,14
Cálculo	27. Quantidade de luminárias instaladas	N _i	unid	7,00
	28. Iluminância alcançada	$E = \frac{Z.N_i.\phi.F_u.BF.F_d}{A}$	lux	342,06
Consumo	29. Potência total instalada	P _t = Z.N _i .P _l	W	280,00
	30. Densidade de potência	D = P _t / A	W/m ²	11,48
	31. RCR	$RCR = \frac{5h.(C + L)}{A}$		4,39

PLANILHA PARA CÁLCULO DE ILUMINAÇÃO – MÉTODO DOS LÚMENS				
Empresa: LAB. ENG ELÉTRICA				
Recinto: SALA DE SUPORTE A COMPUTAÇÃO ATUAL			Atividade: DEPÓSITO	
	VARIÁVEL	FÓRMULA	UNIDADE	ALTERN 1
Descrição do ambiente	1. Comprimento	a	m	5,00
	2. Largura	b	m	4,91
	3. Área	A= a.b	m ²	24,55
	4. Pé-direito	H	m	2,87
	5. Altura do plano de trabalho	H _{pt}	m	0,91
	6. Altura do pendente da luminária	H _{pend}	m	0,00
	7. Pé-direito útil	h= H - H _{pt} - H _{pend}	m	1,96
	8 Índice do recinto	$K = \frac{a.b}{h.a.b}$		1,26
	9. Fator de depreciação	F _d		0,57
	10. Coeficiente de reflexão do teto	ρ ₁	%	70,00
	11. Coeficiente de reflexão das paredes	ρ ₂	%	50,00
	12. Coeficiente de reflexão do piso	ρ ₃	%	10,00
Iluminação	13. Iluminância planejada	E _m	lux	200,00
	14. Tonalidade ou temperatura da cor	TCC	K	6.500,00
	15. Índice de reprodução de cores	IRC		80,00
Lâmpadas e luminárias	16. Tipo de lâmpada			LED
	17. Potência da lâmpada	PI	W	20,00
	18. Fluxo luminoso de cada lâmpada	φ	lúmen	900,00
	19. Número de lâmpadas por luminária	Z	unid	2,00
	20. Tipo de luminária			LAR LED T8 - SOBREPOR
	21. Fator de fluxo luminoso	BF	%	1,00
	22. Eficiência da luminária	η _l	%	0,90
	23. Eficiência do recinto	η _r	%	0,46
	24. Fator de utilização	F _u =η _l .η _r		0,41
	25. Quantidade de lâmpadas	$n = \frac{E_m.A}{\phi.F_u.BF.F_d}$	unid	23,12
26. Quantidade de luminárias	$N = (n/Z)$	unid	11,56	
Cálculo	27. Quantidade de luminárias instaladas	N _i	unid	2,00
	28. Iluminância alcançada	$E = \frac{Z.N_i.\phi.F_u.BF.F_d}{A}$	lux	34,60
Consumo	29. Potência total instalada	P _t = Z.N _i .P _I	W	80,00
	30. Densidade de potência	D = P _t / A	W/m ²	3,26

PLANILHA PARA CÁLCULO DE ILUMINAÇÃO – MÉTODO DOS LÚMENS				
Empresa: LAB. ENG ELÉTRICA				
Recinto: SALA DE SUPORTE A COMPUTAÇÃO RETROFIT			Atividade: DEPÓSITO	
	VARIÁVEL	FÓRMULA	UNIDADE	ALTERN 1
Descrição do ambiente	1. Comprimento	a	m	5,00
	2. Largura	b	m	4,91
	3. Área	A= a.b	m2	24,55
	4. Pé-direito	H	m	2,87
	5. Altura do plano de trabalho	Hpt	m	0,91
	6. Altura do pendente da luminária	Hpend	m	0,00
	7. Pé-direito útil	h= H - Hpt - Hpend	m	1,96
	8 Índice do recinto	$K = \frac{a.b}{h.a.b}$		1,26
	9. Fator de depreciação	Fd		0,57
	10. Coeficiente de reflexão do teto	ρ_1	%	70,00
	11. Coeficiente de reflexão das paredes	ρ_2	%	50,00
	12. Coeficiente de reflexão do piso	ρ_3	%	10,00
Iluminação	13. Iluminância planejada	Em	lux	200,00
	14. Tonalidade ou temperatura da cor	TCC	K	6.500,00
	15. Índice de reprodução de cores	IRC		80,00
Lâmpadas e luminárias	16. Tipo de lâmpada			LED
	17. Potência da lâmpada	Pl	W	20,00
	18. Fluxo luminoso de cada lâmpada	ϕ	lúmen	1.800,00
	19. Número de lâmpadas por luminária	Z	unid	2,00
	20. Tipo de luminária			LAR LED T8 - SOBREPOR
	21. Fator de fluxo luminoso	BF	%	1,00
	22. Eficiência da luminária	η_l	%	0,90
	23. Eficiência do recinto	η_r	%	0,46
	24. Fator de utilização	$F_u = \eta_l \cdot \eta_r$		0,41
	25. Quantidade de lâmpadas	$n = \frac{E_m \cdot A}{\phi \cdot F_u \cdot BF \cdot Fd}$	unid	11,56
	26. Quantidade de luminárias	$N = (n/Z)$	unid	5,78
Cálculo	27. Quantidade de luminárias instaladas	Ni	unid	6,00
	28. Iluminância alcançada	$E = \frac{Z \cdot N_i \cdot \phi \cdot F_u \cdot BF \cdot Fd}{A}$	lux	207,62
Consumo	29. Potência total instalada	Pt = Z.Ni.Pl	W	240,00
	30. Densidade de potência	D = Pt / A	W/m2	9,78
	31. RCR	$RCR = \frac{5h \cdot (C + L)}{A}$		3,96

PLANILHA PARA CÁLCULO DE ILUMINAÇÃO – MÉTODO DOS LÚMENS				
Empresa: LAB. ENG ELÉTRICA				
Recinto: SALA 6 ATUAL			Atividade: LABORATÓRIO	
	VARIÁVEL	FÓRMULA	UNIDADE	ALTERN 1
Descrição do ambiente	1. Comprimento	a	m	7,56
	2. Largura	b	m	5,25
	3. Área	A= a.b	m2	39,69
	4. Pé-direito	H	m	2,87
	5. Altura do plano de trabalho	Hpt	m	
	6. Altura do pendente da luminária	Hpend	m	0,00
	7. Pé-direito útil	h= H - Hpt - Hpend	m	2,87
	8 Índice do recinto	$K = \frac{a.b}{h.a.b}$		1,08
	9. Fator de depreciação	Fd		0,80
	10. Coeficiente de reflexão do teto	p1	%	70,00
	11. Coeficiente de reflexão das paredes	p2	%	50,00
	12. Coeficiente de reflexão do piso	p3	%	10,00
Iluminação	13. Iluminância planejada	Em	lux	200,00
	14. Tonalidade ou temperatura da cor	TCC	K	5.000,00
	15. Índice de reprodução de cores	IRC		70,00
Lâmpadas e luminárias	16. Tipo de lâmpada			FLUOR
	17. Potência da lâmpada	PI	W	40,00
	18. Fluxo luminoso de cada lâmpada	φ	lúmen	2.600,00
	19. Número de lâmpadas por luminária	Z	unid	4,00
	20. Tipo de luminária			Lampada Fluor Tubular Philips - TLRS-40W-ELD
	21. Fator de fluxo luminoso	BF	%	1,00
	22. Eficiência da luminária	ηl	%	0,65
	23. Eficiência do recinto	ηr	%	0,42
	24. Fator de utilização	Fu=ηl.ηr		0,27
	25. Quantidade de lâmpadas	$n = \frac{Em.A}{\phi.Fu.BF.Fd}$	unid	13,98
	26. Quantidade de luminárias	$N = (n/Z)$	unid	3,49
Cálculo	27. Quantidade de luminárias instaladas	Ni	unid	5,00
	28. Iluminância alcançada	$E = \frac{Z.Ni.\phi.Fu.BF.Fd}{A}$	lux	286,14
Consumo	29. Potência total instalada	Pt = Z.Ni.PI	W	800,00
	30. Densidade de potência	D = Pt / A	W/m2	20,16

PLANILHA PARA CÁLCULO DE ILUMINAÇÃO – MÉTODO DOS LÚMENS				
Empresa: LAB. ENG ELÉTRICA				
Recinto: SALA 6 RETROFIT			Atividade: LABORATÓRIO	
	VARIÁVEL	FÓRMULA	UNIDADE	ALTERN 1
Descrição do ambiente	1. Comprimento	a	m	7,56
	2. Largura	b	m	5,25
	3. Área	A= a.b	m ²	39,69
	4. Pé-direito	H	m	2,87
	5. Altura do plano de trabalho	Hpt	m	
	6. Altura do pendente da luminária	Hpend	m	0,00
	7. Pé-direito útil	h= H - Hpt - Hpend	m	2,87
	8 Índice do recinto	$K = \frac{a \cdot b}{h \cdot a \cdot b}$		1,08
	9. Fator de depreciação	Fd		0,80
	10. Coeficiente de reflexão do teto	ρ_1	%	70,00
	11. Coeficiente de reflexão das paredes	ρ_2	%	50,00
	12. Coeficiente de reflexão do piso	ρ_3	%	10,00
Iluminação	13. Iluminância planejada	Em	lux	200,00
	14. Tonalidade ou temperatura da cor	TCC	K	5.000,00
	15. Índice de reprodução de cores	IRC		70,00
Lâmpadas e luminárias	16. Tipo de lâmpada			LED
	17. Potência da lâmpada	PI	W	20,00
	18. Fluxo luminoso de cada lâmpada	ϕ	lúmen	1.800,00
	19. Número de lâmpadas por luminária	Z	unid	4,00
	20. Tipo de luminária			Lampada Fluor Tubular Philips - TLRS-20W-ELD
	21. Fator de fluxo luminoso	BF	%	1,00
	22. Eficiência da luminária	η_l	%	0,90
	23. Eficiência do recinto	η_r	%	0,42
	24. Fator de utilização	Fu= $\eta_l \cdot \eta_r$		0,38
	25. Quantidade de lâmpadas	$n = \frac{Em \cdot A}{\phi \cdot Fu \cdot BF \cdot Fd}$	unid	14,58
	26. Quantidade de luminárias	$N = (n/Z)$	unid	3,65
Cálculo	27. Quantidade de luminárias instaladas	Ni	unid	4,00
	28. Iluminância alcançada	$E = \frac{Z \cdot Ni \cdot \phi \cdot Fu \cdot BF \cdot Fd}{A}$	lux	219,43
Consumo	29. Potência total instalada	Pt = Z.Ni.PI	W	320,00
	30. Densidade de potência	D = Pt / A	W/m ²	8,06
	31. RCR	$RCR = \frac{5h \cdot (C + L)}{A}$		4,63

PLANILHA PARA CÁLCULO DE ILUMINAÇÃO – MÉTODO DOS LÚMENS				
Empresa: LAB. ENG ELÉTRICA				
Recinto: LASER ATUAL			Atividade: LABORATÓRIO	
	VARIÁVEL	FÓRMULA	UNIDADE	ALTERN 1
Descrição do ambiente	1. Comprimento	a	m	5,00
	2. Largura	b	m	4,90
	3. Área	A= a.b	m2	24,50
	4. Pé-direito	H	m	2,87
	5. Altura do plano de trabalho	Hpt	m	0,77
	6. Altura do pendente da luminária	Hpend	m	0,00
	7. Pé-direito útil	h= H - Hpt - Hpend	m	2,10
	8 Índice do recinto	$K = \frac{a \cdot b}{h \cdot a \cdot b}$		1,18
	9. Fator de depreciação	Fd		0,80
	10. Coeficiente de reflexão do teto	ρ_1	%	70,00
	11. Coeficiente de reflexão das paredes	ρ_2	%	50,00
	12. Coeficiente de reflexão do piso	ρ_3	%	10,00
Iluminação	13. Iluminância planejada	Em	lux	200,00
	14. Tonalidade ou temperatura da cor	TCC	K	5.000,00
	15. Índice de reprodução de cores	IRC		70,00
Lâmpadas e luminárias	16. Tipo de lâmpada			FLUOR
	17. Potência da lâmpada	Pl	W	40,00
	18. Fluxo luminoso de cada lâmpada	φ	lúmen	2.600,00
	19. Número de lâmpadas por luminária	Z	unid	4,00
	20. Tipo de luminária			Lampada Fluor Tubular Philips - TLRS-40W-ELD
	21. Fator de fluxo luminoso	BF	%	1,00
	22. Eficiência da luminária	η_l	%	0,65
	23. Eficiência do recinto	η_r	%	0,46
	24. Fator de utilização	$F_u = \eta_l \cdot \eta_r$		0,30
	25. Quantidade de lâmpadas	$n = \frac{E_m \cdot A}{\varphi \cdot F_u \cdot BF \cdot Fd}$	unid	7,88
	26. Quantidade de luminárias	$N = (n/Z)$	unid	1,97
	Cálculo	27. Quantidade de luminárias instaladas	Ni	unid
28. Iluminância alcançada		$E = \frac{Z \cdot N_i \cdot \varphi \cdot F_u \cdot BF \cdot Fd}{A}$	lux	609,23
Consumo	29. Potência total instalada	Pt = Z.Ni.Pl	W	960,00
	30. Densidade de potência	D = Pt / A	W/m2	39,18

PLANILHA PARA CÁLCULO DE ILUMINAÇÃO – MÉTODO DOS LÚMENS				
Empresa: LAB. ENG ELÉTRICA				
Recinto: LASER RETROFIT			Atividade: SALA DE AULA	
	VARIÁVEL	FÓRMULA	UNIDADE	ALTERN 1
Descrição do ambiente	1. Comprimento	a	m	5,00
	2. Largura	b	m	4,90
	3. Área	$A = a.b$	m ²	24,50
	4. Pé-direito	H	m	2,87
	5. Altura do plano de trabalho	H _{pt}	m	0,77
	6. Altura do pendente da luminária	H _{pend}	m	0,00
	7. Pé-direito útil	$h = H - H_{pt} - H_{pend}$	m	2,10
	8 Índice do recinto	$K = \frac{a.b}{h.a.b}$		1,18
	9. Fator de depreciação	F _d		0,80
	10. Coeficiente de reflexão do teto	ρ ₁	%	70,00
	11. Coeficiente de reflexão das paredes	ρ ₂	%	50,00
	12. Coeficiente de reflexão do piso	ρ ₃	%	10,00
Iluminação	13. Iluminância planejada	E _m	lux	300,00
	14. Tonalidade ou temperatura da cor	TCC	K	5.000,00
	15. Índice de reprodução de cores	IRC		70,00
Lâmpadas e luminárias	16. Tipo de lâmpada			FLUOR
	17. Potência da lâmpada	PI	W	20,00
	18. Fluxo luminoso de cada lâmpada	φ	lúmen	1.800,00
	19. Número de lâmpadas por luminária	Z	unid	2,00
	20. Tipo de luminária			Lampada Fluor Tubular Philips - TLRS-20W-ELD
	21. Fator de fluxo luminoso	BF	%	1,00
	22. Eficiência da luminária	η _l	%	0,90
	23. Eficiência do recinto	η _r	%	0,46
	24. Fator de utilização	$F_u = \eta_l \cdot \eta_r$		0,41
	25. Quantidade de lâmpadas	$n = \frac{E_m \cdot A}{\phi \cdot F_u \cdot BF \cdot F_d}$	unid	12,33
Cálculo	26. Quantidade de luminárias	$N = (n/Z)$	unid	6,16
	27. Quantidade de luminárias instaladas	N _i	unid	7,00
	28. Iluminância alcançada	$E = \frac{Z \cdot N_i \cdot \phi \cdot F_u \cdot BF \cdot F_d}{A}$	lux	340,66
Consumo	29. Potência total instalada	P _t = Z.N _i .PI	W	280,00
	30. Densidade de potência	D = P _t / A	W/m ²	11,43
	31. RCR	$RCR = \frac{5h \cdot (C + L)}{A}$		4,24

PLANILHA PARA CÁLCULO DE ILUMINAÇÃO – MÉTODO DOS LÚMENS				
Empresa: LAB. ENG ELÉTRICA				
Recinto: LINC ATUAL			Atividade: LABORATÓRIO	
	VARIÁVEL	FÓRMULA	UNIDADE	ALTERN 1
Descrição do ambiente	1. Comprimento	a	m	5,00
	2. Largura	b	m	4,85
	3. Área	A= a.b	m2	24,25
	4. Pé-direito	H	m	2,87
	5. Altura do plano de trabalho	Hpt	m	0,77
	6. Altura do pendente da luminária	Hpend	m	0,00
	7. Pé-direito útil	h= H - Hpt - Hpend	m	2,10
	8 Índice do recinto	$K = \frac{a.b}{h.a.b}$		1,17
	9. Fator de depreciação	Fd		0,80
	10. Coeficiente de reflexão do teto	ρ_1	%	70,00
	11. Coeficiente de reflexão das paredes	ρ_2	%	50,00
	12. Coeficiente de reflexão do piso	ρ_3	%	10,00
Iluminação	13. Iluminância planejada	Em	lux	200,00
	14. Tonalidade ou temperatura da cor	TCC	K	5.000,00
	15. Índice de reprodução de cores	IRC		70,00
Lâmpadas e luminárias	16. Tipo de lâmpada			FLUOR
	17. Potência da lâmpada	PI	W	40,00
	18. Fluxo luminoso de cada lâmpada	ϕ	lúmen	2.600,00
	19. Número de lâmpadas por luminária	Z	unid	4,00
	20. Tipo de luminária			Lampada Fluor Tubular Philips - TLRS-40W-ELD
	21. Fator de fluxo luminoso	BF	%	1,00
	22. Eficiência da luminária	η_l	%	0,65
	23. Eficiência do recinto	η_r	%	0,46
	24. Fator de utilização	$F_u = \eta_l \cdot \eta_r$		0,30
	25. Quantidade de lâmpadas	$n = \frac{E_m \cdot A}{\phi \cdot F_u \cdot BF \cdot Fd}$	unid	7,80
	26. Quantidade de luminárias	$N = (n/Z)$	unid	1,95
Cálculo	27. Quantidade de luminárias instaladas	Ni	unid	4,00
	28. Iluminância alcançada	$E = \frac{Z \cdot N_i \cdot \phi \cdot F_u \cdot BF \cdot Fd}{A}$	lux	410,34
Consumo	29. Potência total instalada	$P_t = Z \cdot N_i \cdot P_l$	W	640,00
	30. Densidade de potência	$D = P_t / A$	W/m2	26,39

PLANILHA PARA CÁLCULO DE ILUMINAÇÃO – MÉTODO DOS LÚMENS				
Empresa: LAB. ENG ELÉTRICA				
Recinto: LINC RETROFIT			Atividade: LABORATÓRIO	
	VARIÁVEL	FÓRMULA	UNIDADE	ALTERN 1
Descrição do ambiente	1. Comprimento	a	m	5,00
	2. Largura	b	m	4,85
	3. Área	A= a.b	m2	24,25
	4. Pé-direito	H	m	2,87
	5. Altura do plano de trabalho	Hpt	m	0,77
	6. Altura do pendente da luminária	Hpend	m	0,00
	7. Pé-direito útil	h= H - Hpt - Hpend	m	2,10
	8 Índice do recinto	$K = \frac{a.b}{h.a.b}$		1,17
	9. Fator de depreciação	Fd		0,80
	10. Coeficiente de reflexão do teto	ρ_1	%	70,00
	11. Coeficiente de reflexão das paredes	ρ_2	%	50,00
	12. Coeficiente de reflexão do piso	ρ_3	%	10,00
Iluminação	13. Iluminância planejada	Em	lux	200,00
	14. Tonalidade ou temperatura da cor	TCC	K	5.000,00
	15. Índice de reprodução de cores	IRC		70,00
Lâmpadas e luminárias	16. Tipo de lâmpada			LED
	17. Potência da lâmpada	PI	W	20,00
	18. Fluxo luminoso de cada lâmpada	ϕ	lúmen	1.800,00
	19. Número de lâmpadas por luminária	Z	unid	2,00
	20. Tipo de luminária			Lampada Fluor Tubular Philips - TLRS-20W-ELD
	21. Fator de fluxo luminoso	BF	%	1,00
	22. Eficiência da luminária	η_l	%	0,90
	23. Eficiência do recinto	η_r	%	0,46
	24. Fator de utilização	$F_u = \eta_l \cdot \eta_r$		0,41
	25. Quantidade de lâmpadas	$n = \frac{Em.A}{\phi.F_u.BF.Fd}$	unid	8,14
	26. Quantidade de luminárias	$N = (n/Z)$	unid	4,07
Cálculo	27. Quantidade de luminárias instaladas	Ni	unid	5,00
	28. Iluminância alcançada	$E = \frac{Z.Ni.\phi.F_u.BF.Fd}{A}$	lux	245,84
Consumo	29. Potência total instalada	Pt = Z.Ni.PI	W	200,00
	30. Densidade de potência	D = Pt / A	W/m2	8,25
	31. RCR	$RCR = \frac{5h.(C + L)}{A}$		4,26

PLANILHA PARA CÁLCULO DE ILUMINAÇÃO – MÉTODO DOS LÚMENS				
Empresa: LAB. ENG ELÉTRICA				
Recinto: AUDITÓRIO ATUAL			Atividade: Auditório	
	VARIÁVEL	FÓRMULA	UNIDADE	ALTERN 1
Descrição do ambiente	1. Comprimento	a	m	9,90
	2. Largura	b	m	5,00
	3. Área	A= a.b	m ²	49,50
	4. Pé-direito	H	m	2,87
	5. Altura do plano de trabalho	Hpt	m	0,70
	6. Altura do pendente da luminária	Hpend	m	0,00
	7. Pé-direito útil	h= H - Hpt - Hpend	m	2,17
	8 Índice do recinto	$K = \frac{a.b}{h.a.b}$		1,53
	9. Fator de depreciação	Fd		0,80
	10. Coeficiente de reflexão do teto	p1	%	70,00
	11. Coeficiente de reflexão das paredes	p2	%	50,00
	12. Coeficiente de reflexão do piso	p3	%	10,00
Iluminação	13. Iluminância planejada	Em	lux	200,00
	14. Tonalidade ou temperatura da cor	TCC	K	5.000,00
	15. Índice de reprodução de cores	IRC		70,00
Lâmpadas e luminárias	16. Tipo de lâmpada			FLUOR
	17. Potência da lâmpada	PI	W	40,00
	18. Fluxo luminoso de cada lâmpada	φ	lúmen	2.600,00
	19. Número de lâmpadas por luminária	Z	unid	4,00
	20. Tipo de luminária			Lampada Fluor Tubular Philips - TLRS-40W-ELD
	21. Fator de fluxo luminoso	BF	%	1,00
	22. Eficiência da luminária	ηl	%	0,65
	23. Eficiência do recinto	ηr	%	0,46
	24. Fator de utilização	Fu=ηl.ηr		0,30
	25. Quantidade de lâmpadas	$n = \frac{Em.A}{\phi.Fu.BF.Fd}$	unid	15,92
	26. Quantidade de luminárias	$N = (n/Z)$	unid	3,98
	27. Quantidade de luminárias instaladas	Ni	unid	8,00
	Cálculo	28. Iluminância alcançada	$E = \frac{Z.Ni.\phi.Fu.BF.Fd}{A}$	lux
Consumo	29. Potência total instalada	Pt = Z Ni.PI	W	1.280,00
	30. Densidade de potência	D = Pt / A	W/m ²	25,86

PLANILHA PARA CÁLCULO DE ILUMINAÇÃO – MÉTODO DOS LÚMENS					
Empresa: LAB. ENG ELÉTRICA					
Recinto: AUDITÓRIO RETROFIT			Atividade: Auditório		
	VARIÁVEL	FÓRMULA	UNIDADE	ALTERN 1	
Descrição do ambiente	1. Comprimento	a	m	9,90	
	2. Largura	b	m	5,00	
	3. Área	A= a.b	m2	49,50	
	4. Pé-direito	H	m	2,87	
	5. Altura do plano de trabalho	Hpt	m	0,70	
	6. Altura do pendente da luminária	Hpend	m	0,00	
	7. Pé-direito útil	h= H - Hpt - Hpend	m	2,17	
	8 Índice do recinto	$K = \frac{a.b}{h.a.b}$		1,53	
	9. Fator de depreciação	Fd		0,80	
	10. Coeficiente de reflexão do teto	ρ_1	%	70,00	
	11. Coeficiente de reflexão das paredes	ρ_2	%	50,00	
	12. Coeficiente de reflexão do piso	ρ_3	%	10,00	
Iluminação	13. Iluminância planejada	Em	lux	200,00	
	14. Tonalidade ou temperatura da cor	TCC	K	5.000,00	
	15. Índice de reprodução de cores	IRC		70,00	
Lâmpadas e luminárias	16. Tipo de lâmpada			LED	
	17. Potência da lâmpada	PI	W	20,00	
	18. Fluxo luminoso de cada lâmpada	ϕ	lúmen	1.800,00	
	19. Número de lâmpadas por luminária	Z	unid	3,00	
	20. Tipo de luminária			Lampada Fluor Tubular Philips - TLRS-20W-ELD	
	21. Fator de fluxo luminoso	BF	%	1,00	
	22. Eficiência da luminária	η_l	%	0,90	
	23. Eficiência do recinto	η_r	%	0,46	
	24. Fator de utilização	$F_u = \eta_l \cdot \eta_r$		0,41	
	25. Quantidade de lâmpadas	$n = \frac{E_m \cdot A}{\phi \cdot F_u \cdot BF \cdot F_d}$	unid	16,61	
	26. Quantidade de luminárias	$N = (n/Z)$	unid	5,54	
	Cálculo	27. Quantidade de luminárias instaladas	Ni	unid	6,00
		28. Iluminância alcançada	$E = \frac{Z \cdot N_i \cdot \phi \cdot F_u \cdot BF \cdot F_d}{A}$	lux	216,79
	Consumo	29. Potência total instalada	Pt = Z.Ni.PI	W	360,00
30. Densidade de potência		D = Pt / A	W/m2	7,27	
31. RCR		$RCR = \frac{5h \cdot (C + L)}{A}$		3,27	

PLANILHA PARA CÁLCULO DE ILUMINAÇÃO – MÉTODO DOS LÚMENS				
Empresa: LAB. ENG ELÉTRICA				
Recinto: OFICINA DE MANUTENÇÃO ATUAL			Atividade: LABORATÓRIO	
	VARIÁVEL	FÓRMULA	UNIDADE	ALTERN 1
Descrição do ambiente	1. Comprimento	a	m	5,00
	2. Largura	b	m	4,85
	3. Área	A= a.b	m2	24,25
	4. Pé-direito	H	m	2,87
	5. Altura do plano de trabalho	Hpt	m	0,77
	6. Altura do pendente da luminária	Hpend	m	0,00
	7. Pé-direito útil	h= H - Hpt - Hpend	m	2,10
	8 Índice do recinto	$K = \frac{a.b}{h.a.b}$		1,17
	9. Fator de depreciação	Fd		0,80
	10. Coeficiente de reflexão do teto	p1	%	70,00
	11. Coeficiente de reflexão das paredes	p2	%	50,00
	12. Coeficiente de reflexão do piso	p3	%	10,00
Iluminação	13. Iluminância planejada	Em	lux	200,00
	14. Tonalidade ou temperatura da cor	TCC	K	5.000,00
	15. Índice de reprodução de cores	IRC		70,00
Lâmpadas e luminárias	16. Tipo de lâmpada			FLUOR
	17. Potência da lâmpada	Pl	W	40,00
	18. Fluxo luminoso de cada lâmpada	φ	lúmen	2.600,00
	19. Número de lâmpadas por luminária	Z	unid	4,00
	20. Tipo de luminária			Lampada Fluor Tubular Philips - TLRS-40W-ELD
	21. Fator de fluxo luminoso	BF	%	1,00
	22. Eficiência da luminária	ηl	%	0,65
	23. Eficiência do recinto	ηr	%	0,46
	24. Fator de utilização	Fu=ηl.ηr		0,30
	25. Quantidade de lâmpadas	$n = \frac{Em.A}{\phi.Fu.BF.Fd}$	unid	7,80
	26. Quantidade de luminárias	$N = (n/Z)$	unid	1,95
Cálculo	27. Quantidade de luminárias instaladas	Ni	unid	1,00
	28. Iluminância alcançada	$E = \frac{Z.Ni.\phi.Fu.BF.Fd}{A}$	lux	102,58
Consumo	29. Potência total instalada	Pt = Z.Ni.Pl	W	160,00
	30. Densidade de potência	D = Pt / A	W/m2	6,60

PLANILHA PARA CÁLCULO DE ILUMINAÇÃO – MÉTODO DOS LÚMENS				
Empresa: LAB. ENG ELÉTRICA				
Recinto: OFICINA DE MANUTENÇÃO RETROFIT			Atividade: LABORATÓRIO	
	VARIÁVEL	FÓRMULA	UNIDADE	ALTERN 1
Descrição do ambiente	1. Comprimento	a	m	5,00
	2. Largura	b	m	4,85
	3. Área	A= a.b	m2	24,25
	4. Pé-direito	H	m	2,87
	5. Altura do plano de trabalho	Hpt	m	0,77
	6. Altura do pendente da luminária	Hpend	m	0,00
	7. Pé-direito útil	h= H - Hpt - Hpend	m	2,10
	8 Índice do recinto	$K = \frac{a.b}{h.a.b}$		1,17
	9. Fator de depreciação	Fd		0,80
	10. Coeficiente de reflexão do teto	ρ_1	%	70,00
	11. Coeficiente de reflexão das paredes	ρ_2	%	50,00
	12. Coeficiente de reflexão do piso	ρ_3	%	10,00
Iluminação	13. Iluminância planejada	Em	lux	200,00
	14. Tonalidade ou temperatura da cor	TCC	K	5.000,00
	15. Índice de reprodução de cores	IRC		70,00
Lâmpadas e luminárias	16. Tipo de lâmpada			LED
	17. Potência da lâmpada	PI	W	20,00
	18. Fluxo luminoso de cada lâmpada	ϕ	lúmen	1.800,00
	19. Número de lâmpadas por luminária	Z	unid	3,00
	20. Tipo de luminária			Lampada Fluor Tubular Philips - TLRS-20W-ELD
	21. Fator de fluxo luminoso	BF	%	1,00
	22. Eficiência da luminária	η_l	%	0,90
	23. Eficiência do recinto	η_r	%	0,46
	24. Fator de utilização	$F_u = \eta_l \cdot \eta_r$		0,41
	25. Quantidade de lâmpadas	$n = \frac{Em.A}{\phi.F_u.BF.Fd}$	unid	8,14
	26. Quantidade de luminárias	$N = (n/Z)$	unid	2,71
Cálculo	27. Quantidade de luminárias instaladas	Ni	unid	3,00
	28. Iluminância alcançada	$E = \frac{Z.Ni.\phi.F_u.BF.Fd}{A}$	lux	221,26
Consumo	29. Potência total instalada	$P_t = Z.Ni.PI$	W	180,00
	30. Densidade de potência	$D = P_t / A$	W/m2	7,42
	31. RCR	$RCR = \frac{5h.(C + L)}{A}$		4,26

PLANILHA PARA CÁLCULO DE ILUMINAÇÃO – MÉTODO DOS LÚMENS				
Empresa: LAB. ENG ELÉTRICA				
Recinto: TI DE COMPUTAÇÃO ATUAL			Atividade: LABORATÓRIO	
	VARIÁVEL	FÓRMULA	UNIDADE	ALTERN 1
Descrição do ambiente	1. Comprimento	a	m	5,00
	2. Largura	b	m	2,56
	3. Área	A= a.b	m2	12,80
	4. Pé-direito	H	m	2,87
	5. Altura do plano de trabalho	Hpt	m	0,77
	6. Altura do pendente da luminária	Hpend	m	0,00
	7. Pé-direito útil	h= H - Hpt - Hpend	m	2,10
	8 Índice do recinto	$K = \frac{a.b}{h.a.b}$		0,81
	9. Fator de depreciação	Fd		0,80
	10. Coeficiente de reflexão do teto	ρ_1	%	70,00
	11. Coeficiente de reflexão das paredes	ρ_2	%	50,00
	12. Coeficiente de reflexão do piso	ρ_3	%	10,00
Iluminação	13. Iluminância planejada	Em	lux	200,00
	14. Tonalidade ou temperatura da cor	TCC	K	5.000,00
	15. Índice de reprodução de cores	IRC		70,00
Lâmpadas e luminárias	16. Tipo de lâmpada			FLUOR
	17. Potência da lâmpada	PI	W	40,00
	18. Fluxo luminoso de cada lâmpada	ϕ	lúmen	2.600,00
	19. Número de lâmpadas por luminária	Z	unid	4,00
	20. Tipo de luminária			Lampada Fluor Tubular Philips - TLRS-40W-ELD
	21. Fator de fluxo luminoso	BF	%	1,00
	22. Eficiência da luminária	η_l	%	0,65
	23. Eficiência do recinto	η_r	%	0,38
	24. Fator de utilização	$F_u = \eta_l \cdot \eta_r$		0,25
	25. Quantidade de lâmpadas	$n = \frac{Em.A}{\phi.F_u.BF.Fd}$	unid	4,98
	26. Quantidade de luminárias	$N = (n/Z)$	unid	1,25
Cálculo	27. Quantidade de luminárias instaladas	Ni	unid	1,00
	28. Iluminância alcançada	$E = \frac{Z.Ni.\phi.F_u.BF.Fd}{A}$	lux	160,55
Consumo	29. Potência total instalada	Pt = Z.Ni.PI	W	160,00
	30. Densidade de potência	D = Pt / A	W/m2	12,50

PLANILHA PARA CÁLCULO DE ILUMINAÇÃO – MÉTODO DOS LÚMENS				
Empresa: LAB. ENG ELÉTRICA				
Recinto: TI DE COMPUTAÇÃO RETROFIT			Atividade: LABORATÓRIO	
	VARIÁVEL	FÓRMULA	UNIDADE	ALTERN 1
Descrição do ambiente	1. Comprimento	a	m	5,00
	2. Largura	b	m	2,56
	3. Área	A= a.b	m2	12,80
	4. Pé-direito	H	m	2,87
	5. Altura do plano de trabalho	Hpt	m	0,77
	6. Altura do pendente da luminária	Hpend	m	0,00
	7. Pé-direito útil	h= H - Hpt - Hpend	m	2,10
	8 Índice do recinto	$K = \frac{a \cdot b}{h \cdot a \cdot b}$		0,81
	9. Fator de depreciação	Fd		0,80
	10. Coeficiente de reflexão do teto	ρ_1	%	70,00
	11. Coeficiente de reflexão das paredes	ρ_2	%	50,00
	12. Coeficiente de reflexão do piso	ρ_3	%	10,00
Iluminação	13. Iluminância planejada	Em	lux	200,00
	14. Tonalidade ou temperatura da cor	TCC	K	5 000,00
	15. Índice de reprodução de cores	IRC		70,00
Lâmpadas e luminárias	16. Tipo de lâmpada			LED
	17. Potência da lâmpada	PI	W	20,00
	18. Fluxo luminoso de cada lâmpada	ϕ	lúmen	1.800,00
	19. Número de lâmpadas por luminária	Z	unid	3,00
	20. Tipo de luminária			Lampada Fluor Tubular Philips - TLRS-20W-ELD
	21. Fator de fluxo luminoso	BF	%	1,00
	22. Eficiência da luminária	η_l	%	0,90
	23. Eficiência do recinto	η_r	%	0,38
	24. Fator de utilização	$F_u = \eta_l \cdot \eta_r$		0,34
	25. Quantidade de lâmpadas	$n = \frac{E_m \cdot A}{\phi \cdot F_u \cdot BF \cdot F_d}$	unid	5,20
Cálculo	26. Quantidade de luminárias	$N = (n/Z)$	unid	1,73
	27. Quantidade de luminárias instaladas	Ni	unid	2,00
	28. Iluminância alcançada	$E = \frac{Z \cdot N_i \cdot \phi \cdot F_u \cdot BF \cdot F_d}{A}$	lux	230,85
Consumo	29. Potência total instalada	$P_t = Z \cdot N_i \cdot P_i$	W	120,00
	30. Densidade de potência	$D = P_t / A$	W/m2	9,38
	31. RCR	$RCR = \frac{5h \cdot (C + L)}{A}$		6,20

PLANILHA PARA CÁLCULO DE ILUMINAÇÃO – MÉTODO DOS LÚMENS				
Empresa: LAB. ENG ELÉTRICA				
Recinto: LABORATÓRIO DE ELETRÔNICA E CONTROLE ATUAL			Atividade: SALA DE AULA	
	VARIÁVEL	FÓRMULA	UNIDADE	ALTERN 1
Descrição do ambiente	1. Comprimento	a	m	7,32
	2. Largura	b	m	5,00
	3. Área	A= a.b	m ²	36,60
	4. Pé-direito	H	m	2,87
	5. Altura do plano de trabalho	Hpt	m	0,70
	6. Altura do pendente da luminária	Hpend	m	0,00
	7. Pé-direito útil	h= H - Hpt - Hpend	m	2,17
	8 Índice do recinto	$K = \frac{a \cdot b}{h \cdot a \cdot b}$		1,37
	9. Fator de depreciação	Fd		0,80
	10. Coeficiente de reflexão do teto	ρ1	%	70,00
	11. Coeficiente de reflexão das paredes	ρ2	%	50,00
	Iluminação	12. Coeficiente de reflexão do piso	ρ3	%
13. Iluminância planejada		Em	lux	300,00
14. Tonalidade ou temperatura da cor		TCC	K	5.000,00
15. Índice de reprodução de cores		IRC		70,00
Lâmpadas e luminárias	16. Tipo de lâmpada			LED
	17. Potência da lâmpada	PI	W	20,00
	18. Fluxo luminoso de cada lâmpada	φ	lúmen	900,00
	19. Número de lâmpadas por luminária	Z	unid	2,00
	20. Tipo de luminária			LAR LED T8 - SOBREPOR
	21. Fator de fluxo luminoso	BF	%	1,00
	22. Eficiência da luminária	ηl	%	0,90
	23. Eficiência do recinto	ηr	%	0,48
	24. Fator de utilização	Fu=ηl.ηr		0,43
	25. Quantidade de lâmpadas	$n = \frac{Em \cdot A}{\phi \cdot Fu \cdot BF \cdot Fd}$	unid	35,30
26. Quantidade de luminárias	$N = (n/Z)$	unid	17,65	
Cálculo	27. Quantidade de luminárias instaladas	Ni	unid	6,00
	28. Iluminância alcançada	$E = \frac{Z \cdot Ni \cdot \phi \cdot Fu \cdot BF \cdot Fd}{A}$	lux	101,98
Consumo	29. Potência total instalada	Pt = Z.Ni.PI	W	240,00
	30. Densidade de potência	D = Pt / A	W/m ²	6,56

PLANILHA PARA CÁLCULO DE ILUMINAÇÃO – MÉTODO DOS LÚMENS				
Empresa: LAB. ENG ELÉTRICA				
Recinto: LABORATÓRIO DE ELETRÔNICA E CONTROLE RETROFIT			Atividade: SALA DE AULA	
	VARIÁVEL	FÓRMULA	UNIDADE	ALTERN 1
Descrição do ambiente	1. Comprimento	a	m	7,32
	2. Largura	b	m	5,00
	3. Área	A= a.b	m ²	36,60
	4. Pé-direito	H	m	2,87
	5. Altura do plano de trabalho	H _{pt}	m	0,70
	6. Altura do pendente da luminária	H _{pend}	m	0,00
	7. Pé-direito útil	h= H - H _{pt} - H _{pend}	m	2,17
	8 Índice do recinto	$K = \frac{a.b}{h.a.b}$		1,37
	9. Fator de depreciação	F _d		0,80
	10. Coeficiente de reflexão do teto	ρ ₁	%	70,00
	11. Coeficiente de reflexão das paredes	ρ ₂	%	50,00
	12. Coeficiente de reflexão do piso	ρ ₃	%	10,00
Iluminação	13. Iluminância planejada	E _m	lux	300,00
	14. Tonalidade ou temperatura da cor	TCC	K	5.000,00
	15. Índice de reprodução de cores	IRC		70,00
Lâmpadas e luminárias	16. Tipo de lâmpada			LED
	17. Potência da lâmpada	PI	W	20,00
	18. Fluxo luminoso de cada lâmpada	φ	lúmen	1.800,00
	19. Número de lâmpadas por luminária	Z	unid	3,00
	20. Tipo de luminária			LAR LED T8 - SOBREPOR
	21. Fator de fluxo luminoso	BF	%	1,00
	22. Eficiência da luminária	η _l	%	0,90
	23. Eficiência do recinto	η _r	%	0,48
	24. Fator de utilização	F _u =η _l .η _r		0,43
	25. Quantidade de lâmpadas	$n = \frac{Em.A}{\phi.Fu.BF.Fd}$	unid	17,65
26. Quantidade de luminárias	$N = (n/Z)$	unid	5,88	
Cálculo	27. Quantidade de luminárias instaladas	N _i	unid	6,00
	28. Iluminância alcançada	$E = \frac{Z.Ni.\phi.Fu.BF.Fd}{A}$	lux	305,94
Consumo	29. Potência total instalada	P _t = Z.N _i .PI	W	360,00
	30. Densidade de potência	D = P _t / A	W/m ²	9,84
	31. RCR	$RCR = \frac{5h.(C + L)}{A}$		3,65

PLANILHA PARA CÁLCULO DE ILUMINAÇÃO – MÉTODO DOS LÚMENS				
Empresa: LAB. ENG ELÉTRICA				
Recinto: DEPÓSITO ATUAL		Atividade: DEPÓSITO		
	VARIÁVEL	FÓRMULA	UNIDADE	ALTERN 1
Descrição do ambiente	1. Comprimento	a	m	3,50
	2. Largura	b	m	1,50
	3. Área	A= a.b	m2	5,25
	4. Pé-direito	H	m	2,87
	5. Altura do plano de trabalho	Hpt	m	0,00
	6. Altura do pendente da luminária	Hpend	m	0,00
	7. Pé-direito útil	h= H - Hpt - Hpend	m	2,87
	8 Índice do recinto	$K = \frac{a.b}{h.a.b}$		0,37
	9. Fator de depreciação	Fd		0,57
	10. Coeficiente de reflexão do teto	p1	%	70,00
	11. Coeficiente de reflexão das paredes	p2	%	50,00
	12. Coeficiente de reflexão do piso	p3	%	10,00
Iluminação	13. Iluminância planejada	Em	lux	150,00
	14. Tonalidade ou temperatura da cor	TCC	K	5.000,00
	15. Índice de reprodução de cores	IRC		70,00
Lâmpadas e luminárias	16. Tipo de lâmpada			FLUOR
	17. Potência da lâmpada	Pl	W	40,00
	18. Fluxo luminoso de cada lâmpada	φ	lúmen	2.600,00
	19. Número de lâmpadas por luminária	Z	unid	2,00
	20. Tipo de luminária			Lampada Fluor Tubular Philips - TLRS-40W-ELD
	21. Fator de fluxo luminoso	BF	%	1,00
	22. Eficiência da luminária	ηl	%	0,65
	23. Eficiência do recinto	ηr	%	0,32
	24. Fator de utilização	Fu=ηl.ηr		0,21
	25. Quantidade de lâmpadas	$n = \frac{Em.A}{\phi.Fu.BF.Fd}$	unid	2,55
	26. Quantidade de luminárias	$N = (n/Z)$	unid	1,28
Cálculo	27. Quantidade de luminárias instaladas	Ni	unid	1,00
	28. Iluminância alcançada	$E = \frac{Z.Ni.\phi.Fu.BF.Fd}{A}$	lux	117,43
Consumo	29. Potência total instalada	Pt = Z.Ni.Pl	W	80,00
	30. Densidade de potência	D = Pt / A	W/m2	15,24

PLANILHA PARA CÁLCULO DE ILUMINAÇÃO – MÉTODO DOS LÚMENS				
Empresa: LAB. ENG ELÉTRICA				
Recinto: DEPÓSITO RETROFIT		Atividade: DEPÓSITO		
	VARIÁVEL	FÓRMULA	UNIDADE	ALTERN 1
Descrição do ambiente	1. Comprimento	a	m	3,50
	2. Largura	b	m	1,50
	3. Área	A= a.b	m2	5,25
	4. Pé-direito	H	m	2,87
	5. Altura do plano de trabalho	Hpt	m	0,00
	6. Altura do pendente da luminária	Hpend	m	0,00
	7. Pé-direito útil	h= H - Hpt - Hpend	m	2,87
	8 Índice do recinto	$K = \frac{a.b}{h.a.b}$		0,37
	9. Fator de depreciação	Fd		0,57
	10. Coeficiente de reflexão do teto	p1	%	70,00
	11. Coeficiente de reflexão das paredes	p2	%	50,00
	12. Coeficiente de reflexão do piso	p3	%	10,00
Iluminação	13. Iluminância planejada	Em	lux	150,00
	14. Tonalidade ou temperatura da cor	TCC	K	5.000,00
	15. Índice de reprodução de cores	IRC		70,00
Lâmpadas e luminárias	16. Tipo de lâmpada			LED
	17. Potência da lâmpada	PI	W	10,00
	18. Fluxo luminoso de cada lâmpada	φ	lúmen	900,00
	19. Número de lâmpadas por luminária	Z	unid	3,00
	20. Tipo de luminária			LAR LED T8 - SOBREPOR
	21. Fator de fluxo luminoso	BF	%	1,00
	22. Eficiência da luminária	ηl	%	0,65
	23. Eficiência do recinto	ηr	%	0,32
	24. Fator de utilização	Fu=ηl.ηr		0,21
	25. Quantidade de lâmpadas	$n = \frac{Em.A}{\phi.Fu.BF.Fd}$	unid	7,38
Cálculo	26. Quantidade de luminárias	$N = (n Z)$	unid	2,46
	27. Quantidade de luminárias instaladas	Ni	unid	2,00
	28. Iluminância alcançada	$E = \frac{Z.Ni.\phi.Fu.BF.Fd}{A}$	lux	121,95
	29. Potência total instalada	Pt = Z.Ni.PI	W	60,00
Consumo	30. Densidade de potência	D = Pt / A	W/m2	11,43
	31. RCR	$RCR = \frac{5h.(C+L)}{A}$		13,67

PLANILHA PARA CÁLCULO DE ILUMINAÇÃO – MÉTODO DOS LÚMENS				
Empresa: LAB. ENG ELÉTRICA				
Recinto: BANHEIRO		Atividade: BANHEIROS		
	VARIÁVEL	FÓRMULA	UNIDADE	ALTERN 1
Descrição do ambiente	1. Comprimento	a	m	5,00
	2. Largura	b	m	2,50
	3. Área	A= a.b	m2	12,50
	4. Pé-direito	H	m	2,87
	5. Altura do plano de trabalho	Hpt	m	0,00
	6. Altura do pendente da luminária	Hpend	m	0,00
	7. Pé-direito útil	h= H - Hpt - Hpend	m	2,87
	8 Índice do recinto	$K = \frac{a.b}{h.a.b}$		0,58
	9. Fator de depreciação	Fd		0,80
	10. Coeficiente de reflexão do teto	ρ1	%	70,00
	11. Coeficiente de reflexão das paredes	ρ2	%	50,00
	12. Coeficiente de reflexão do piso	ρ3	%	10,00
Iluminação	13. Iluminância planejada	Em	lux	75,00
	14. Tonalidade ou temperatura da cor	TCC	K	5.000,00
	15. Índice de reprodução de cores	IRC		70,00
Lâmpadas e luminárias	16. Tipo de lâmpada			LED
	17. Potência da lâmpada	PI	W	40,00
	18. Fluxo luminoso de cada lâmpada	φ	lúmen	2.600,00
	19. Número de lâmpadas por luminária	Z	unid	2,00
	20. Tipo de luminária			LAR LED T8 - SOBREPOR
	21. Fator de fluxo luminoso	BF	%	1,00
	22. Eficiência da luminária	ηl	%	0,90
	23. Eficiência do recinto	ηr	%	0,32
	24. Fator de utilização	Fu=ηl.ηr		0,29
	25. Quantidade de lâmpadas	$n = \frac{Em.A}{\phi.Fu.BF.Fd}$	unid	1,57
26. Quantidade de luminárias	$N = (n Z)$	unid	0,78	
Cálculo	27. Quantidade de luminárias instaladas	Ni	unid	2,00
	28. Iluminância alcançada	$E = \frac{Z.Ni.\phi.Fu.BF.Fd}{A}$	lux	191,69
Consumo	29. Potência total instalada	Pt = Z.Ni.PI	W	160,00
	30. Densidade de potência	D = Pt / A	W/m2	12,80

PLANILHA PARA CÁLCULO DE ILUMINAÇÃO – MÉTODO DOS LÚMENS				
Empresa: LAB. ENG ELÉTRICA				
Recinto: CORREDOR 1 ATUAL		Atividade: CORREDOR		
	VARIÁVEL	FÓRMULA	UNIDADE	ALTERN 1
Descrição do ambiente	1. Comprimento	a	m	8,90
	2. Largura	b	m	2,00
	3. Área	A= a.b	m2	17,80
	4. Pé-direito	H	m	2,87
	5. Altura do plano de trabalho	Hpt	m	0,00
	6. Altura do pendente da luminária	Hpend	m	0,00
	7. Pé-direito útil	h= H - Hpt - Hpend	m	2,87
	8 Índice do recinto	$K = \frac{a.b}{h.a.b}$		0,57
	9. Fator de depreciação	Fd		0,80
	10. Coeficiente de reflexão do teto	ρ_1	%	70,00
	11. Coeficiente de reflexão das paredes	ρ_2	%	50,00
	12. Coeficiente de reflexão do piso	ρ_3	%	10,00
Iluminação	13. Iluminância planejada	Em	lux	100,00
	14. Tonalidade ou temperatura da cor	TCC	K	5.000,00
	15. Índice de reprodução de cores	IRC		70,00
Lâmpadas e luminárias	16. Tipo de lâmpada			LED
	17. Potência da lâmpada	Pl	W	20,00
	18. Fluxo luminoso de cada lâmpada	ϕ	lúmen	900,00
	19. Número de lâmpadas por luminária	Z	unid	2,00
	20. Tipo de luminária			LAR LED T8 - SOBREPOR
	21. Fator de fluxo luminoso	BF	%	1,00
	22. Eficiência da luminária	η_l	%	0,90
	23. Eficiência do recinto	η_r	%	0,32
	24. Fator de utilização	Fu= $\eta_l \cdot \eta_r$		0,29
	25. Quantidade de lâmpadas	$n = \frac{Em.A}{\phi.Fu.BF.Fd}$	unid	8,58
Cálculo	26. Quantidade de luminárias	$N = (n Z)$	unid	4,29
	27. Quantidade de luminárias instaladas	Ni	unid	1,00
	28. Iluminância alcançada	$E = \frac{Z.Ni.\phi.Fu.BF.Fd}{A}$	lux	23,30
Consumo	29. Potência total instalada	Pt = Z.Ni.Pl	W	40,00
	30. Densidade de potência	D = Pt / A	W/m2	2,25

PLANILHA PARA CÁLCULO DE ILUMINAÇÃO – MÉTODO DOS LÚMENS				
Empresa: LAB. ENG ELÉTRICA				
Recinto: CORREDOR 1 RETROFIT		Atividade: CORREDOR		
	VARIÁVEL	FÓRMULA	UNIDADE	ALTERN 1
Descrição do ambiente	1. Comprimento	a	m	8,90
	2. Largura	b	m	2,00
	3. Área	A= a.b	m2	17,80
	4. Pé-direito	H	m	2,87
	5. Altura do plano de trabalho	Hpt	m	0,00
	6. Altura do pendente da luminária	Hpend	m	0,00
	7. Pé-direito útil	h= H - Hpt - Hpend	m	2,87
	8 Índice do recinto	$K = \frac{a.b}{h.a.b}$		0,57
	9. Fator de depreciação	Fd		0,80
	10. Coeficiente de reflexão do teto	ρ1	%	70,00
	11. Coeficiente de reflexão das paredes	ρ2	%	50,00
	12. Coeficiente de reflexão do piso	ρ3	%	10,00
Iluminação	13. Iluminância planejada	Em	lux	100,00
	14. Tonalidade ou temperatura da cor	TCC	K	5.000,00
	15. Índice de reprodução de cores	IRC		70,00
Lâmpadas e luminárias	16. Tipo de lâmpada			LED
	17. Potência da lâmpada	Pl	W	20,00
	18. Fluxo luminoso de cada lâmpada	φ	lúmen	1.800,00
	19. Número de lâmpadas por luminária	Z	unid	3,00
	20. Tipo de luminária			LAR LED T8 - SOBREPOR
	21. Fator de fluxo luminoso	BF	%	1,00
	22. Eficiência da luminária	ηl	%	0,90
	23. Eficiência do recinto	ηr	%	0,32
	24. Fator de utilização	Fu=ηl.ηr		0,29
	25. Quantidade de lâmpadas	$n = \frac{Em.A}{\phi.Fu.BF.Fd}$	unid	4,29
	26. Quantidade de luminárias	$N = (n/Z)$	unid	1,43
Cálculo	27. Quantidade de luminárias instaladas	Ni	unid	2,00
	28. Iluminância alcançada	$E = \frac{Z.Ni.\phi.Fu.BF.Fd}{A}$	lux	139,79
Consumo	29. Potência total instalada	Pt = Z.Ni.Pl	W	120,00
	30. Densidade de potência	D = Pt / A	W/m2	6,74
	31. RCR	$RCR = \frac{5h.(C + L)}{A}$		8,79

PLANILHA PARA CÁLCULO DE ILUMINAÇÃO – MÉTODO DOS LÚMENS				
Empresa: LAB. ENG ELÉTRICA				
Recinto: CORREDOR 2 ATUAL		Atividade: CORREDOR		
	VARIÁVEL	FÓRMULA	UNIDADE	ALTERN 1
Descrição do ambiente	1. Comprimento	a	m	18,00
	2. Largura	b	m	2,00
	3. Área	A= a.b	m2	36,00
	4. Pé-direito	H	m	2,87
	5. Altura do plano de trabalho	Hpt	m	0,00
	6. Altura do pendente da luminária	Hpend	m	0,00
	7. Pé-direito útil	h= H - Hpt - Hpend	m	2,87
	8 Índice do recinto	$K = \frac{a.b}{h.a.b}$		0,63
	9. Fator de depreciação	Fd		0,80
	10. Coeficiente de reflexão do teto	ρ_1	%	70,00
	11. Coeficiente de reflexão das paredes	ρ_2	%	50,00
	12. Coeficiente de reflexão do piso	ρ_3	%	10,00
Iluminação	13. Iluminância planejada	Em	lux	100,00
	14. Tonalidade ou temperatura da cor	TCC	K	5.000,00
	15. Índice de reprodução de cores	IRC		70,00
Lâmpadas e luminárias	16. Tipo de lâmpada			LED
	17. Potência da lâmpada	PI	W	20,00
	18. Fluxo luminoso de cada lâmpada	ϕ	lúmen	900,00
	19. Número de lâmpadas por luminária	Z	unid	2,00
	20. Tipo de luminária			LAR LED T8 - SOBREPOR
	21. Fator de fluxo luminoso	BF	%	1,00
	22. Eficiência da luminária	η_l	%	0,90
	23. Eficiência do recinto	η_r	%	0,38
	24. Fator de utilização	Fu= $\eta_l.\eta_r$		0,34
	25. Quantidade de lâmpadas	$n = \frac{Em.A}{\phi.Fu.BF.Fd}$	unid	14,62
26. Quantidade de luminárias	$N = (n/Z)$	unid	7,31	
Cálculo	27. Quantidade de luminárias instaladas	Ni	unid	4,00
	28. Iluminância alcançada	$E = \frac{Z.Ni.\phi.Fu.BF.Fd}{A}$	lux	54,72
Consumo	29. Potência total instalada	Pt = Z.Ni.PI	W	160,00
	30. Densidade de potência	D = Pt / A	W/m2	4,44

PLANILHA PARA CÁLCULO DE ILUMINAÇÃO – MÉTODO DOS LÚMENS				
Empresa: LAB. ENG ELÉTRICA				
Recinto: CORREDOR 2 RETROFIT		Atividade: CORREDOR		
	VARIÁVEL	FÓRMULA	UNIDADE	ALTERN 1
Descrição do ambiente	1. Comprimento	a	m	18,00
	2. Largura	b	m	2,00
	3. Área	A= a.b	m2	36,00
	4. Pé-direito	H	m	2,87
	5. Altura do plano de trabalho	Hpt	m	0,00
	6. Altura do pendente da luminária	Hpend	m	0,00
	7. Pé-direito útil	h= H - Hpt - Hpend	m	2,87
	8 Índice do recinto	$K = \frac{a.b}{h.a.b}$		0,63
	9. Fator de depreciação	Fd		0,80
	10. Coeficiente de reflexão do teto	ρ_1	%	70,00
	11. Coeficiente de reflexão das paredes	ρ_2	%	50,00
	12. Coeficiente de reflexão do piso	ρ_3	%	10,00
Iluminação	13. Iluminância planejada	Em	lux	100,00
	14. Tonalidade ou temperatura da cor	TCC	K	5.000,00
	15. Índice de reprodução de cores	IRC		70,00
Lâmpadas e luminárias	16. Tipo de lâmpada			LED
	17. Potência da lâmpada	PI	W	20,00
	18. Fluxo luminoso de cada lâmpada	ϕ	lúmen	1.800,00
	19. Número de lâmpadas por luminária	Z	unid	2,00
	20. Tipo de luminária			LAR LED T8 - SOBREPOR
	21. Fator de fluxo luminoso	BF	%	1,00
	22. Eficiência da luminária	η_l	%	0,90
	23. Eficiência do recinto	η_r	%	0,38
	24. Fator de utilização	$F_u = \eta_l \cdot \eta_r$		0,34
	25. Quantidade de lâmpadas	$n = \frac{Em.A}{\phi.F_u.BF.Fd}$	unid	7,31
Cálculo	26. Quantidade de luminárias	$N = (n/Z)$	unid	3,65
	27. Quantidade de luminárias instaladas	Ni	unid	4,00
	28. Iluminância alcançada	$E = \frac{Z.Ni.\phi.F_u.BF.Fd}{A}$	lux	109,44
Consumo	29. Potência total instalada	$P_t = Z.Ni.PI$	W	160,00
	30. Densidade de potência	$D = P_t / A$	W/m2	4,44
	31. RCR	$RCR = \frac{5h.(C + L)}{A}$		7,97

PLANILHA PARA CÁLCULO DE ILUMINAÇÃO – MÉTODO DOS LÚMENS				
Empresa: LAB. ENG ELÉTRICA				
Recinto: CORREDOR 3 ATUAL		Atividade: CORREDOR		
	VARIÁVEL	FÓRMULA	UNIDADE	ALTERN 1
Descrição do ambiente	1. Comprimento	a	m	7,75
	2. Largura	b	m	2,00
	3. Área	A= a.b	m2	15,50
	4. Pé-direito	H	m	2,87
	5. Altura do plano de trabalho	Hpt	m	0,00
	6. Altura do pendente da luminária	Hpend	m	0,00
	7. Pé-direito útil	h= H - Hpt - Hpend	m	2,87
	8 Índice do recinto	$K = \frac{a.b}{h.a.b}$		0,55
	9. Fator de depreciação	Fd		0,80
	10. Coeficiente de reflexão do teto	p1	%	70,00
	11. Coeficiente de reflexão das paredes	p2	%	50,00
	12. Coeficiente de reflexão do piso	p3	%	10,00
Iluminação	13. Iluminância planejada	Em	lux	100,00
	14. Tonalidade ou temperatura da cor	TCC	K	5.000,00
	15. Índice de reprodução de cores	IRC		70,00
Lâmpadas e luminárias	16. Tipo de lâmpada			FLUOR
	17. Potência da lâmpada	PI	W	40,00
	18. Fluxo luminoso de cada lâmpada	φ	lúmen	2.600,00
	19. Número de lâmpadas por luminária	Z	unid	2,00
	20. Tipo de luminária			Lampada Fluor Tubular Philips - TLRS-40W-ELD
	21. Fator de fluxo luminoso	BF	%	1,00
	22. Eficiência da luminária	ηl	%	0,65
	23. Eficiência do recinto	ηr	%	0,32
	24. Fator de utilização	Fu=ηl.ηr		0,21
	25. Quantidade de lâmpadas	$n = \frac{Em.A}{\phi.Fu.BF.Fd}$	unid	3,58
	26. Quantidade de luminárias	$N = (n/Z)$	unid	1,79
	27. Quantidade de luminárias instaladas	Ni	unid	3,00
Cálculo	28. Iluminância alcançada	$E = \frac{Z.Ni.\phi.Fu.BF.Fd}{A}$	lux	167,47
Consumo	29. Potência total instalada	Pt = Z.Ni.PI	W	240,00
	30. Densidade de potência	D = Pt / A	W/m2	15,48

PLANILHA PARA CÁLCULO DE ILUMINAÇÃO – MÉTODO DOS LÚMENS				
Empresa: LAB. ENG ELÉTRICA				
Recinto: CORREDOR3 RETROFIT		Atividade: CORREDOR		
	VARIÁVEL	FÓRMULA	UNIDADE	ALTERN 1
Descrição do ambiente	1. Comprimento	a	m	7,75
	2. Largura	b	m	2,00
	3. Área	A= a.b	m2	15,50
	4. Pé-direito	H	m	2,87
	5. Altura do plano de trabalho	Hpt	m	0,00
	6. Altura do pendente da luminária	Hpend	m	0,00
	7. Pé-direito útil	h= H - Hpt - Hpend	m	2,87
	8 Índice do recinto	$K = \frac{a.b}{h.a.b}$		0,55
	9. Fator de depreciação	Fd		0,80
	10. Coeficiente de reflexão do teto	p1	%	70,00
	11. Coeficiente de reflexão das paredes	p2	%	50,00
	12. Coeficiente de reflexão do piso	p3	%	10,00
Iluminação	13. Iluminância planejada	Em	lux	100,00
	14. Tonalidade ou temperatura da cor	TCC	K	5.000,00
	15. Índice de reprodução de cores	IRC		70,00
Lâmpadas e luminárias	16. Tipo de lâmpada			LED
	17. Potência da lâmpada	PI	W	20,00
	18. Fluxo luminoso de cada lâmpada	φ	lúmen	1.800,00
	19. Número de lâmpadas por luminária	Z	unid	2,00
	20. Tipo de luminária			LAR LED T8 - SOBREPOR
	21. Fator de fluxo luminoso	BF	%	1,00
	22. Eficiência da luminária	ηl	%	0,90
	23. Eficiência do recinto	ηr	%	0,32
	24. Fator de utilização	Fu=ηl.ηr		0,29
	25. Quantidade de lâmpadas	$n = \frac{Em.A}{\phi.Fu.BF.Fd}$	unid	3,74
Cálculo	26. Quantidade de luminárias	$N = (n Z)$	unid	1,87
	27. Quantidade de luminárias instaladas	Ni	unid	2,00
	28. Iluminância alcançada	$E = \frac{Z.Ni.\phi.Fu.BF.Fd}{A}$	lux	107,02
Consumo	29. Potência total instalada	Pt = Z.Ni.PI	W	80,00
	30. Densidade de potência	D = Pt / A	W/m2	5,16
	31. RCR	$RCR = \frac{5h.(C + L)}{A}$		9,03

PLANILHA PARA CÁLCULO DE ILUMINAÇÃO – MÉTODO DOS LÚMENS				
Empresa: LAB. ENG ELÉTRICA				
Recinto: CORREDOR 4 ATUAL		Atividade: CORREDOR		
	VARIÁVEL	FÓRMULA	UNIDADE	ALTERN 1
Descrição do ambiente	1. Comprimento	a	m	22,00
	2. Largura	b	m	1,90
	3. Área	A= a.b	m2	41,80
	4. Pé-direito	H	m	2,87
	5. Altura do plano de trabalho	Hpt	m	0,00
	6. Altura do pendente da luminária	Hpend	m	0,00
	7. Pé-direito útil	h= H - Hpt - Hpend	m	2,87
	8 Índice do recinto	$K = \frac{a.b}{h.a.b}$		0,61
	9. Fator de depreciação	Fd		0,80
	10. Coeficiente de reflexão do teto	ρ_1	%	70,00
	11. Coeficiente de reflexão das paredes	ρ_2	%	50,00
	12. Coeficiente de reflexão do piso	ρ_3	%	10,00
Iluminação	13. Iluminância planejada	Em	lux	100,00
	14. Tonalidade ou temperatura da cor	TCC	K	5.000,00
	15. Índice de reprodução de cores	IRC		70,00
Lâmpadas e luminárias	16. Tipo de lâmpada			LED
	17. Potência da lâmpada	PI	W	20,00
	18. Fluxo luminoso de cada lâmpada	ϕ	lúmen	900,00
	19. Número de lâmpadas por luminária	Z	unid	2,00
	20. Tipo de luminária			LAR LED T8 - SOBREPOR
	21. Fator de fluxo luminoso	BF	%	1,00
	22. Eficiência da luminária	η_l	%	0,90
	23. Eficiência do recinto	η_r	%	0,38
	24. Fator de utilização	$F_u = \eta_l . \eta_r$		0,34
	25. Quantidade de lâmpadas	$n = \frac{Em.A}{\phi.F_u.BF.Fd}$	unid	16,98
	26. Quantidade de luminárias	$N = (n/Z)$	unid	8,49
Cálculo	27. Quantidade de luminárias instaladas	Ni	unid	4,00
	28. Iluminância alcançada	$E = \frac{Z.Ni.\phi.F_u.BF.Fd}{A}$	lux	47,13
Consumo	29. Potência total instalada	$P_t = Z.Ni.PI$	W	160,00
	30. Densidade de potência	$D = P_t / A$	W/m2	3,83

PLANILHA PARA CÁLCULO DE ILUMINAÇÃO – MÉTODO DOS LÚMENS				
Empresa: LAB. ENG ELÉTRICA				
Recinto: CORREDOR 4 RETROFIT		Atividade: CORREDOR		
	VARIÁVEL	FÓRMULA	UNIDADE	ALTERN 1
Descrição do ambiente	1. Comprimento	a	m	22,00
	2. Largura	b	m	1,90
	3. Área	A= a.b	m2	41,80
	4. Pé-direito	H	m	2,87
	5. Altura do plano de trabalho	Hpt	m	0,00
	6. Altura do pendente da luminária	Hpend	m	0,00
	7. Pé-direito útil	h= H - Hpt - Hpend	m	2,87
	8 Índice do recinto	$K = \frac{a.b}{h.a.b}$		0,61
	9. Fator de depreciação	Fd		0,80
	10. Coeficiente de reflexão do teto	ρ1	%	70,00
	11. Coeficiente de reflexão das paredes	ρ2	%	50,00
	12. Coeficiente de reflexão do piso	ρ3	%	10,00
Iluminação	13. Iluminância planejada	Em	lux	100,00
	14. Tonalidade ou temperatura da cor	TCC	K	5.000,00
	15. Índice de reprodução de cores	IRC		70,00
Lâmpadas e luminárias	16. Tipo de lâmpada			LED
	17. Potência da lâmpada	PI	W	20,00
	18. Fluxo luminoso de cada lâmpada	φ	lúmen	1.800,00
	19. Número de lâmpadas por luminária	Z	unid	3,00
	20. Tipo de luminária			LAR LED T8 - SOBREPOR
	21. Fator de fluxo luminoso	BF	%	1,00
	22. Eficiência da luminária	ηl	%	0,90
	23. Eficiência do recinto	ηr	%	0,38
	24. Fator de utilização	Fu=ηl.ηr		0,34
	25. Quantidade de lâmpadas	$n = \frac{Em.A}{\phi.Fu.BF.Fd}$	unid	8,49
26. Quantidade de luminárias	$N = (n Z)$	unid	2,83	
Cálculo	27. Quantidade de luminárias instaladas	Ni	unid	3,00
	28. Iluminância alcançada	$E = \frac{Z.Ni.\phi.Fu.BF.Fd}{A}$	lux	106,04
Consumo	29. Potência total instalada	Pt = Z.Ni.PI	W	180,00
	30. Densidade de potência	D = Pt / A	W/m2	4,31
	31. RCR	$RCR = \frac{5h.(C + L)}{A}$		8,20

PLANILHA PARA CÁLCULO DE ILUMINAÇÃO – MÉTODO DOS LÚMENS				
Empresa: LAB. ENG ELÉTRICA				
Recinto: CORREDOR 5 ATUAL		Atividade: CORREDOR		
	VARIÁVEL	FÓRMULA	UNIDADE	ALTERN 1
Descrição do ambiente	1. Comprimento	a	m	8,96
	2. Largura	b	m	1,50
	3. Área	A= a.b	m2	13,44
	4. Pé-direito	H	m	2,87
	5. Altura do plano de trabalho	Hpt	m	0,00
	6. Altura do pendente da luminária	Hpend	m	0,00
	7. Pé-direito útil	h= H - Hpt - Hpend	m	2,87
	8 Índice do recinto	$K = \frac{a.b}{h.a.b}$		0,45
	9. Fator de depreciação	Fd		0,80
	10. Coeficiente de reflexão do teto	ρ_1	%	70,00
	11. Coeficiente de reflexão das paredes	ρ_2	%	50,00
	12. Coeficiente de reflexão do piso	ρ_3	%	10,00
Iluminação	13. Iluminância planejada	Em	lux	100,00
	14. Tonalidade ou temperatura da cor	TCC	K	5.000,00
	15. Índice de reprodução de cores	IRC		70,00
Lâmpadas e luminárias	16. Tipo de lâmpada			LED
	17. Potência da lâmpada	PI	W	20,00
	18. Fluxo luminoso de cada lâmpada	ϕ	lúmen	900,00
	19. Número de lâmpadas por luminária	Z	unid	2,00
	20. Tipo de luminária			LAR LED T8 - SOBREPOR
	21. Fator de fluxo luminoso	BF	%	1,00
	22. Eficiência da luminária	η_l	%	0,90
	23. Eficiência do recinto	η_r	%	0,32
	24. Fator de utilização	$F_u = \eta_l \cdot \eta_r$		0,29
	25. Quantidade de lâmpadas	$n = \frac{Em.A}{\phi.F_u.BF.Fd}$	unid	6,48
	26. Quantidade de luminárias	$N = (n/Z)$	unid	3,24
Cálculo	27. Quantidade de luminárias instaladas	Ni	unid	2,00
	28. Iluminância alcançada	$E = \frac{Z.Ni.\phi.F_u.BF.Fd}{A}$	lux	61,71
Consumo	29. Potência total instalada	Pt = Z.Ni.PI	W	80,00
	30. Densidade de potência	D = Pt / A	W/m2	5,95

PLANILHA PARA CÁLCULO DE ILUMINAÇÃO – MÉTODO DOS LÚMENS				
Empresa: LAB. ENG ELÉTRICA				
Recinto: CORREDOR 5 RETROFIT		Atividade: CORREDOR		
	VARIÁVEL	FÓRMULA	UNIDADE	ALTERN 1
Descrição do ambiente	1. Comprimento	a	m	8,96
	2. Largura	b	m	1,50
	3. Área	A= a.b	m2	13,44
	4. Pé-direito	H	m	2,87
	5. Altura do plano de trabalho	Hpt	m	0,00
	6. Altura do pendente da luminária	Hpend	m	0,00
	7. Pé-direito útil	h= H - Hpt - Hpend	m	2,87
	8 Índice do recinto	$K = \frac{a.b}{h.a.b}$		0,45
	9. Fator de depreciação	Fd		0,80
	10. Coeficiente de reflexão do teto	ρ_1	%	70,00
	11. Coeficiente de reflexão das paredes	ρ_2	%	50,00
	12. Coeficiente de reflexão do piso	ρ_3	%	10,00
Iluminação	13. Iluminância planejada	Em	lux	100,00
	14. Tonalidade ou temperatura da cor	TCC	K	5.000,00
	15. Índice de reprodução de cores	IRC		70,00
Lâmpadas e luminárias	16. Tipo de lâmpada			LED
	17. Potência da lâmpada	PI	W	20,00
	18. Fluxo luminoso de cada lâmpada	ϕ	lúmen	1.800,00
	19. Número de lâmpadas por luminária	Z	unid	2,00
	20. Tipo de luminária			LAR LED T8 - SOBREPOR
	21. Fator de fluxo luminoso	BF	%	1,00
	22. Eficiência da luminária	η_l	%	0,90
	23. Eficiência do recinto	η_r	%	0,32
	24. Fator de utilização	Fu= $\eta_l.\eta_r$		0,29
	25. Quantidade de lâmpadas	$n = \frac{Em.A}{\phi.Fu.BF.Fd}$	unid	3,24
26. Quantidade de luminárias	$N = (n/Z)$	unid	1,62	
Cálculo	27. Quantidade de luminárias instaladas	Ni	unid	2,00
	28. Iluminância alcançada	$E = \frac{Z.Ni.\phi.Fu.BF.Fd}{A}$	lux	123,43
Consumo	29. Potência total instalada	Pt = Z Ni.PI	W	80,00
	30. Densidade de potência	D = Pt / A	W/m2	5,95
	31. RCR	$RCR = \frac{5h.(C + L)}{A}$		11,17

PLANILHA PARA CÁLCULO DE ILUMINAÇÃO – MÉTODO DOS LÚMENS				
Empresa: LAB. ENG ELÉTRICA				
Recinto: CORREDOR 6 ATUAL		Atividade: CORREDOR		
	VARIÁVEL	FÓRMULA	UNIDADE	ALTERN 1
Descrição do ambiente	1. Comprimento	a	m	22,61
	2. Largura	b	m	1,50
	3. Área	A= a.b	m ²	33,92
	4. Pé-direito	H	m	2,87
	5. Altura do plano de trabalho	H _{pt}	m	0,00
	6. Altura do pendente da luminária	H _{pend}	m	0,00
	7. Pé-direito útil	h= H - H _{pt} - H _{pend}	m	2,87
	8 Índice do recinto	$K = \frac{a \cdot b}{h \cdot a \cdot b}$		0,49
	9. Fator de depreciação	F _d		0,80
	10. Coeficiente de reflexão do teto	ρ ₁	%	70,00
	11. Coeficiente de reflexão das paredes	ρ ₂	%	50,00
	12. Coeficiente de reflexão do piso	ρ ₃	%	10,00
Iluminação	13. Iluminância planejada	E _m	lux	100,00
	14. Tonalidade ou temperatura da cor	TCC	K	5.000,00
	15. Índice de reprodução de cores	IRC		70,00
Lâmpadas e luminárias	16. Tipo de lâmpada			LED
	17. Potência da lâmpada	PI	W	20,00
	18. Fluxo luminoso de cada lâmpada	φ	lúmen	900,00
	19. Número de lâmpadas por luminária	Z	unid	2,00
	20. Tipo de luminária			LAR LED T8 - SOBREPOR
	21. Fator de fluxo luminoso	BF	%	1,00
	22. Eficiência da luminária	η _l	%	0,90
	23. Eficiência do recinto	η _r	%	0,32
	24. Fator de utilização	F _u =η _l .η _r		0,29
	25. Quantidade de lâmpadas	$n = \frac{Em \cdot A}{\phi \cdot Fu \cdot BF \cdot Fd}$	unid	16,36
Cálculo	26. Quantidade de luminárias	$N = (n/Z)$	unid	8,18
	27. Quantidade de luminárias instaladas	N _i	unid	5,00
	28. Iluminância alcançada	$E = \frac{Z \cdot Ni \cdot \phi \cdot Fu \cdot BF \cdot Fd}{A}$	lux	61,14
Consumo	29. Potência total instalada	P _t = Z.N _i .PI	W	200,00
	30. Densidade de potência	D = P _t / A	W/m ²	5,90

PLANILHA PARA CÁLCULO DE ILUMINAÇÃO – MÉTODO DOS LÚMENS				
Empresa: LAB. ENG ELÉTRICA				
Recinto: CORREDOR 6 RETROFIT			Atividade: CORREDOR	
	VARIÁVEL	FÓRMULA	UNIDADE	ALTERN 1
Descrição do ambiente	1. Comprimento	a	m	22,61
	2. Largura	b	m	1,50
	3. Área	A= a.b	m2	33,92
	4. Pé-direito	H	m	2,87
	5. Altura do plano de trabalho	Hpt	m	0,00
	6. Altura do pendente da luminária	Hpend	m	0,00
	7. Pé-direito útil	h= H - Hpt - Hpend	m	2,87
	8 Índice do recinto	$K = \frac{a.b}{h.a.b}$		0,49
	9. Fator de depreciação	Fd		0,80
	10. Coeficiente de reflexão do teto	ρ_1	%	70,00
	11. Coeficiente de reflexão das paredes	ρ_2	%	50,00
	12. Coeficiente de reflexão do piso	ρ_3	%	10,00
Iluminação	13. Iluminância planejada	Em	lux	100,00
	14. Tonalidade ou temperatura da cor	TCC	K	5.000,00
	15. Índice de reprodução de cores	IRC		70,00
Lâmpadas e luminárias	16. Tipo de lâmpada			LED
	17. Potência da lâmpada	Pl	W	20,00
	18. Fluxo luminoso de cada lâmpada	ϕ	lúmen	1.800,00
	19. Número de lâmpadas por luminária	Z	unid	2,00
	20. Tipo de luminária			LAR LED T8 - SOBREPOR
	21. Fator de fluxo luminoso	BF	%	1,00
	22. Eficiência da luminária	η_l	%	0,90
	23. Eficiência do recinto	η_r	%	0,32
	24. Fator de utilização	Fu= $\eta_l.\eta_r$		0,29
	25. Quantidade de lâmpadas	$n = \frac{Em.A}{\phi.Fu.BF.Fd}$	unid	8,18
	26. Quantidade de luminárias	$N = (n/Z)$	unid	4,09
	27. Quantidade de luminárias instaladas	Ni	unid	5,00
Cálculo	28. Iluminância alcançada	$E = \frac{Z.Ni.\phi.Fu.BF.Fd}{A}$	lux	122,28
Consumo	29. Potência total instalada	Pt = Z.Ni.Pl	W	200,00
	30. Densidade de potência	D = Pt / A	W/m2	5,90
	31. RCR	$RCR = \frac{5h.(C + L)}{A}$		10,20

PLANILHA PARA CÁLCULO DE ILUMINAÇÃO – MÉTODO DOS LÚMENS				
Empresa: LAB. ENG ELÉTRICA				
Recinto: FÁBRICA DE SOFTWARE ATUAL		Atividade: LABORATÓRIO		
	VARIÁVEL	FÓRMULA	UNIDADE	ALTERN 1
Descrição do ambiente	1. Comprimento	a	m	4,85
	2. Largura	b	m	4,75
	3. Área	A= a.b	m2	23,04
	4. Pé-direito	H	m	2,87
	5. Altura do plano de trabalho	Hpt	m	0,77
	6. Altura do pendente da luminária	Hpend	m	0,00
	7. Pé-direito útil	h= H - Hpt - Hpend	m	2,10
	8 Índice do recinto	$K = \frac{a.b}{h.a+b}$		1,14
	9. Fator de depreciação	Fd		0,80
	10. Coeficiente de reflexão do teto	ρ_1	%	70,00
	11. Coeficiente de reflexão das paredes	ρ_2	%	50,00
	12. Coeficiente de reflexão do piso	ρ_3	%	10,00
Iluminação	13. Iluminância planejada	Em	lux	200,00
	14. Tonalidade ou temperatura da cor	TCC	K	6.500,00
	15. Índice de reprodução de cores	IRC		80,00
Lâmpadas e luminárias	16. Tipo de lâmpada			LED
	17. Potência da lâmpada	Pl	W	9,00
	18. Fluxo luminoso de cada lâmpada	ϕ	lúmen	810,00
	19. Número de lâmpadas por luminária	Z	unid	1,00
	20. Tipo de luminária			NÃO EXISTENTE
	21. Fator de fluxo luminoso	BF	%	1,00
	22. Eficiência da luminária	η_l	%	0,90
	23. Eficiência do recinto	η_r	%	0,42
	24. Fator de utilização	$F_u = \eta_l \cdot \eta_r$		0,38
	25. Quantidade de lâmpadas	$n = \frac{E_m \cdot A}{\phi \cdot F_u \cdot BF \cdot Fd}$	unid	18,81
Cálculo	26. Quantidade de luminárias	$N = (n/Z)$	unid	18,81
	27. Quantidade de luminárias instaladas	Ni	unid	4,00
Consumo	28. Iluminância alcançada	$E = \frac{Z \cdot N_i \cdot \phi \cdot F_u \cdot BF \cdot Fd}{A}$	lux	42,53
	29. Potência total instalada	$P_t = Z \cdot N_i \cdot P_l$	W	36,00
	30. Densidade de potência	$D = P_t / A$	W/m2	1,56

PLANILHA PARA CÁLCULO DE ILUMINAÇÃO – MÉTODO DOS LÚMENS				
Empresa: LAB. ENG ELÉTRICA				
Recinto: FÁBRICA DE SOFTWARE RETROFIT		Atividade: LABORATÓRIO		
	VARIÁVEL	FÓRMULA	UNIDADE	ALTERN 1
Descrição do ambiente	1. Comprimento	a	m	4,85
	2. Largura	b	m	4,75
	3. Área	A= a.b	m2	23,04
	4. Pé-direito	H	m	2,87
	5. Altura do plano de trabalho	Hpt	m	0,77
	6. Altura do pendente da luminária	Hpend	m	0,00
	7. Pé-direito útil	h= H - Hpt - Hpend	m	2,10
	8 Índice do recinto	$K = \frac{a \cdot b}{h \cdot a + b}$		1,14
	9. Fator de depreciação	Fd		0,80
	10. Coeficiente de reflexão do teto	ρ_1	%	70,00
	11. Coeficiente de reflexão das paredes	ρ_2	%	50,00
	12. Coeficiente de reflexão do piso	ρ_3	%	10,00
Iluminação	13. Iluminância planejada	Em	lux	200,00
	14. Tonalidade ou temperatura da cor	TCC	K	6.500,00
	15. Índice de reprodução de cores	IRC		80,00
Lâmpadas e luminárias	16. Tipo de lâmpada			LED
	17. Potência da lâmpada	Pl	W	20,00
	18. Fluxo luminoso de cada lâmpada	ϕ	lúmen	1.800,00
	19. Número de lâmpadas por luminária	Z	unid	2,00
	20. Tipo de luminária			LAR LED T8 - SOBREPOR
	21. Fator de fluxo luminoso	BF	%	1,00
	22. Eficiência da luminária	η_l	%	0,90
	23. Eficiência do recinto	η_r	%	0,42
	24. Fator de utilização	$F_u = \eta_l \cdot \eta_r$		0,38
	25. Quantidade de lâmpadas	$n = \frac{Em \cdot A}{\phi \cdot F_u \cdot BF \cdot Fd}$	unid	8,46
26. Quantidade de luminárias	$N = (n Z)$	unid	4,23	
Cálculo	27. Quantidade de luminárias instaladas	Ni	unid	5,00
	28. Iluminância alcançada	$E = \frac{Z \cdot Ni \cdot \phi \cdot F_u \cdot BF \cdot Fd}{A}$	lux	236,28
Consumo	29. Potência total instalada	$P_t = Z \cdot Ni \cdot P_l$	W	200,00
	30. Densidade de potência	$D = P_t / A$	W/m2	8,68
	31. RCR	$RCR = \frac{5h \cdot (C + L)}{A}$		4,38

PLANILHA PARA CÁLCULO DE ILUMINAÇÃO – MÉTODO DOS LÚMENS				
Empresa: LAB. ENG ELÉTRICA				
Recinto: PET ATUAL		Atividade: LABORATÓRIO		
	VARIÁVEL	FÓRMULA	UNIDADE	ALTERN 1
Descrição do ambiente	1. Comprimento	a	m	7,24
	2. Largura	b	m	5,00
	3. Área	$A = a.b$	m2	36,20
	4. Pé-direito	H	m	2,87
	5. Altura do plano de trabalho	Hpt	m	0,77
	6. Altura do pendente da luminária	Hpend	m	0,00
	7. Pé-direito útil	$h = H - Hpt - Hpend$	m	2,10
	8 Índice do recinto	$K = \frac{a.b}{h.a+b}$		1,41
	9. Fator de depreciação	Fd		0,80
	10. Coeficiente de reflexão do teto	ρ_1	%	70,00
	11. Coeficiente de reflexão das paredes	ρ_2	%	50,00
	12. Coeficiente de reflexão do piso	ρ_3	%	10,00
Iluminação	13. Iluminância planejada	Em	lux	200,00
	14. Tonalidade ou temperatura da cor	TCC	K	6.500,00
	15. Índice de reprodução de cores	IRC		80,00
Lâmpadas e luminárias	16. Tipo de lâmpada			LED
	17. Potência da lâmpada	Pl	W	9,00
	18. Fluxo luminoso de cada lâmpada	ϕ	lúmen	810,00
	19. Número de lâmpadas por luminária	Z	unid	1,00
	20. Tipo de luminária			NÃO EXISTENTE
	21. Fator de fluxo luminoso	BF	%	1,00
	22. Eficiência da luminária	η_l	%	0,90
	23. Eficiência do recinto	η_r	%	0,48
	24. Fator de utilização	$F_u = \eta_l . \eta_r$		0,43
	25. Quantidade de lâmpadas	$n = \frac{Em.A}{\phi.F_u.BF.Fd}$	unid	25,86
Cálculo	26. Quantidade de luminárias	$N = (n Z)$	unid	25,86
	27. Quantidade de luminárias instaladas	Ni	unid	5,00
Consumo	28. Iluminância alcançada	$E = \frac{Z.Ni.\phi.F_u.BF.Fd}{A}$	lux	38,67
	29. Potência total instalada	$Pt = Z.Ni.Pl$	W	45,00
	30. Densidade de potência	$D = Pt / A$	W/m2	1,24

PLANILHA PARA CÁLCULO DE ILUMINAÇÃO – MÉTODO DOS LÚMENS				
Empresa: LAB. ENG ELÉTRICA				
Recinto: PET RETROFIT		Atividade: LABORATÓRIO		
	VARIÁVEL	FÓRMULA	UNIDADE	ALTERN 1
Descrição do ambiente	1. Comprimento	a	m	7,24
	2. Largura	b	m	5,00
	3. Área	A= a.b	m2	36,20
	4. Pé-direito	H	m	2,87
	5. Altura do plano de trabalho	Hpt	m	0,77
	6. Altura do pendente da luminária	Hpend	m	0,00
	7. Pé-direito útil	h= H - Hpt - Hpend	m	2,10
	8 Índice do recinto	$K = \frac{a \cdot b}{h \cdot a + b}$		1,41
	9. Fator de depreciação	Fd		0,80
	10. Coeficiente de reflexão do teto	ρ_1	%	70,00
	11. Coeficiente de reflexão das paredes	ρ_2	%	50,00
	12. Coeficiente de reflexão do piso	ρ_3	%	10,00
Iluminação	13. Iluminância planejada	Em	lux	200,00
	14. Tonalidade ou temperatura da cor	TCC	K	6.500,00
	15. Índice de reprodução de cores	IRC		80,00
Lâmpadas e luminárias	16. Tipo de lâmpada			LED
	17. Potência da lâmpada	PI	W	20,00
	18. Fluxo luminoso de cada lâmpada	ϕ	lúmen	1.800,00
	19. Número de lâmpadas por luminária	Z	unid	2,00
	20. Tipo de luminária			LAR LED T8 - SOBREPOR
	21. Fator de fluxo luminoso	BF	%	1,00
	22. Eficiência da luminária	η_l	%	0,90
	23. Eficiência do recinto	η_r	%	0,48
	24. Fator de utilização	$F_u = \eta_l \cdot \eta_r$		0,43
	25. Quantidade de lâmpadas	$n = \frac{E_m \cdot A}{\phi \cdot F_u \cdot BF \cdot Fd}$	unid	11,64
Cálculo	26. Quantidade de luminárias	$N = (n Z)$	unid	5,82
	27. Quantidade de luminárias instaladas	Ni	unid	6,00
	28. Iluminância alcançada	$E = \frac{Z \cdot N_i \cdot \phi \cdot F_u \cdot BF \cdot Fd}{A}$	lux	206,21
Consumo	29. Potência total instalada	$P_t = Z \cdot N_i \cdot P_i$	W	240,00
	30. Densidade de potência	$D = P_t / A$	W/m2	6,63
	31. RCR	$RCR = \frac{5h \cdot (C + L)}{A}$		3,55

PLANILHA PARA CÁLCULO DE ILUMINAÇÃO – MÉTODO DOS LÚMENS				
Empresa: LAB. ENG ELÉTRICA				
Recinto: SALA PROF. PETRÔNIO ATUAL		Atividade: LABORATÓRIO		
	VARIÁVEL	FÓRMULA	UNIDADE	ALTERN 1
Descrição do ambiente	1. Comprimento	a	m	5,00
	2. Largura	b	m	4,90
	3. Área	A= a.b	m ²	24,50
	4. Pé-direito	H	m	2,87
	5. Altura do plano de trabalho	Hpt	m	0,77
	6. Altura do pendente da luminária	Hpend	m	0,00
	7. Pé-direito útil	h= H - Hpt - Hpend	m	2,10
	8 Índice do recinto	$K = \frac{a \cdot b}{h \cdot a + b}$		1,18
	9. Fator de depreciação	Fd		0,80
	10. Coeficiente de reflexão do teto	p1	%	70,00
	11. Coeficiente de reflexão das paredes	p2	%	50,00
	12. Coeficiente de reflexão do piso	p3	%	10,00
Iluminação	13. Iluminância planejada	Em	lux	200,00
	14. Tonalidade ou temperatura da cor	TCC	K	6.500,00
	15. Índice de reprodução de cores	IRC		80,00
Lâmpadas e luminárias	16. Tipo de lâmpada			FLUOR
	17. Potência da lâmpada	Pl	W	32,00
	18. Fluxo luminoso de cada lâmpada	φ	lúmen	1.200,00
	19. Número de lâmpadas por luminária	Z	unid	4,00
	20. Tipo de luminária			OSRAM
	21. Fator de fluxo luminoso	BF	%	1,00
	22. Eficiência da luminária	ηl	%	0,84
	23. Eficiência do recinto	ηr	%	0,46
	24. Fator de utilização	Fu=ηl.ηr		0,39
	25. Quantidade de lâmpadas	$n = \frac{Em \cdot A}{\phi \cdot Fu \cdot BF \cdot Fd}$	unid	13,21
Cálculo	26. Quantidade de luminárias	$N = (n Z)$	unid	3,30
	27. Quantidade de luminárias instaladas	Ni	unid	4,00
Consumo	28. Iluminância alcançada	$E = \frac{Z \cdot Ni \cdot \phi \cdot Fu \cdot BF \cdot Fd}{A}$	lux	242,25
	29. Potência total instalada	Pt = Z.Ni.Pl	W	512,00
	30. Densidade de potência	D = Pt / A	W/m ²	20,90

PLANILHA PARA CÁLCULO DE ILUMINAÇÃO – MÉTODO DOS LÚMENS				
Empresa: LAB. ENG ELÉTRICA				
Recinto: SALA PROF. PETRÔNIO RETROFIT		Atividade: LABORATÓRIO		
	VARIÁVEL	FÓRMULA	UNIDADE	ALTERN 1
Descrição do ambiente	1. Comprimento	a	m	5,00
	2. Largura	b	m	4,90
	3. Área	A= a.b	m ²	24,50
	4. Pé-direito	H	m	2,87
	5. Altura do plano de trabalho	Hpt	m	0,77
	6. Altura do pendente da luminária	Hpend	m	0,00
	7. Pé-direito útil	h= H - Hpt - Hpend	m	2,10
	8 Índice do recinto	$K = \frac{a \cdot b}{h \cdot a + b}$		1,18
	9. Fator de depreciação	Fd		0,80
	10. Coeficiente de reflexão do teto	ρ1	%	70,00
	11. Coeficiente de reflexão das paredes	ρ2	%	50,00
	12. Coeficiente de reflexão do piso	ρ3	%	10,00
Iluminação	13. Iluminância planejada	Em	lux	200,00
	14. Tonalidade ou temperatura da cor	TCC	K	6.500,00
	15. Índice de reprodução de cores	IRC		80,00
Lâmpadas e luminárias	16. Tipo de lâmpada			LED
	17. Potência da lâmpada	PI	W	20,00
	18. Fluxo luminoso de cada lâmpada	φ	lúmen	1.800,00
	19. Número de lâmpadas por luminária	Z	unid	2,00
	20. Tipo de luminária			LAR LED T8 - SOBREPOR
	21. Fator de fluxo luminoso	BF	%	1,00
	22. Eficiência da luminária	ηl	%	0,84
	23. Eficiência do recinto	ηr	%	0,46
	24. Fator de utilização	Fu=ηl.ηr		0,39
	25. Quantidade de lâmpadas	$n = \frac{Em \cdot A}{\phi \cdot Fu \cdot BF \cdot Fd}$	unid	8,81
Cálculo	26. Quantidade de luminárias	$N = (n Z)$	unid	4,40
	27. Quantidade de luminárias instaladas	Ni	unid	5,00
	28. Iluminância alcançada	$E = \frac{Z \cdot Ni \cdot \phi \cdot Fu \cdot BF \cdot Fd}{A}$	lux	227,11
Consumo	29. Potência total instalada	Pt = Z.Ni.PI	W	200,00
	30. Densidade de potência	D = Pt / A	W/m ²	8,16
	31. RCR	$RCR = \frac{5h \cdot (C + L)}{A}$		4,24

PLANILHA PARA CÁLCULO DE ILUMINAÇÃO – MÉTODO DOS LÚMENS				
Empresa: LAB. ENG ELÉTRICA				
Recinto: SALA PROF. TAVARES ATUAL		Atividade: LABORATÓRIO		
	VARIÁVEL	FÓRMULA	UNIDADE	ALTERN 1
Descrição do ambiente	1. Comprimento	a	m	5,00
	2. Largura	b	m	4,85
	3. Área	$A = a.b$	m ²	24,25
	4. Pé-direito	H	m	2,87
	5. Altura do plano de trabalho	H _{pt}	m	0,77
	6. Altura do pendente da luminária	H _{pend}	m	0,00
	7. Pé-direito útil	$h = H - H_{pt} - H_{pend}$	m	2,10
	8 Índice do recinto	$K = \frac{a.b}{h.a+b}$		1,17
	9. Fator de depreciação	F _d		0,80
	10. Coeficiente de reflexão do teto	ρ ₁	%	70,00
	11. Coeficiente de reflexão das paredes	ρ ₂	%	50,00
	12. Coeficiente de reflexão do piso	ρ ₃	%	10,00
Iluminação	13. Iluminância planejada	E _m	lux	200,00
	14. Tonalidade ou temperatura da cor	TCC	K	6.500,00
	15. Índice de reprodução de cores	IRC		80,00
Lâmpadas e luminárias	16. Tipo de lâmpada			FLUOR
	17. Potência da lâmpada	P _l	W	14,00
	18. Fluxo luminoso de cada lâmpada	φ	lúmen	1.200,00
	19. Número de lâmpadas por luminária	Z	unid	2,00
	20. Tipo de luminária			OSRAM
	21. Fator de fluxo luminoso	BF	%	1,00
	22. Eficiência da luminária	η _l	%	0,86
	23. Eficiência do recinto	η _r	%	0,46
	24. Fator de utilização	$F_u = \eta_l \cdot \eta_r$		0,40
	25. Quantidade de lâmpadas	$n = \frac{E_m \cdot A}{\phi \cdot F_u \cdot BF \cdot F_d}$	unid	12,77
	26. Quantidade de luminárias	$N = (n Z)$	unid	6,39
Cálculo	27. Quantidade de luminárias instaladas	N _i	unid	4,00
	28. Iluminância alcançada	$E = \frac{Z \cdot N_i \cdot \phi \cdot F_u \cdot BF \cdot F_d}{A}$	lux	125,29
Consumo	29. Potência total instalada	P _t = Z . N _i . P _l	W	112,00
	30. Densidade de potência	D = P _t / A	W/m ²	4,62

PLANILHA PARA CÁLCULO DE ILUMINAÇÃO – MÉTODO DOS LÚMENS				
Empresa: LAB. ENG ELÉTRICA				
Recinto: SALA PROF. TAVARES RETROFIT		Atividade: LABORATÓRIO		
	VARIÁVEL	FÓRMULA	UNIDADE	ALTERN 1
Descrição do ambiente	1. Comprimento	a	m	5,00
	2. Largura	b	m	4,85
	3. Área	A= a.b	m2	24,25
	4. Pé-direito	H	m	2,87
	5. Altura do plano de trabalho	Hpt	m	0,77
	6. Altura do pendente da luminária	Hpend	m	0,00
	7. Pé-direito útil	h= H - Hpt - Hpend	m	2,10
	8 Índice do recinto	$K = \frac{a.b}{h.a+b}$		1,17
	9. Fator de depreciação	Fd		0,80
	10. Coeficiente de reflexão do teto	ρ1	%	70,00
	11. Coeficiente de reflexão das paredes	ρ2	%	50,00
	12. Coeficiente de reflexão do piso	ρ3	%	10,00
Iluminação	13. Iluminância planejada	Em	lux	200,00
	14. Tonalidade ou temperatura da cor	TCC	K	6.500,00
	15. Índice de reprodução de cores	IRC		80,00
Lâmpadas e luminárias	16. Tipo de lâmpada			LED
	17. Potência da lâmpada	PI	W	20,00
	18. Fluxo luminoso de cada lâmpada	φ	lúmen	1.800,00
	19. Número de lâmpadas por luminária	Z	unid	2,00
	20. Tipo de luminária			LAR LED T8 - SOBREPOR
	21. Fator de fluxo luminoso	BF	%	1,00
	22. Eficiência da luminária	ηl	%	0,86
	23. Eficiência do recinto	ηr	%	0,46
	24. Fator de utilização	Fu=ηl.ηr		0,40
	25. Quantidade de lâmpadas	$n = \frac{Em.A}{\phi.Fu.BF.Fd}$	unid	8,51
26. Quantidade de luminárias	$N = (n Z)$	unid	4,26	
Cálculo	27. Quantidade de luminárias instaladas	Ni	unid	5,00
	28. Iluminância alcançada	$E = \frac{Z.Ni.\phi.Fu.BF.Fd}{A}$	lux	234,91
Consumo	29. Potência total instalada	Pt = Z.Ni.PI	W	200,00
	30. Densidade de potência	D = Pt / A	W/m2	8,25
	31. RCR	$RCR = \frac{5h.(C + L)}{A}$		4,26

PLANILHA PARA CÁLCULO DE ILUMINAÇÃO – MÉTODO DOS LÚMENS				
Empresa: LAB. ENG ELÉTRICA				
Recinto: LSE ATUAL		Atividade: LABORATÓRIO		
	VARIÁVEL	FÓRMULA	UNIDADE	ALTERN 1
Descrição do ambiente	1. Comprimento	a	m	5,00
	2. Largura	b	m	4,85
	3. Área	A= a.b	m2	24,25
	4. Pé-direito	H	m	2,87
	5. Altura do plano de trabalho	Hpt	m	0,77
	6. Altura do pendente da luminária	Hpend	m	0,00
	7. Pé-direito útil	h= H - Hpt - Hpend	m	2,10
	8 Índice do recinto	$K = \frac{a.b}{h.a+b}$		1,17
	9. Fator de depreciação	Fd		0,80
	10. Coeficiente de reflexão do teto	ρ_1	%	70,00
	11. Coeficiente de reflexão das paredes	ρ_2	%	50,00
	12. Coeficiente de reflexão do piso	ρ_3	%	10,00
Iluminação	13. Iluminância planejada	Em	lux	200,00
	14. Tonalidade ou temperatura da cor	TCC	K	6.500,00
	15. Índice de reprodução de cores	IRC		80,00
Lâmpadas e luminárias	16. Tipo de lâmpada			FLUOR
	17. Potência da lâmpada	Pl	W	40,00
	18. Fluxo luminoso de cada lâmpada	ϕ	lúmen	1.800,00
	19. Número de lâmpadas por luminária	Z	unid	2,00
	20. Tipo de luminária			OSRAM
	21. Fator de fluxo luminoso	BF	%	1,00
	22. Eficiência da luminária	η_l	%	0,67
	23. Eficiência do recinto	η_r	%	0,46
	24. Fator de utilização	$F_u = \eta_l \cdot \eta_r$		0,31
	25. Quantidade de lâmpadas	$n = \frac{E_m \cdot A}{\phi \cdot F_u \cdot BF \cdot Fd}$	unid	10,93
	26. Quantidade de luminárias	$N = (n/Z)$	unid	5,46
Cálculo	27. Quantidade de luminárias instaladas	Ni	unid	3,00
	28. Iluminância alcançada	$E = \frac{Z \cdot N_i \cdot \phi \cdot F_u \cdot BF \cdot Fd}{A}$	lux	109,81
Consumo	29. Potência total instalada	Pt = Z.Ni.Pl	W	240,00
	30. Densidade de potência	D = Pt / A	W/m2	9,90

PLANILHA PARA CÁLCULO DE ILUMINAÇÃO – MÉTODO DOS LÚMENS				
Empresa: LAB. ENG ELÉTRICA				
Recinto: LSE RETROFIT		Atividade: LABORATÓRIO		
	VARIÁVEL	FÓRMULA	UNIDADE	ALTERN 1
Descrição do ambiente	1. Comprimento	a	m	5,00
	2. Largura	b	m	4,85
	3. Área	A= a.b	m2	24,25
	4. Pé-direito	H	m	2,87
	5. Altura do plano de trabalho	Hpt	m	0,77
	6. Altura do pendente da luminária	Hpend	m	0,00
	7. Pé-direito útil	h= H - Hpt - Hpend	m	2,10
	8 Índice do recinto	$K = \frac{a \cdot b}{h \cdot a + b}$		1,17
	9. Fator de depreciação	Fd		0,80
	10. Coeficiente de reflexão do teto	ρ_1	%	70,00
	11. Coeficiente de reflexão das paredes	ρ_2	%	50,00
	12. Coeficiente de reflexão do piso	ρ_3	%	10,00
Iluminação	13. Iluminância planejada	Em	lux	200,00
	14. Tonalidade ou temperatura da cor	TCC	K	6.500,00
	15. Índice de reprodução de cores	IRC		80,00
Lâmpadas e luminárias	16. Tipo de lâmpada			LED
	17. Potência da lâmpada	PI	W	20,00
	18. Fluxo luminoso de cada lâmpada	ϕ	lúmen	1.800,00
	19. Número de lâmpadas por luminária	Z	unid	2,00
	20. Tipo de luminária			LAR LED T8 - SOBREPOR
	21. Fator de fluxo luminoso	BF	%	1,00
	22. Eficiência da luminária	η_l	%	0,67
	23. Eficiência do recinto	η_r	%	0,42
	24. Fator de utilização	$F_u = \eta_l \cdot \eta_r$		0,28
	25. Quantidade de lâmpadas	$n = \frac{E_m \cdot A}{\phi \cdot F_u \cdot BF \cdot Fd}$	unid	11,97
Cálculo	26. Quantidade de luminárias	$N = (n Z)$	unid	5,98
	27. Quantidade de luminárias instaladas	Ni	unid	6,00
	28. Iluminância alcançada	$E = \frac{Z \cdot N_i \cdot \phi \cdot F_u \cdot BF \cdot Fd}{A}$	lux	200,52
Consumo	29. Potência total instalada	$P_t = Z \cdot N_i \cdot P_i$	W	240,00
	30. Densidade de potência	$D = P_t / A$	W/m2	9,90
	31. RCR	$RCR = \frac{5h \cdot (C + L)}{A}$		4,26

PLANILHA PARA CÁLCULO DE ILUMINAÇÃO – MÉTODO DOS LÚMENS				
Empresa: LAB. ENG ELÉTRICA				
Recinto: LPRAD ATUAL		Atividade: LABORATÓRIO		
	VARIÁVEL	FÓRMULA	UNIDADE	ALTERN 1
Descrição do ambiente	1. Comprimento	a	m	9,60
	2. Largura	b	m	4,90
	3. Área	A= a.b	m2	47,04
	4. Pé-direito	H	m	2,87
	5. Altura do plano de trabalho	Hpt	m	0,77
	6. Altura do pendente da luminária	Hpend	m	0,00
	7. Pé-direito útil	h= H - Hpt - Hpend	m	2,10
	8 Índice do recinto	$K = \frac{a \cdot b}{h \cdot a + b}$		1,54
	9. Fator de depreciação	Fd		0,80
	10. Coeficiente de reflexão do teto	ρ_1	%	70,00
	11. Coeficiente de reflexão das paredes	ρ_2	%	50,00
	12. Coeficiente de reflexão do piso	ρ_3	%	10,00
Iluminação	13. Iluminância planejada	Em	lux	200,00
	14. Tonalidade ou temperatura da cor	TCC	K	6.500,00
	15. Índice de reprodução de cores	IRC		80,00
Lâmpadas e luminárias	16. Tipo de lâmpada			FLUOR
	17. Potência da lâmpada	Pl	W	40,00
	18. Fluxo luminoso de cada lâmpada	ϕ	lúmen	2.600,00
	19. Número de lâmpadas por luminária	Z	unid	4,00
	20. Tipo de luminária			Lampada Fluor Tubular Philips - TLRS-40W-ELD
	21. Fator de fluxo luminoso	BF	%	1,00
	22. Eficiência da luminária	η_l	%	0,65
	23. Eficiência do recinto	η_r	%	0,48
	24. Fator de utilização	$F_u = \eta_l \cdot \eta_r$		0,31
	25. Quantidade de lâmpadas	$n = \frac{E_m \cdot A}{\phi \cdot F_u \cdot BF \cdot Fd}$	unid	14,50
26. Quantidade de luminárias	$N = (n/Z)$	unid	3,62	
Cálculo	27. Quantidade de luminárias instaladas	Ni	unid	6,00
	28. Iluminância alcançada	$E = \frac{Z \cdot N_i \cdot \phi \cdot F_u \cdot BF \cdot Fd}{A}$	lux	331,10
Consumo	29. Potência total instalada	Pt = Z.Ni.Pl	W	960,00
	30. Densidade de potência	D = Pt / A	W/m2	20,41

PLANILHA PARA CÁLCULO DE ILUMINAÇÃO – MÉTODO DOS LÚMENS				
Empresa: LAB. ENG ELÉTRICA				
Recinto: LPRAD RETROFIT		Atividade: LABORATÓRIO		
	VARIÁVEL	FÓRMULA	UNIDADE	ALTERN 1
Descrição do ambiente	1. Comprimento	a	m	9,60
	2. Largura	b	m	4,90
	3. Área	A= a.b	m2	47,04
	4. Pé-direito	H	m	2,87
	5. Altura do plano de trabalho	Hpt	m	0,77
	6. Altura do pendente da luminária	Hpend	m	0,00
	7. Pé-direito útil	h= H - Hpt - Hpend	m	2,10
	8 Índice do recinto	$K = \frac{a \cdot b}{h \cdot a + b}$		1,54
	9. Fator de depreciação	Fd		0,80
	10. Coeficiente de reflexão do teto	ρ_1	%	70,00
	11. Coeficiente de reflexão das paredes	ρ_2	%	50,00
	12. Coeficiente de reflexão do piso	ρ_3	%	10,00
Iluminação	13. Iluminância planejada	Em	lux	200,00
	14. Tonalidade ou temperatura da cor	TCC	K	6.500,00
	15. Índice de reprodução de cores	IRC		80,00
Lâmpadas e luminárias	16. Tipo de lâmpada			LED
	17. Potência da lâmpada	PI	W	20,00
	18. Fluxo luminoso de cada lâmpada	ϕ	lúmen	1.800,00
	19. Número de lâmpadas por luminária	Z	unid	4,00
	20. Tipo de luminária			LAR LED T8 - SOBREPOR
	21. Fator de fluxo luminoso	BF	%	1,00
	22. Eficiência da luminária	η_l	%	0,65
	23. Eficiência do recinto	η_r	%	0,48
	24. Fator de utilização	$F_u = \eta_l \cdot \eta_r$		0,31
	25. Quantidade de lâmpadas	$n = \frac{Em \cdot A}{\phi \cdot F_u \cdot BF \cdot Fd}$	unid	20,94
Cálculo	26. Quantidade de luminárias	$N = (n Z)$	unid	5,24
	27. Quantidade de luminárias instaladas	Ni	unid	6,00
	28. Iluminância alcançada	$E = \frac{Z \cdot Ni \cdot \phi \cdot F_u \cdot BF \cdot Fd}{A}$	lux	229,22
Consumo	29. Potência total instalada	$P_t = Z \cdot Ni \cdot P_l$	W	480,00
	30. Densidade de potência	$D = P_t / A$	W/m2	10,20
	31. RCR	$RCR = \frac{5h \cdot (C + L)}{A}$		3,24

PLANILHA PARA CÁLCULO DE ILUMINAÇÃO – MÉTODO DOS LÚMENS				
Empresa: LAB. ENG ELÉTRICA				
Recinto: LEA GRADUAÇÃO ATUAL		Atividade: LABORATÓRIO		
	VARIÁVEL	FÓRMULA	UNIDADE	ALTERN 1
Descrição do ambiente	1. Comprimento	a	m	9,60
	2. Largura	b	m	4,90
	3. Área	A= a.b	m2	47,04
	4. Pé-direito	H	m	2,87
	5. Altura do plano de trabalho	Hpt	m	0,77
	6. Altura do pendente da luminária	Hpend	m	0,00
	7. Pé-direito útil	h= H - Hpt - Hpend	m	2,10
	8 Índice do recinto	$K = \frac{a.b}{h.a+b}$		1,54
	9. Fator de depreciação	Fd		0,80
	10. Coeficiente de reflexão do teto	ρ_1	%	70,00
	11. Coeficiente de reflexão das paredes	ρ_2	%	50,00
	12. Coeficiente de reflexão do piso	ρ_3	%	10,00
Iluminação	13. Iluminância planejada	Em	lux	200,00
	14. Tonalidade ou temperatura da cor	TCC	K	6.500,00
	15. Índice de reprodução de cores	IRC		80,00
Lâmpadas e luminárias	16. Tipo de lâmpada			FLUOR
	17. Potência da lâmpada	Pl	W	40,00
	18. Fluxo luminoso de cada lâmpada	ϕ	lúmen	2.600,00
	19. Número de lâmpadas por luminária	Z	unid	4,00
	20. Tipo de luminária			Lampada Fluor Tubular Philips - TLRS-40W-ELD
	21. Fator de fluxo luminoso	BF	%	1,00
	22. Eficiência da luminária	η_l	%	0,65
	23. Eficiência do recinto	η_r	%	0,48
	24. Fator de utilização	$F_u = \eta_l . \eta_r$		0,31
	25. Quantidade de lâmpadas	$n = \frac{Em.A}{\phi.F_u.BF.Fd}$	unid	14,50
26. Quantidade de luminárias	$N = (n/Z)$	unid	3,62	
Cálculo	27. Quantidade de luminárias instaladas	Ni	unid	6,00
	28. Iluminância alcançada	$E = \frac{Z.Ni.\phi.F_u.BF.Fd}{A}$	lux	331,10
Consumo	29. Potência total instalada	Pt = Z.Ni.Pl	W	960,00
	30. Densidade de potência	D = Pt / A	W/m2	20,41

PLANILHA PARA CÁLCULO DE ILUMINAÇÃO – MÉTODO DOS LÚMENS				
Empresa: LAB. ENG ELÉTRICA				
Recinto: LEA GRADUAÇÃO RETROFIT		Atividade: LABORATÓRIO		
	VARIÁVEL	FÓRMULA	UNIDADE	ALTERN 1
Descrição do ambiente	1. Comprimento	a	m	9,60
	2. Largura	b	m	4,90
	3. Área	A= a.b	m ²	47,04
	4. Pé-direito	H	m	2,87
	5. Altura do plano de trabalho	Hpt	m	0,77
	6. Altura do pendente da luminária	Hpend	m	0,00
	7. Pé-direito útil	h= H - Hpt - Hpend	m	2,10
	8 Índice do recinto	$K = \frac{a \cdot b}{h \cdot a + b}$		1,54
	9. Fator de depreciação	Fd		0,80
	10. Coeficiente de reflexão do teto	ρ1	%	70,00
	11. Coeficiente de reflexão das paredes	ρ2	%	50,00
	12. Coeficiente de reflexão do piso	ρ3	%	10,00
Iluminação	13. Iluminância planejada	Em	lux	200,00
	14. Tonalidade ou temperatura da cor	TCC	K	6.500,00
	15. Índice de reprodução de cores	IRC		80,00
Lâmpadas e luminárias	16. Tipo de lâmpada			LED
	17. Potência da lâmpada	Pl	W	20,00
	18. Fluxo luminoso de cada lâmpada	φ	lúmen	1.800,00
	19. Número de lâmpadas por luminária	Z	unid	4,00
	20. Tipo de luminária			LAR LED T8 - SOBREPOR
	21. Fator de fluxo luminoso	BF	%	1,00
	22. Eficiência da luminária	ηl	%	0,65
	23. Eficiência do recinto	ηr	%	0,48
	24. Fator de utilização	Fu=ηl.ηr		0,31
	25. Quantidade de lâmpadas	$n = \frac{Em \cdot A}{\phi \cdot Fu \cdot BF \cdot Fd}$	unid	20,94
26. Quantidade de luminárias	$N = (n Z)$	unid	5,24	
Cálculo	27. Quantidade de luminárias instaladas	Ni	unid	6,00
	28. Iluminância alcançada	$E = \frac{Z \cdot Ni \cdot \phi \cdot Fu \cdot BF \cdot Fd}{A}$	lux	229,22
Consumo	29. Potência total instalada	Pt = Z.Ni.Pl	W	480,00
	30. Densidade de potência	D = Pt / A	W/m ²	10,20
	31. RCR	$RCR = \frac{5h \cdot (C + L)}{A}$		3,24

PLANILHA PARA CÁLCULO DE ILUMINAÇÃO – MÉTODO DOS LÚMENS				
Empresa: LAB. ENG ELÉTRICA				
Recinto: LEMAG ATUAL		Atividade: LABORATÓRIO		
	VARIÁVEL	FÓRMULA	UNIDADE	ALTERN 1
Descrição do ambiente	1. Comprimento	a	m	9,60
	2. Largura	b	m	4,90
	3. Área	A= a.b	m ²	47,04
	4. Pé-direito	H	m	2,87
	5. Altura do plano de trabalho	Hpt	m	0,77
	6. Altura do pendente da luminária	Hpend	m	0,00
	7. Pé-direito útil	h= H - Hpt - Hpend	m	2,10
	8 Índice do recinto	$K = \frac{a \cdot b}{h \cdot a + b}$		1,54
	9. Fator de depreciação	Fd		0,80
	10. Coeficiente de reflexão do teto	ρ_1	%	70,00
	11. Coeficiente de reflexão das paredes	ρ_2	%	50,00
	12. Coeficiente de reflexão do piso	ρ_3	%	10,00
Iluminação	13. Iluminância planejada	Em	lux	200,00
	14. Tonalidade ou temperatura da cor	TCC	K	6.500,00
	15. Índice de reprodução de cores	IRC		80,00
Lâmpadas e luminárias	16. Tipo de lâmpada			LED
	17. Potência da lâmpada	Pl	W	9,00
	18. Fluxo luminoso de cada lâmpada	ϕ	lúmen	810,00
	19. Número de lâmpadas por luminária	Z	unid	1,00
	20. Tipo de luminária			NÃO EXISTENTE
	21. Fator de fluxo luminoso	BF	%	1,00
	22. Eficiência da luminária	η_l	%	0,65
	23. Eficiência do recinto	η_r	%	0,48
	24. Fator de utilização	Fu= $\eta_l \cdot \eta_r$		0,31
	25. Quantidade de lâmpadas	$n = \frac{Em \cdot A}{\phi \cdot Fu \cdot BF \cdot Fd}$	unid	46,53
	26. Quantidade de luminárias	$N = (n/Z)$	unid	46,53
Cálculo	27. Quantidade de luminárias instaladas	Ni	unid	6,00
	28. Iluminância alcançada	$E = \frac{Z \cdot Ni \cdot \phi \cdot Fu \cdot BF \cdot Fd}{A}$	lux	25,79
Consumo	29. Potência total instalada	Pt = Z.Ni.Pl	W	54,00
	30. Densidade de potência	D = Pt / A	W/m ²	1,15

PLANILHA PARA CÁLCULO DE ILUMINAÇÃO – MÉTODO DOS LÚMENS				
Empresa: LAB. ENG ELÉTRICA				
Recinto: LEMAG RETROFIT		Atividade: LABORATÓRIO		
	VARIÁVEL	FÓRMULA	UNIDADE	ALTERN 1
Descrição do ambiente	1. Comprimento	a	m	9,60
	2. Largura	b	m	4,90
	3. Área	A= a.b	m2	47,04
	4. Pé-direito	H	m	2,87
	5. Altura do plano de trabalho	Hpt	m	0,77
	6. Altura do pendente da luminária	Hpend	m	0,00
	7. Pé-direito útil	h= H - Hpt - Hpend	m	2,10
	8 Índice do recinto	$K = \frac{a \cdot b}{h \cdot a + b}$		1,54
	9. Fator de depreciação	Fd		0,80
	10. Coeficiente de reflexão do teto	ρ_1	%	70,00
	11. Coeficiente de reflexão das paredes	ρ_2	%	50,00
	12. Coeficiente de reflexão do piso	ρ_3	%	10,00
Iluminação	13. Iluminância planejada	Em	lux	200,00
	14. Tonalidade ou temperatura da cor	TCC	K	6.500,00
	15. Índice de reprodução de cores	IRC		80,00
Lâmpadas e luminárias	16. Tipo de lâmpada			LED
	17. Potência da lâmpada	PI	W	20,00
	18. Fluxo luminoso de cada lâmpada	ϕ	lúmen	1.800,00
	19. Número de lâmpadas por luminária	Z	unid	4,00
	20. Tipo de luminária			LAR LED T8 - SOBREPOR
	21. Fator de fluxo luminoso	BF	%	1,00
	22. Eficiência da luminária	η_l	%	0,65
	23. Eficiência do recinto	η_r	%	0,48
	24. Fator de utilização	$F_u = \eta_l \cdot \eta_r$		0,31
	25. Quantidade de lâmpadas	$n = \frac{E_m \cdot A}{\phi \cdot F_u \cdot BF \cdot Fd}$	unid	20,94
Cálculo	26. Quantidade de luminárias	$N = (n Z)$	unid	5,24
	27. Quantidade de luminárias instaladas	Ni	unid	6,00
	28. Iluminância alcançada	$E = \frac{Z \cdot N_i \cdot \phi \cdot F_u \cdot BF \cdot Fd}{A}$	lux	229,22
Consumo	29. Potência total instalada	$P_t = Z \cdot N_i \cdot P_i$	W	480,00
	30. Densidade de potência	$D = P_t / A$	W/m2	10,20
	31. RCR	$RCR = \frac{5h \cdot (C + L)}{A}$		3,24

PLANILHA PARA CÁLCULO DE ILUMINAÇÃO – MÉTODO DOS LÚMENS				
Empresa: LAB. ENG ELÉTRICA				
Recinto: LAB. ELETROMAGNETISMO AVANÇADO ATUAL			Atividade: LABORATÓRIO	
	VARIÁVEL	FÓRMULA	UNIDADE	ALTERN 1
Descrição do ambiente	1. Comprimento	a	m	9,60
	2. Largura	b	m	4,90
	3. Área	$A = a.b$	m ²	47,04
	4. Pé-direito	H	m	2,87
	5. Altura do plano de trabalho	H _{pt}	m	0,77
	6. Altura do pendente da luminária	H _{pend}	m	0,00
	7. Pé-direito útil	$h = H - H_{pt} - H_{pend}$	m	2,10
	8 Índice do recinto	$K = \frac{a.b}{h.a+b}$		1,54
	9. Fator de depreciação	F _d		0,80
	10. Coeficiente de reflexão do teto	ρ ₁	%	70,00
	11. Coeficiente de reflexão das paredes	ρ ₂	%	50,00
	12. Coeficiente de reflexão do piso	ρ ₃	%	10,00
Iluminação	13. Iluminância planejada	E _m	lux	200,00
	14. Tonalidade ou temperatura da cor	TCC	K	6.500,00
	15. Índice de reprodução de cores	IRC		80,00
Lâmpadas e luminárias	16. Tipo de lâmpada			FLUOR
	17. Potência da lâmpada	P _l	W	40,00
	18. Fluxo luminoso de cada lâmpada	φ	lúmen	2.700,00
	19. Número de lâmpadas por luminária	Z	unid	2,00
	20. Tipo de luminária			OSRAM
	21. Fator de fluxo luminoso	BF	%	1,00
	22. Eficiência da luminária	η _l	%	0,67
	23. Eficiência do recinto	η _r	%	0,48
	24. Fator de utilização	$F_u = \eta_l \cdot \eta_r$		0,32
	25. Quantidade de lâmpadas	$n = \frac{E_m \cdot A}{\phi \cdot F_u \cdot BF \cdot F_d}$	unid	13,54
26. Quantidade de luminárias	$N = (n/Z)$	unid	6,77	
Cálculo	27. Quantidade de luminárias instaladas	N _i	unid	5,00
	28. Iluminância alcançada	$E = \frac{Z \cdot N_i \cdot \phi \cdot F_u \cdot BF \cdot F_d}{A}$	lux	147,67
Consumo	29. Potência total instalada	P _t = Z.N _i .P _l	W	400,00
	30. Densidade de potência	D = P _t / A	W/m ²	8,50

PLANILHA PARA CÁLCULO DE ILUMINAÇÃO – MÉTODO DOS LÚMENS				
Empresa: LAB. ENG ELÉTRICA				
Recinto: LAB. ELETROMAGNETISMO AVANÇADO RETROFIT			Atividade: LABORATÓRIO	
	VARIÁVEL	FÓRMULA	UNIDADE	ALTERN 1
Descrição do ambiente	1. Comprimento	a	m	9,60
	2. Largura	b	m	4,90
	3. Área	A= a.b	m ²	47,04
	4. Pé-direito	H	m	2,87
	5. Altura do plano de trabalho	Hpt	m	0,77
	6. Altura do pendente da luminária	Hpend	m	0,00
	7. Pé-direito útil	h= H - Hpt - Hpend	m	2,10
	8 Índice do recinto	$K = \frac{a \cdot b}{h \cdot a + b}$		1,54
	9. Fator de depreciação	Fd		0,80
	10. Coeficiente de reflexão do teto	ρ1	%	70,00
	11. Coeficiente de reflexão das paredes	ρ2	%	50,00
	12. Coeficiente de reflexão do piso	ρ3	%	10,00
Iluminação	13. Iluminância planejada	Em	lux	200,00
	14. Tonalidade ou temperatura da cor	TCC	K	6.500,00
	15. Índice de reprodução de cores	IRC		80,00
Lâmpadas e luminárias	16. Tipo de lâmpada			LED
	17. Potência da lâmpada	PI	W	20,00
	18. Fluxo luminoso de cada lâmpada	φ	lúmen	1.800,00
	19. Número de lâmpadas por luminária	Z	unid	4,00
	20. Tipo de luminária			LAR LED T8 - SOBREPOR
	21. Fator de fluxo luminoso	BF	%	1,00
	22. Eficiência da luminária	ηl	%	0,67
	23. Eficiência do recinto	ηr	%	0,48
	24. Fator de utilização	Fu=ηl.ηr		0,32
	25. Quantidade de lâmpadas	$n = \frac{Em \cdot A}{\phi \cdot Fu \cdot BF \cdot Fd}$	unid	20,32
Cálculo	26. Quantidade de luminárias	$N = (n Z)$	unid	5,08
	27. Quantidade de luminárias instaladas	Ni	unid	6,00
	28. Iluminância alcançada	$E = \frac{Z \cdot Ni \cdot \phi \cdot Fu \cdot BF \cdot Fd}{A}$	lux	236,28
Consumo	29. Potência total instalada	Pt = Z.Ni.PI	W	480,00
	30. Densidade de potência	D = Pt / A	W/m ²	10,20
	31. RCR	$RCR = \frac{5h \cdot (C + L)}{A}$		3,24

PLANILHA PARA CÁLCULO DE ILUMINAÇÃO – MÉTODO DOS LÚMENS				
Empresa: LAB. ENG ELÉTRICA				
Recinto: LEA ATUAL		Atividade: LABORATÓRIO		
	VARIÁVEL	FÓRMULA	UNIDADE	ALTERN 1
Descrição do ambiente	1. Comprimento	a	m	9,60
	2. Largura	b	m	4,90
	3. Área	A= a.b	m2	47,04
	4. Pé-direito	H	m	2,87
	5. Altura do plano de trabalho	Hpt	m	0,77
	6. Altura do pendente da luminária	Hpend	m	0,00
	7. Pé-direito útil	h= H - Hpt - Hpend	m	2,10
	8 Índice do recinto	$K = \frac{a.b}{h.a+b}$		1,54
	9. Fator de depreciação	Fd		0,80
	10. Coeficiente de reflexão do teto	ρ_1	%	70,00
	11. Coeficiente de reflexão das paredes	ρ_2	%	50,00
	12. Coeficiente de reflexão do piso	ρ_3	%	10,00
Iluminação	13. Iluminância planejada	Em	lux	200,00
	14. Tonalidade ou temperatura da cor	TCC	K	6.500,00
	15. Índice de reprodução de cores	IRC		80,00
Lâmpadas e luminárias	16. Tipo de lâmpada			FLUOR
	17. Potência da lâmpada	Pl	W	40,00
	18. Fluxo luminoso de cada lâmpada	ϕ	lúmen	2.600,00
	19. Número de lâmpadas por luminária	Z	unid	4,00
	20. Tipo de luminária			Lampada Fluor Tubular Philips - TLRS-40W-ELD
	21. Fator de fluxo luminoso	BF	%	1,00
	22. Eficiência da luminária	η_l	%	0,65
	23. Eficiência do recinto	η_r	%	0,48
	24. Fator de utilização	$F_u = \eta_l . \eta_r$		0,31
	25. Quantidade de lâmpadas	$n = \frac{Em.A}{\phi.F_u.BF.Fd}$	unid	14,50
26. Quantidade de luminárias	$N = (n/Z)$	unid	3,62	
Cálculo	27. Quantidade de luminárias instaladas	Ni	unid	6,00
	28. Iluminância alcançada	$E = \frac{Z.Ni.\phi.F_u.BF.Fd}{A}$	lux	331,10
Consumo	29. Potência total instalada	Pt = Z.Ni.Pl	W	960,00
	30. Densidade de potência	D = Pt / A	W/m2	20,41

PLANILHA PARA CÁLCULO DE ILUMINAÇÃO – MÉTODO DOS LÚMENS				
Empresa: LAB. ENG ELÉTRICA				
Recinto: LEA RETROFIT		Atividade: LABORATÓRIO		
	VARIÁVEL	FÓRMULA	UNIDADE	ALTERN 1
Descrição do ambiente	1. Comprimento	a	m	9,60
	2. Largura	b	m	4,90
	3. Área	A= a.b	m2	47,04
	4. Pé-direito	H	m	2,87
	5. Altura do plano de trabalho	Hpt	m	0,77
	6. Altura do pendente da luminária	Hpend	m	0,00
	7. Pé-direito útil	h= H - Hpt - Hpend	m	2,10
	8 Índice do recinto	$K = \frac{a.b}{h.a+b}$		1,54
	9. Fator de depreciação	Fd		0,80
	10. Coeficiente de reflexão do teto	ρ1	%	70,00
	11. Coeficiente de reflexão das paredes	ρ2	%	50,00
	12. Coeficiente de reflexão do piso	ρ3	%	10,00
Iluminação	13. Iluminância planejada	Em	lux	200,00
	14. Tonalidade ou temperatura da cor	TCC	K	6.500,00
	15. Índice de reprodução de cores	IRC		80,00
Lâmpadas e luminárias	16. Tipo de lâmpada			LED
	17. Potência da lâmpada	PI	W	20,00
	18. Fluxo luminoso de cada lâmpada	φ	lúmen	1.800,00
	19. Número de lâmpadas por luminária	Z	unid	4,00
	20. Tipo de luminária			LAR LED T8 - SOBREPOR
	21. Fator de fluxo luminoso	BF	%	1,00
	22. Eficiência da luminária	ηl	%	0,65
	23. Eficiência do recinto	ηr	%	0,48
	24. Fator de utilização	Fu=ηl.ηr		0,31
	25. Quantidade de lâmpadas	$n = \frac{Em.A}{\phi.Fu.BF.Fd}$	unid	20,94
Cálculo	26. Quantidade de luminárias	$N = (n Z)$	unid	5,24
	27. Quantidade de luminárias instaladas	Ni	unid	6,00
	28. Iluminância alcançada	$E = \frac{Z.Ni.\phi.Fu.BF.Fd}{A}$	lux	229,22
Consumo	29. Potência total instalada	Pt = Z.Ni.PI	W	480,00
	30. Densidade de potência	D = Pt / A	W/m2	10,20
	31. RCR	$RCR = \frac{5h.(C + L)}{A}$		3,24

PLANILHA PARA CÁLCULO DE ILUMINAÇÃO – MÉTODO DOS LÚMENS				
Empresa: LAB. ENG ELÉTRICA				
Recinto: LAB. DE CONTROLE E SISTEMAS ATUAL			Atividade: LABORATÓRIO	
	VARIÁVEL	FÓRMULA	UNIDADE	ALTERN 1
Descrição do ambiente	1. Comprimento	a	m	9,60
	2. Largura	b	m	4,90
	3. Área	$A = a \cdot b$	m ²	47,04
	4. Pé-direito	H	m	2,87
	5. Altura do plano de trabalho	H _{pt}	m	0,77
	6. Altura do pendente da luminária	H _{pend}	m	0,00
	7. Pé-direito útil	$h = H - H_{pt} - H_{pend}$	m	2,10
	8 Índice do recinto	$K = \frac{a \cdot b}{h \cdot a + b}$		1,54
	9. Fator de depreciação	F _d		0,80
	10. Coeficiente de reflexão do teto	ρ ₁	%	70,00
	11. Coeficiente de reflexão das paredes	ρ ₂	%	50,00
	12. Coeficiente de reflexão do piso	ρ ₃	%	10,00
Iluminação	13. Iluminância planejada	E _m	lux	200,00
	14. Tonalidade ou temperatura da cor	TCC	K	6.500,00
	15. Índice de reprodução de cores	IRC		80,00
Lâmpadas e luminárias	16. Tipo de lâmpada			FLUOR
	17. Potência da lâmpada	PI	W	14,00
	18. Fluxo luminoso de cada lâmpada	φ	lúmen	1.200,00
	19. Número de lâmpadas por luminária	Z	unid	1,00
	20. Tipo de luminária			OSRAM
	21. Fator de fluxo luminoso	BF	%	1,00
	22. Eficiência da luminária	η _l	%	0,86
	23. Eficiência do recinto	η _r	%	0,48
	24. Fator de utilização	$F_u = \eta_l \cdot \eta_r$		0,41
	25. Quantidade de lâmpadas	$n = \frac{E_m \cdot A}{\phi \cdot F_u \cdot BF \cdot F_d}$	unid	23,74
26. Quantidade de luminárias	$N = (n/Z)$	unid	23,74	
Cálculo	27. Quantidade de luminárias instaladas	N _i	unid	6,00
	28. Iluminância alcançada	$E = \frac{Z \cdot N_i \cdot \phi \cdot F_u \cdot BF \cdot F_d}{A}$	lux	50,55
Consumo	29. Potência total instalada	$P_t = Z \cdot N_i \cdot P_l$	W	84,00
	30. Densidade de potência	$D = P_t / A$	W/m ²	1,79

PLANILHA PARA CÁLCULO DE ILUMINAÇÃO – MÉTODO DOS LÚMENS				
Empresa: LAB. ENG ELÉTRICA				
Recinto: LAB. DE CONTROLE E SISTEMAS RETROFIT			Atividade: LABORATÓRIO	
	VARIÁVEL	FÓRMULA	UNIDADE	ALTERN 1
Descrição do ambiente	1. Comprimento	a	m	9,60
	2. Largura	b	m	4,90
	3. Área	$A = a \cdot b$	m ²	47,04
	4. Pé-direito	H	m	2,87
	5. Altura do plano de trabalho	H _{pt}	m	0,77
	6. Altura do pendente da luminária	H _{pend}	m	0,00
	7. Pé-direito útil	$h = H - H_{pt} - H_{pend}$	m	2,10
	8 Índice do recinto	$K = \frac{a \cdot b}{h \cdot a + b}$		1,54
	9. Fator de depreciação	F _d		0,80
	10. Coeficiente de reflexão do teto	ρ ₁	%	70,00
	11. Coeficiente de reflexão das paredes	ρ ₂	%	50,00
	12. Coeficiente de reflexão do piso	ρ ₃	%	10,00
Iluminação	13. Iluminância planejada	E _m	lux	200,00
	14. Tonalidade ou temperatura da cor	TCC	K	6.500,00
	15. Índice de reprodução de cores	IRC		80,00
Lâmpadas e luminárias	16. Tipo de lâmpada			LED
	17. Potência da lâmpada	PI	W	20,00
	18. Fluxo luminoso de cada lâmpada	φ	lúmen	1.800,00
	19. Número de lâmpadas por luminária	Z	unid	3,00
	20. Tipo de luminária			LAR LED T8 - SOBREPOR
	21. Fator de fluxo luminoso	BF	%	1,00
	22. Eficiência da luminária	η _l	%	0,86
	23. Eficiência do recinto	η _r	%	0,48
	24. Fator de utilização	$F_u = \eta_l \cdot \eta_r$		0,41
	25. Quantidade de lâmpadas	$n = \frac{E_m \cdot A}{\phi \cdot F_u \cdot BF \cdot F_d}$	unid	15,83
26. Quantidade de luminárias	$N = (n/Z)$	unid	5,28	
Cálculo	27. Quantidade de luminárias instaladas	N _i	unid	6,00
	28. Iluminância alcançada	$E = \frac{Z \cdot N_i \cdot \phi \cdot F_u \cdot BF \cdot F_d}{A}$	lux	227,46
Consumo	29. Potência total instalada	P _t = Z.N _i .PI	W	360,00
	30. Densidade de potência	D = P _t / A	W/m ²	7,65
	31. RCR	$RCR = \frac{5h \cdot (C + L)}{A}$		3,24

PLANILHA PARA CÁLCULO DE ILUMINAÇÃO – MÉTODO DOS LÚMENS				
Empresa: LAB. ENG ELÉTRICA				
Recinto: LAB. DE CONTROLE E SISTEMAS 02 ATUAL			Atividade: LABORATÓRIO	
	VARIÁVEL	FÓRMULA	UNIDADE	ALTERN 1
Descrição do ambiente	1. Comprimento	a	m	9,60
	2. Largura	b	m	4,90
	3. Área	A= a.b	m2	47,04
	4. Pé-direito	H	m	2,87
	5. Altura do plano de trabalho	Hpt	m	0,77
	6. Altura do pendente da luminária	Hpend	m	0,00
	7. Pé-direito útil	h= H - Hpt - Hpend	m	2,10
	8 Índice do recinto	$K = \frac{a \cdot b}{h \cdot a + b}$		1,54
	9. Fator de depreciação	Fd		0,80
	10. Coeficiente de reflexão do teto	ρ_1	%	70,00
	11. Coeficiente de reflexão das paredes	ρ_2	%	50,00
	12. Coeficiente de reflexão do piso	ρ_3	%	10,00
Iluminação	13. Iluminância planejada	Em	lux	200,00
	14. Tonalidade ou temperatura da cor	TCC	K	6.500,00
	15. Índice de reprodução de cores	IRC		80,00
Lâmpadas e luminárias	16. Tipo de lâmpada			LED
	17. Potência da lâmpada	PI	W	9,00
	18. Fluxo luminoso de cada lâmpada	ϕ	lúmen	810,00
	19. Número de lâmpadas por luminária	Z	unid	1,00
	20. Tipo de luminária			NÃO EXISTENTE
	21. Fator de fluxo luminoso	BF	%	1,00
	22. Eficiência da luminária	η_l	%	0,90
	23. Eficiência do recinto	η_r	%	0,48
	24. Fator de utilização	$F_u = \eta_l \cdot \eta_r$		0,43
	25. Quantidade de lâmpadas	$n = \frac{Em \cdot A}{\phi \cdot F_u \cdot BF \cdot Fd}$	unid	33,61
Cálculo	26. Quantidade de luminárias	$N = (n Z)$	unid	33,61
	27. Quantidade de luminárias instaladas	Ni	unid	6,00
	28. Iluminância alcançada	$E = \frac{Z \cdot N_i \cdot \phi \cdot F_u \cdot BF \cdot Fd}{A}$	lux	35,71
Consumo	29. Potência total instalada	$P_t = Z \cdot N_i \cdot P_l$	W	54,00
	30. Densidade de potência	$D = P_t / A$	W/m2	1,15

PLANILHA PARA CÁLCULO DE ILUMINAÇÃO – MÉTODO DOS LÚMENS				
Empresa: LAB. ENG ELÉTRICA				
Recinto: LAB. DE CONTROLE E SISTEMAS 02 RETROFIT			Atividade: LABORATÓRIO	
	VARIÁVEL	FÓRMULA	UNIDADE	ALTERN 1
Descrição do ambiente	1. Comprimento	a	m	9,60
	2. Largura	b	m	4,90
	3. Área	$A = a \cdot b$	m ²	47,04
	4. Pé-direito	H	m	2,87
	5. Altura do plano de trabalho	H _{pt}	m	0,77
	6. Altura do pendente da luminária	H _{pend}	m	0,00
	7. Pé-direito útil	$h = H - H_{pt} - H_{pend}$	m	2,10
	8 Índice do recinto	$K = \frac{a \cdot b}{h \cdot a + b}$		1,54
	9. Fator de depreciação	F _d		0,80
	10. Coeficiente de reflexão do teto	ρ ₁	%	70,00
	11. Coeficiente de reflexão das paredes	ρ ₂	%	50,00
	12. Coeficiente de reflexão do piso	ρ ₃	%	10,00
Iluminação	13. Iluminância planejada	E _m	lux	200,00
	14. Tonalidade ou temperatura da cor	TCC	K	6.500,00
	15. Índice de reprodução de cores	IRC		80,00
Lâmpadas e luminárias	16. Tipo de lâmpada			LED
	17. Potência da lâmpada	PI	W	20,00
	18. Fluxo luminoso de cada lâmpada	φ	lúmen	1.800,00
	19. Número de lâmpadas por luminária	Z	unid	3,00
	20. Tipo de luminária			LAR LED T8 - SOBREPOR
	21. Fator de fluxo luminoso	BF	%	1,00
	22. Eficiência da luminária	η _l	%	0,90
	23. Eficiência do recinto	η _r	%	0,48
	24. Fator de utilização	$F_u = \eta_l \cdot \eta_r$		0,43
	25. Quantidade de lâmpadas	$n = \frac{E_m \cdot A}{\phi \cdot F_u \cdot BF \cdot F_d}$	unid	15,12
	26. Quantidade de luminárias	$N = (n Z)$	unid	5,04
Cálculo	27. Quantidade de luminárias instaladas	N _i	unid	6,00
	28. Iluminância alcançada	$E = \frac{Z \cdot N_i \cdot \phi \cdot F_u \cdot BF \cdot F_d}{A}$	lux	238,04
Consumo	29. Potência total instalada	P _t = Z · N _i · P _I	W	360,00
	30. Densidade de potência	D = P _t / A	W/m ²	7,65
	31. RCR	$RCR = \frac{5h \cdot (C + L)}{A}$		3,24

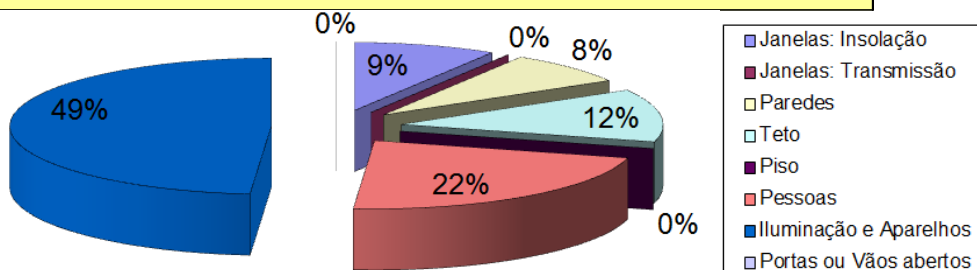
ANEXO IV – Planilhas de Cálculo para *Retrofit* do Sistema de Condicionamento de Ar – LEEC

29/05/2019 11:00				Carga Térmica				
Cliente:		Laboratório de Engenharia Elétrica						
Local:		Laboratório de Biomédica (Antiga Biblioteca+LABQUALI)						
Procedência do calor		Unidades		Fatores			Unid.xFato	Btu/h
Tipo I - Janelas c/ isolamento		Largura	Altura	Total	S/ Proteção	Proteção Int.	Proteção Ext.	6259
1.1 - Norte		8,15	1,6	13,04	1000	480	290	6259
1.2 - Nordeste				0,00	1000	400	290	0
1.3 - Leste				0,00	1130	550	360	0
1.4 - Sudeste				0,00	840	360	290	0
1.5 - Sul		13,84	1,6	22,14	0	0	0	0
1.6 - Sudoeste				0,00	1680	670	480	0
1.7 - Oeste				0,00	2100	920	630	0
1.8 - Noroeste				0,00	1500	630	400	0
Tipo II - Janelas Transmissão		Largura	Altura	Total				0
2.1 - Vidro comum				0,00	210			0
2.2 - Tijolo de vidro/ vidro duplo				0,00	105			0
Tipo III - Paredes		Largura	Altura	Área Janel	Constr. Leve		Cons. Pesada	5506
3.1 - Externas voltadas p/ o sul		13,8	2,9	40,14	55		42	1686
3.2 - Externas outras orientações		26,35	2,9	76,42	84		50	3821
3.3 - Interna // ambientes ã cond.		0	0	0,00	33			0
Tipo IV - Teto		Compr.	Largura	Total				8901
4.1 - Laje				0,00	315			0
4.2 - Em laje, c/2,5 cm de isolamento ou mais				0,00	125			0
4.3 - Entre andares		0	0,0	171,18	52			8901
4.4 - Sob telhado isolado				0,00	72			0
4.5 - Sob telhado sem isolamento				0,00	160			0
Tipo V - Piso		Compr.	Largura	Total				0
Piso não colocado sobre o solo				0,00	52			0
Tipo VI - Pessoas								15750
Em Atividade Normal		25			630			15750
Em Atividade Física (Academia)		0			1000			0
Tipo VII - Iluminação e aparelhos								34582,42
Lâmpadas (Incandescentes)				W	4		0	
Lâmpadas (Fluorescentes)		720		W	2		1440	
Aparelhos Elétricos		0,847		KW	860		728,42	
Motores				HP	645		0	
Número de Computadores		25		W	3,412		32414	
Tipo VIII - Portas ou vãos		Largura	Altura	Total				0
Abertos constantemente				0	630			0
SubTotal							70999	

Aparelho (Capacidade Btu's)	Modelo	Tensão
24000+24000+12000+12000		220

Fator Climático da região	1,05
Carga Térmica Total Btu/h	70673
TR	5,89

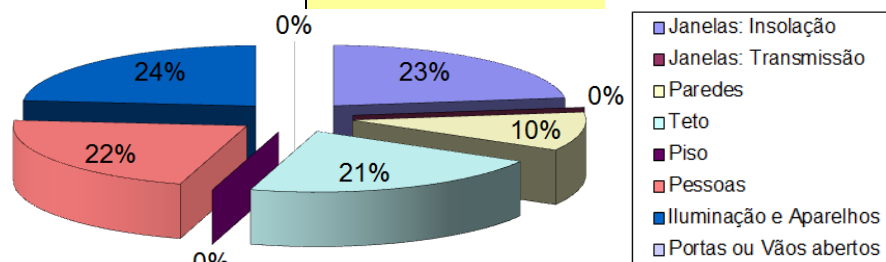
GWH24MD-D1NNA3C//+GWH24MD-D1NNA3C// (GREE A) +GWH12MB-D3NNA5E//+GWH12MB-D3NNA5E// (GREE A)	
--	--



29/05/2019 11:06				Carga Térmica					
Cliente:		Laboratório de Engenharia Elétrica							
Local:		Laboratório de Eletrônica de Potência							
Procedência do calor		Unidades			Fatores			Unid.xFato	Btu/h
Tipo I - Janelas c/ isolamento		Largura	Altura	Total	S/ Proteção	Proteção Int.	Proteção Ext.	5280	
1.1 - Norte		3,3	1,6	5,28	1000	480	290	5280	5280
1.2 - Nordeste				0,00	1000	400	290		
1.3 - Leste				0,00	1130	550	360		
1.4 - Sudeste				0,00	840	360	290		
1.5 - Sul				0,00	0	0	0		
1.6 - Sudoeste				0,00	1680	670	480		
1.7 - Oeste				0,00	2100	920	630		
1.8 - Noroeste				0,00	1500	630	400		
Tipo II - Janelas Transmissão		Largura	Altura	Total				0	
2.1 - Vidro comum				0,00	210			0	
2.2 - Tijolo de vidro/ vidro duplo				0,00	105			0	
Tipo III - Paredes		Largura	Altura	Área Janel	Constr. Leve		Cons. Pesada	2382	
3.1 - Externas voltadas p/ o sul				0,00	55		42		
3.2 - Externas outras orientações		9,86	2,9	28,59	84		50	1430	
3.3 - Interna // ambientes ã cond.		9,95	2,9	28,86	33			952	
Tipo IV - Teto		Compr.	Largura	Total				4922	
4.1 - Laje				0,00	315			0	
4.2 - Em laje, c/2,5 cm de isolamento ou mais				0,00	125			0	
4.3 - Entre andares				94,66	52			4922	
4.4 - Sob telhado isolado				0,00	72			0	
4.5 - Sob telhado sem isolamento				0,00	160			0	
Tipo V - Piso		Compr.	Largura	Total				0	
Piso não colocado sobre o solo				0,00	52			0	
Tipo VI - Pessoas								5040	
Em Atividade Normal		8			630			5040	
Em Atividade Física (Academia)					1000			0	
Tipo VII - Iluminação e aparelhos								5432,14	
Lâmpadas (Incandescentes)				W	4			0	
Lâmpadas (Fluorescentes)		320		W	2			640	
Aparelhos Elétricos		2,557		KW	860			2199,02	
Motores				HP	645			0	
Número de Computadores		2		W	3,412			2593,12	
Tipo VIII - Portas ou vãos		Largura	Altura	Total				0	
Abertos constantemente				0	630			0	
							SubTotal	23056	

Aparelho (Capacidade Btu's)	Modelo	Tensão
12.000+12.000		220
GWH12MB-D3NNA5E/I (GREE A)		

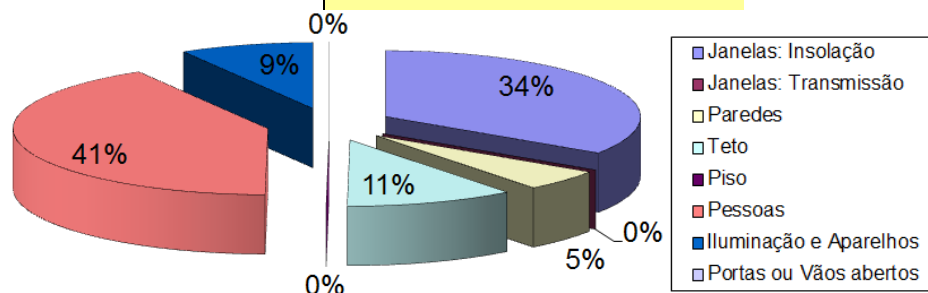
Fator Climático da região	1,05
Carga Térmica Total Btu/h	22950
TR	1,91



29/05/2019 11:09				Carga Térmica				
Cliente:		Laboratório de Engenharia Elétrica						
Local:		Laboratório de Máquinas Elétricas						
Procedência do calor		Unidades		Fatores			Unid.xFato	Btu/h
Tipo I - Janelas c/ isolamento		Largura	Altura	Total	S/ Proteção	Proteção Int.	Proteção Ext.	7840
1.1 - Norte		4,9	1,6	7,84	1000	480	290	7840
1.2 - Nordeste				0,00	1000	400	290	
1.3 - Leste				0,00	1130	550	360	
1.4 - Sudeste				0,00	840	360	290	
1.5 - Sul				0,00	0	0	0	
1.6 - Sudoeste				0,00	1680	670	480	
1.7 - Oeste				0,00	2100	920	630	
1.8 - Noroeste				0,00	1500	630	400	
Tipo II - Janelas Transmissão		Largura	Altura	Total				0
2.1 - Vidro comum				0,00	210			0
2.2 - Tijolo de vidro/ vidro duplo				0,00	105			0
Tipo III - Paredes		Largura	Altura	Área Janel	Constr. Leve		Cons. Pesada	1179
3.1 - Externas voltadas p/ o sul				0,00	55		42	
3.2 - Externas outras orientações		4,9	2,9	14,21	84		50	711
3.3 - Interna // ambientes ã cond.		4,9	2,9	14,21	33			469
Tipo IV - Teto		Compr.	Largura	Total				2446
4.1 - Laje				0,00	315			0
4.2 - Em laje, c/2,5 cm de isolamento ou mais				0,00	125			0
4.3 - Entre andares				47,04	52			2446
4.4 - Sob telhado isolado				0,00	72			0
4.5 - Sob telhado sem isolamento				0,00	160			0
Tipo V - Piso		Compr.	Largura	Total				0
Piso não colocado sobre o solo				0,00	52			0
Tipo VI - Pessoas								9450
Em Atividade Normal		15			630			9450
Em Atividade Física (Academia)					1000			0
Tipo VII - Iluminação e aparelhos								1936,56
Lâmpadas (Incandescentes)		0		W	4			0
Lâmpadas (Fluorescentes)		320		W	2			640
Aparelhos Elétricos				KW	860			0
Motores				HP	645			0
Número de Computadores		1		W	3,412			1296,56
Tipo VIII - Portas ou vãos		Largura	Altura	Total				0
Abertos constantemente				0	630			0
							SubTotal	22852

Aparelho (Capacidade Btu's)	Modelo	Tensão
24.000		220

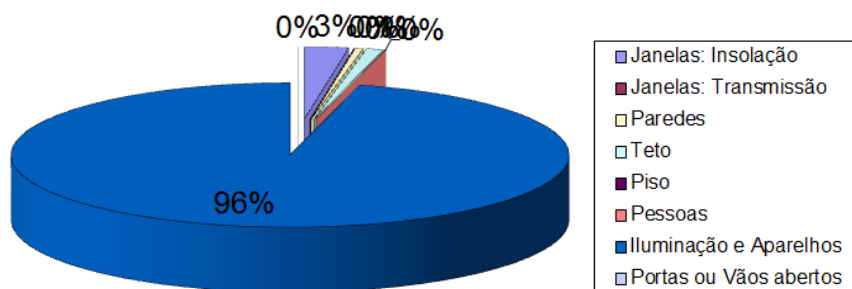
Fator Climático da região	1,05
Carga Térmica Total Btu/h	22747
TR	1,90



29/05/2019 11:11				Carga Térmica				
Cliente:		Laboratório de Engenharia Elétrica						
Local:		Casa de Força						
Procedência do calor		Unidades		Fatores			Unid.xFato	Btu/h
Tipo I - Janelas c/ isolamento		Largura	Altura	Total	S/ Proteção	Proteção Int.	Proteção Ext.	6320
1.1 - Norte		3,95	1,6	6,32	1000	480	290	6320
1.2 - Nordeste				0,00	1000	400	290	
1.3 - Leste				0,00	1130	550	360	
1.4 - Sudeste				0,00	840	360	290	
1.5 - Sul				0,00	0	0	0	
1.6 - Sudoeste				0,00	1680	670	480	
1.7 - Oeste				0,00	2100	920	630	
1.8 - Noroeste				0,00	1500	630	400	
Tipo II - Janelas Transmissão		Largura	Altura	Total				0
2.1 - Vidro comum				0,00	210			0
2.2 - Tijolo de vidro/ vidro duplo				0,00	105			0
Tipo III - Paredes		Largura	Altura	Área Janel	Constr. Leve		Cons. Pesada	1179
3.1 - Externas voltadas p/ o sul				0,00	55		42	
3.2 - Externas outras orientações		4,9	2,9	14,21	84		50	711
3.3 - Interna // ambientes ã cond.		4,9	2,9	14,21	33			469
Tipo IV - Teto		Compr.	Largura	Total				2446
4.1 - Laje				0,00	315			0
4.2 - Em laje, c/2,5 cm de isolamento ou mais				0,00	125			0
4.3 - Entre andares				47,04	52			2446
4.4 - Sob telhado isolado				0,00	72			0
4.5 - Sob telhado sem isolamento				0,00	160			0
Tipo V - Piso		Compr.	Largura	Total				0
Piso não colocado sobre o solo				0,00	52			0
Tipo VI - Pessoas								0
Em Atividade Normal		0			630			0
Em Atividade Física (Academia)					1000			0
Tipo VII - Iluminação e aparelhos								238000
Lâmpadas (Incandescentes)				W	4			0
Lâmpadas (Fluorescentes)		320		W	2			640
Aparelhos Elétricos		276		KW	860			237360
Motores				HP	645			0
Número de Computadores		0		W	3,412			0
Tipo VIII - Portas ou vãos		Largura	Altura	Total				0
Abertos constantemente				0	630			0
							SubTotal	247946

Aparelho (Capacidade Btu's)	Modelo	Tensão
30.000		220
TI30R (ELECTROLUX A)		

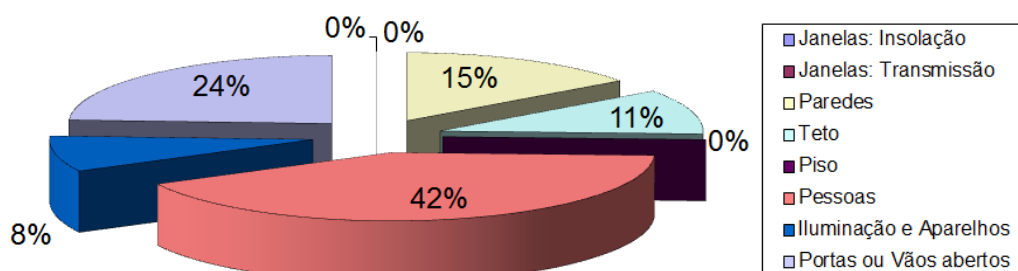
Fator Climático da região	1,05
Carga Térmica Total Btu/h	246805
TR	20,57



29/05/2019 11:13				Carga Térmica				
Cliente:		Laboratório de Engenharia Elétrica						
Local:		SECRETARIA LAB. COMPUTAÇÃO						
Procedência do calor		Unidades		Fatores			Unid.xFato	Btu/h
Tipo I - Janelas c/ isolamento		Largura	Altura	Total	S/ Proteção	Proteção Int.	Proteção Ext.	0
1.1 - Norte				0,00	1000	480	290	0
1.2 - Nordeste				0,00	1000	400	290	0
1.3 - Leste				0,00	1130	550	360	0
1.4 - Sudeste				0,00	840	360	290	0
1.5 - Sul				0,00	0	0	0	0
1.6 - Sudoeste				0,00	1680	670	480	0
1.7 - Oeste				0,00	2100	920	630	0
1.8 - Noroeste				0,00	1500	630	400	0
Tipo II - Janelas Transmissão		Largura	Altura	Total				0
2.1 - Vidro comum				0,00	210			0
2.2 - Tijolo de vidro/ vidro duplo				0,00	105			0
Tipo III - Paredes		Largura	Altura	Área Janel	Constr. Leve		Cons. Pesada	1135
3.1 - Externas voltadas p/ o sul		7,8	2,9	22,48	55		42	944
3.2 - Externas outras orientações				0,00	84		50	0
3.3 - Interna // ambientes ã cond.		2	2,9	5,80	33			191
Tipo IV - Teto		Compr.	Largura	Total				806
4.1 - Laje				0,00	315			0
4.2 - Em laje, c/2,5 cm de isolamento ou mais				0,00	125			0
4.3 - Entre andares				15,50	52			806
4.4 - Sob telhado isolado				0,00	72			0
4.5 - Sob telhado sem isolamento				0,00	160			0
Tipo V - Piso		Compr.	Largura	Total				0
Piso não colocado sobre o solo				0,00	52			0
Tipo VI - Pessoas								3150
Em Atividade Normal		5			630			3150
Em Atividade Física (Academia)					1000			0
Tipo VII - Iluminação e aparelhos								640
Lâmpadas (Incandescentes)				W	4			0
Lâmpadas (Fluorescentes)		320		W	2			640
Aparelhos Elétricos				KW	860			0
Motores				HP	645			0
Número de Computadores		0		W	3,412			0
Tipo VIII - Portas ou vãos		Largura	Altura	Total				1827
Abertos constantemente		1	2,9	2,9	630			1827
							SubTotal	7558

Aparelho (Capacidade Btu's)	Modelo	Tensão
9.000		220
TI09R (ELECTROLUX A)		

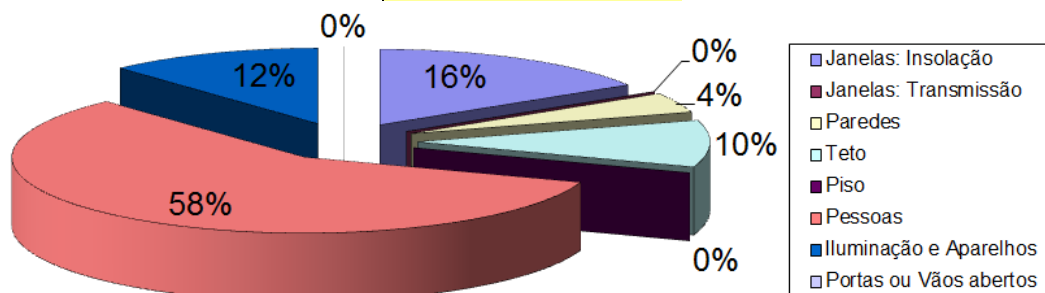
Fator Climático da região	1,05
Carga Térmica Total Btu/h	7524
TR	0,63



29/05/2019 11:14				Carga Térmica				
Cliente:		Laboratório de Engenharia Elétrica						
Local:		LABORATÓRIO 1 DE COMPUTAÇÃO						
Procedência do calor		Unidades		Fatores			Unid.xFato	Btu/h
Tipo I - Janelas c/ isolamento		Largura	Altura	Total	S/ Proteção	Proteção Int.	Proteção Ext.	2640
1.1 - Norte		1,65	1,6	2,64	1000	480	290	2640
1.2 - Nordeste				0,00	1000	400	290	0
1.3 - Leste				0,00	1130	550	360	0
1.4 - Sudeste				0,00	840	360	290	0
1.5 - Sul				0,00	0	0	0	0
1.6 - Sudoeste				0,00	1680	670	480	0
1.7 - Oeste				0,00	2100	920	630	0
1.8 - Noroeste				0,00	1500	630	400	0
Tipo II - Janelas Transmissão		Largura	Altura	Total				0
2.1 - Vidro comum				0,00	210			0
2.2 - Tijolo de vidro/ vidro duplo				0,00	105			0
Tipo III - Paredes		Largura	Altura	Área Janel	Constr. Leve		Cons. Pesada	697
3.1 - Externas voltadas p/ o sul				0,00	55		42	0
3.2 - Externas outras orientações		4,81	2,9	13,95	84		50	697
3.3 - Interna // ambientes ã cond.				0,00	33			0
Tipo IV - Teto		Compr.	Largura	Total				1631
4.1 - Laje				0,00	315			0
4.2 - Em laje, c/2,5 cm de isolamento ou mais				0,00	125			0
4.3 - Entre andares				31,36	52			1631
4.4 - Sob telhado isolado				0,00	72			0
4.5 - Sob telhado sem isolamento				0,00	160			0
Tipo V - Piso		Compr.	Largura	Total				0
Piso não colocado sobre o solo				0,00	52			0
Tipo VI - Pessoas								9450
Em Atividade Normal		15			630			9450
Em Atividade Física (Academia)					1000			0
Tipo VII - Iluminação e aparelhos								1936,56
Lâmpadas (Incandescentes)				W	4			0
Lâmpadas (Fluorescentes)		320		W	2			640
Aparelhos Elétricos				KW	860			0
Motores				HP	645			0
Número de Computadores		1		W	3,412			1296,56
Tipo VIII - Portas ou vãos		Largura	Altura	Total				0
Abertos constantemente				0	630			0
							SubTotal	16355

Aparelho (Capacidade Btu's)	Modelo	Tensão
18.000		220
HEQ118B21A (ELGIN A)		

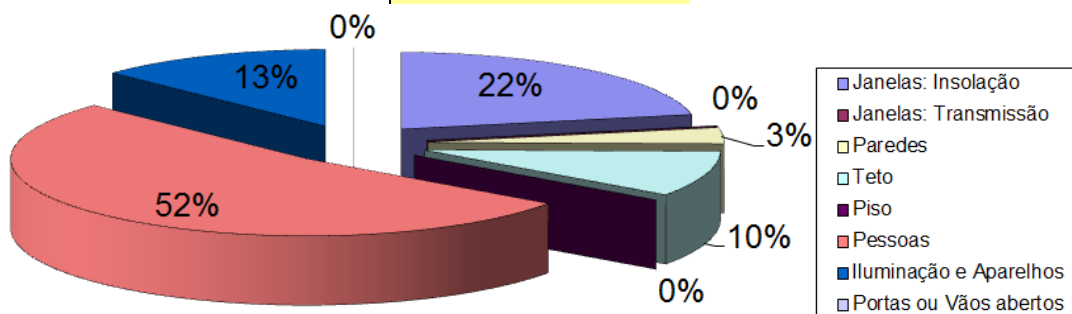
Fator Climático da região	1,05
Carga Térmica Total Btu/h	16279
TR	1,36



29/05/2019 11:16				Carga Térmica					
Cliente:		Laboratório de Engenharia Elétrica							
Local:		LABORATÓRIO 2 DE COMPUTAÇÃO							
Procedência do calor		Unidades			Fatores			Unid.xFato	Btu/h
Tipo I - Janelas c/ isolamento		Largura	Altura	Total	S/ Proteção	Proteção Int.	Proteção Ext.	2640	2640
1.1 - Norte		1,65	1,6	2,64	1000	480	290	2640	
1.2 - Nordeste				0,00	1000	400	290	0	
1.3 - Leste				0,00	1130	550	360	0	
1.4 - Sudeste				0,00	840	360	290	0	
1.5 - Sul				0,00	0	0	0	0	
1.6 - Sudoeste				0,00	1680	670	480	0	
1.7 - Oeste				0,00	2100	920	630	0	
1.8 - Noroeste				0,00	1500	630	400	0	
Tipo II - Janelas Transmissão		Largura	Altura	Total				0	
2.1 - Vidro comum				0,00	210			0	
2.2 - Tijolo de vidro/ vidro duplo				0,00	105			0	
Tipo III - Paredes		Largura	Altura	Área Janel	Constr. Leve		Cons. Pesada	403	
3.1 - Externas voltadas p/ o sul				0,00	55		42	0	
3.2 - Externas outras orientações		2,78	2,9	8,06	84		50	403	
3.3 - Interna // ambientes ã cond.				0,00	33			0	
Tipo IV - Teto		Compr.	Largura	Total				1152	
4.1 - Laje				0,00	315			0	
4.2 - Em laje, c/2,5 cm de isolamento ou mais				0,00	125			0	
4.3 - Entre andares		2,78	8,0	22,16	52			1152	
4.4 - Sob telhado isolado				0,00	72			0	
4.5 - Sob telhado sem isolamento				0,00	160			0	
Tipo V - Piso		Compr.	Largura	Total				0	
Piso não colocado sobre o solo				0,00	52			0	
Tipo VI - Pessoas								6300	
Em Atividade Normal		10			630			6300	
Em Atividade Física (Academia)					1000			0	
Tipo VII - Iluminação e aparelhos								1536,56	
Lâmpadas (Incandescentes)				W	4			0	
Lâmpadas (Fluorescentes)		120		W	2			240	
Aparelhos Elétricos				KW	860			0	
Motores				HP	645			0	
Número de Computadores		1		W	3,412			1296,56	
Tipo VIII - Portas ou vãos		Largura	Altura	Total				0	
Abertos constantemente				0	630			0	
							SubTotal	12032	

Aparelho (Capacidade Btu's)	Modelo	Tensão
12.000		220
HEQ112B2IA (ELGIN A)		

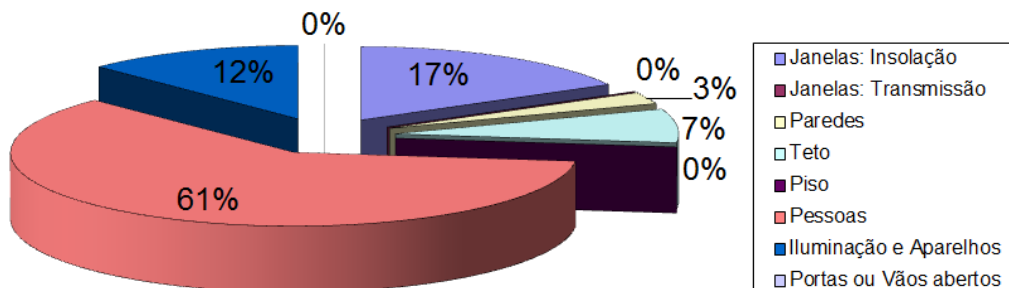
Fator Climático da região	1,05
Carga Térmica Total Btu/h	11976
TR	1,00



29/05/2019 11:17				Carga Térmica					
Cliente:		Laboratório de Engenharia Elétrica							
Local:		LABORATÓRIO 3 DE COMPUTAÇÃO							
Procedência do calor		Unidades			Fatores			Unid.xFato	Btu/h
Tipo I - Janelas c/ isolamento		Largura	Altura	Total	S/ Proteção	Proteção Int.	Proteção Ext.	2640	2640
1.1 - Norte		1,65	1,6	2,64	1000	480	290	2640	
1.2 - Nordeste				0,00	1000	400	290	0	
1.3 - Leste				0,00	1130	550	360	0	
1.4 - Sudeste				0,00	840	360	290	0	
1.5 - Sul				0,00	0	0	0	0	
1.6 - Sudoeste				0,00	1680	670	480	0	
1.7 - Oeste				0,00	2100	920	630	0	
1.8 - Noroeste				0,00	1500	630	400	0	
Tipo II - Janelas Transmissão		Largura	Altura	Total				0	
2.1 - Vidro comum				0,00	210			0	
2.2 - Tijolo de vidro/ vidro duplo				0,00	105			0	
Tipo III - Paredes		Largura	Altura	Área Janel	Constr. Leve		Cons. Pesada	403	
3.1 - Externas voltadas p/ o sul				0,00	55		42	0	
3.2 - Externas outras orientações		2,78	2,9	8,06	84		50	403	
3.3 - Interna // ambientes ã cond.				0,00	33			0	
Tipo IV - Teto		Compr.	Largura	Total				1152	
4.1 - Laje				0,00	315			0	
4.2 - Em laje, c/2,5 cm de isolamento ou mais				0,00	125			0	
4.3 - Entre andares		2,78	8,0	22,16	52			1152	
4.4 - Sob telhado isolado				0,00	72			0	
4.5 - Sob telhado sem isolamento				0,00	160			0	
Tipo V - Piso		Compr.	Largura	Total				0	
Piso não colocado sobre o solo				0,00	52			0	
Tipo VI - Pessoas								9450	
Em Atividade Normal		15			630			9450	
Em Atividade Física (Academia)					1000			0	
Tipo VII - Iluminação e aparelhos								1936,56	
Lâmpadas (Incandescentes)				W	4			0	
Lâmpadas (Fluorescentes)		320		W	2			640	
Aparelhos Elétricos				KW	860			0	
Motores				HP	645			0	
Número de Computadores		1		W	3,412			1296,56	
Tipo VIII - Portas ou vãos		Largura	Altura	Total				0	
Abertos constantemente				0	630			0	
							SubTotal	15582	

Aparelho (Capacidade Btu's)	Modelo	Tensão
18.000		220
HEQI18B2IA (ELGIN A)		

Fator Climático da região	1,05
Carga Térmica Total Btu/h	15510
TR	1,29

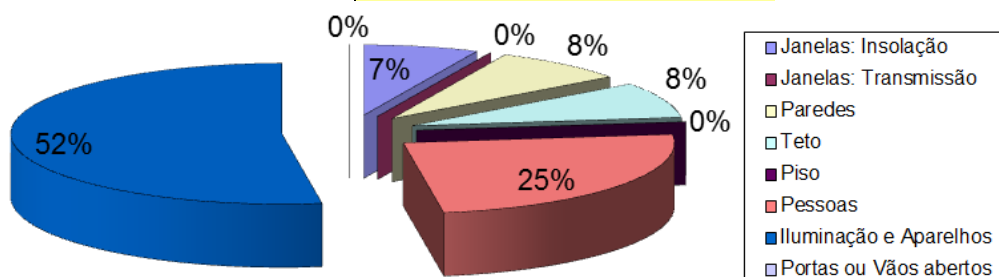


29/05/2019 11:18				Carga Térmica					
Cliente:		Laboratório de Engenharia Elétrica							
Local:		LABORATÓRIO DE COMUNICAÇÕES							
Procedência do calor		Unidades			Fatores			Unid.xFato	Btu/h
Tipo I - Janelas c/ isolamento		Largura	Altura	Total	S/ Proteção	Proteção Int.	Proteção Ext.	2640	2640
1.1 - Norte		1,65	1,6	2,64	1000	480	290	2640	
1.2 - Nordeste				0,00	1000	400	290	0	
1.3 - Leste				0,00	1130	550	360	0	
1.4 - Sudeste				0,00	840	360	290	0	
1.5 - Sul				0,00	0	0	0	0	
1.6 - Sudoeste				0,00	1680	670	480	0	
1.7 - Oeste				0,00	2100	920	630	0	
1.8 - Noroeste				0,00	1500	630	400	0	
Tipo II - Janelas Transmissão		Largura	Altura	Total				0	
2.1 - Vidro comum				0,00	210			0	
2.2 - Tijolo de vidro/ vidro duplo				0,00	105			0	
Tipo III - Paredes		Largura	Altura	Área Janel	Constr. Leve		Cons. Pesada	3084	
3.1 - Externas voltadas p/ o sul		5,2	2,9	15,08	55		42	633	
3.2 - Externas outras orientações		16,9	2,9	49,01	84		50	2451	
3.3 - Interna // ambientes ã cond.				0,00	33			0	
Tipo IV - Teto		Compr.	Largura	Total				3164	
4.1 - Laje				0,00	315			0	
4.2 - Em laje, c/2,5 cm de isolamento ou mais				0,00	125			0	
4.3 - Entre andares		11,7	5,2	60,84	52			3164	
4.4 - Sob telhado isolado				0,00	72			0	
4.5 - Sob telhado sem isolamento				0,00	160			0	
Tipo V - Piso		Compr.	Largura	Total				0	
Piso não colocado sobre o solo				0,00	52			0	
Tipo VI - Pessoas								9450	
Em Atividade Normal		15			630			9450	
Em Atividade Física (Academia)					1000			0	
Tipo VII - Iluminação e aparelhos								20168,4	
Lâmpadas (Incandescentes)				W	4			0	
Lâmpadas (Fluorescentes)		360		W	2			720	
Aparelhos Elétricos				KW	860			0	
Motores				HP	645			0	
Número de Computadores		15		W	3,412			19448,4	
Tipo VIII - Portas ou vãos		Largura	Altura	Total				0	
Abertos constantemente				0	630			0	
							SubTotal	38506	

Aparelho (Capacidade Btu's)	Modelo	Tensão
22000+18000		220

Fator Climático da região	1,05
Carga Térmica Total Btu/h	38329
TR	3,19

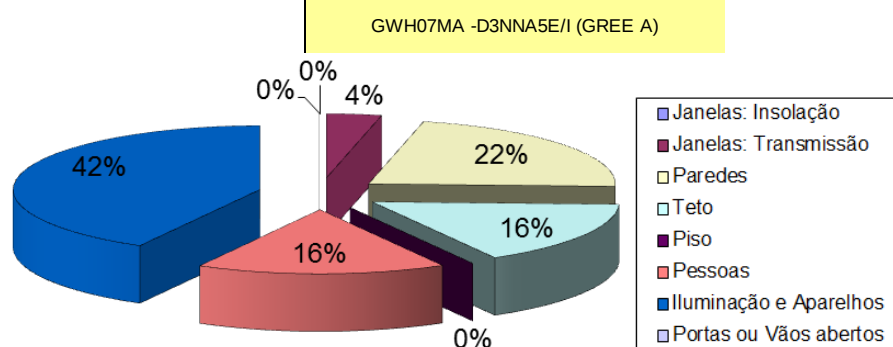
CBW22A (CONSUL A)+CBU18D (CONSUL A)



29/05/2019 11:20				Carga Térmica				
Cliente:		Laboratório de Engenharia Elétrica						
Local:		SECRETARIA						
Procedência do calor		Unidades		Fatores			Unid.xFato	Btu/h
Tipo I - Janelas c/ isolamento		Largura	Altura	Total	S/ Proteção	Proteção Int.	Proteção Ext.	0
1.1 - Norte				0,00	1000	480	290	0
1.2 - Nordeste				0,00	1000	400	290	0
1.3 - Leste				0,00	1130	550	360	0
1.4 - Sudeste				0,00	840	360	290	0
1.5 - Sul				0,00	0	0	0	0
1.6 - Sudoeste				0,00	1680	670	480	0
1.7 - Oeste				0,00	2100	920	630	0
1.8 - Noroeste				0,00	1500	630	400	0
Tipo II - Janelas Transmissão		Largura	Altura	Total				138,6
2.1 - Vidro comum		1,20	0,55	0,66	210			138,6
2.2 - Tijolo de vidro/ vidro duplo				0,00	105			0
Tipo III - Paredes		Largura	Altura	Área Janel	Constr. Leve		Cons. Pesada	850
3.1 - Externas voltadas p/ o sul				0,00	55		42	0
3.2 - Externas outras orientações		2,4	2,9	6,96	84		50	348
3.3 - Interna // ambientes ã cond.		5,25	2,9	15,23	33			502
Tipo IV - Teto		Compr.	Largura	Total				624
4.1 - Laje				0,00	315			0
4.2 - Em laje, c/2,5 cm de isolamento ou mais				0,00	125			0
4.3 - Entre andares				12,00	52			624
4.4 - Sob telhado isolado				0,00	72			0
4.5 - Sob telhado sem isolamento				0,00	160			0
Tipo V - Piso		Compr.	Largura	Total				0
Piso não colocado sobre o solo				0,00	52			0
Tipo VI - Pessoas								630
Em Atividade Normal		1			630			630
Em Atividade Física (Academia)					1000			0
Tipo VII - Iluminação e aparelhos								1619,98
Lâmpadas (Incandescentes)				W	4			0
Lâmpadas (Fluorescentes)		120		W	2			240
Aparelhos Elétricos		0,097		KW	860			83,42
Motores				HP	645			0
Número de Computadores		1		W	3,412			1296,56
Tipo VIII - Portas ou vãos		Largura	Altura	Total				0
Abertos constantemente				0	630			0
							SubTotal	3863

Aparelho (Capacidade Btu's)	Modelo	Tensão
7.000		220

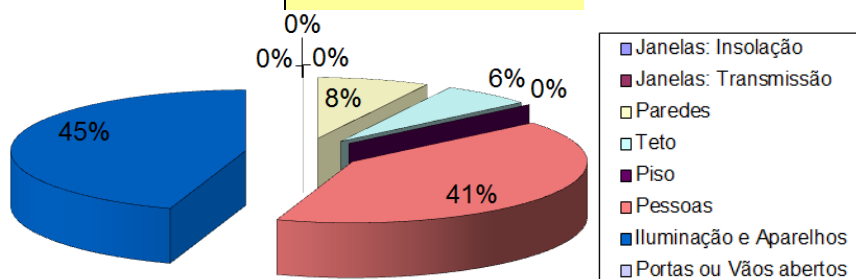
Fator Climático da região	1,05
Carga Térmica Total Btu/h	3845
TR	0,32



29/05/2019 11:21				Carga Térmica				
Cliente:		Laboratório de Engenharia Elétrica						
Local:		LABORATÓRIO DE ELETRÔNICA DIGITAL						
Procedência do calor		Unidades		Fatores			Unid.xFato	Btu/h
Tipo I - Janelas c/ isolamento		Largura	Altura	Total	S/ Proteção	Proteção Int.	Proteção Ext.	0
1.1 - Norte				0,00	1000	480	290	0
1.2 - Nordeste				0,00	1000	400	290	0
1.3 - Leste				0,00	1130	550	360	0
1.4 - Sudeste				0,00	840	360	290	0
1.5 - Sul		5	1,6	8,00	0	0	0	0
1.6 - Sudoeste				0,00	1680	670	480	0
1.7 - Oeste				0,00	2100	920	630	0
1.8 - Noroeste				0,00	1500	630	400	0
Tipo II - Janelas Transmissão		Largura	Altura	Total				0
2.1 - Vidro comum				0,00	210			0
2.2 - Tijolo de vidro/ vidro duplo				0,00	105			0
Tipo III - Paredes		Largura	Altura	Área Janel	Constr. Leve		Cons. Pesada	2353
3.1 - Externas voltadas p/ o sul		7,3	2,9	21,23	55		42	892
3.2 - Externas outras orientações		5,25	2,9	15,23	84		50	761
3.3 - Interna // ambientes ã cond.		7,32	2,9	21,23	33			701
Tipo IV - Teto		Compr.	Largura	Total				1904
4.1 - Laje				0,00	315			0
4.2 - Em laje, c/2,5 cm de isolamento ou mais				0,00	125			0
4.3 - Entre andares				36,62	52			1904
4.4 - Sob telhado isolado				0,00	72			0
4.5 - Sob telhado sem isolamento				0,00	160			0
Tipo V - Piso		Compr.	Largura	Total				0
Piso não colocado sobre o solo				0,00	52			0
Tipo VI - Pessoas								12600
Em Atividade Normal		20			630			12600
Em Atividade Física (Academia)					1000			0
Tipo VII - Iluminação e aparelhos								13685,6
Lâmpadas (Incandescentes)				W	4			0
Lâmpadas (Fluorescentes)		360		W	2			720
Aparelhos Elétricos				KW	860			0
Motores				HP	645			0
Número de Computadores		10		W	3,412			12965,6
Tipo VIII - Portas ou vãos		Largura	Altura	Total				0
Abertos constantemente				0	630			0
							SubTotal	30543

Aparelho (Capacidade Btu's)	Modelo	Tensão
30.000		220
TI30R (ELECTROLUX A)		

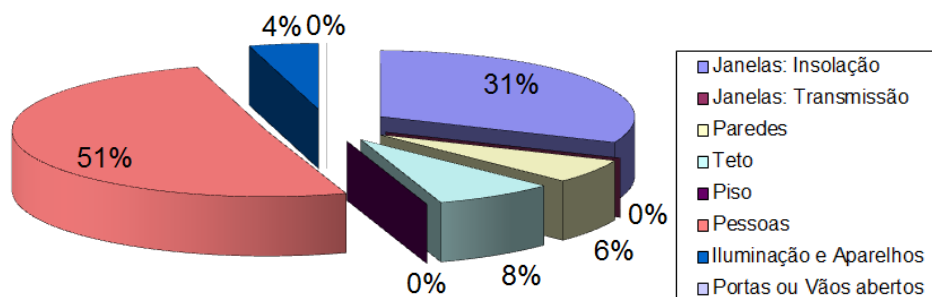
Fator Climático da região	1,05
Carga Térmica Total Btu/h	30403
TR	2,53



29/05/2019 11:27				Carga Térmica				
Cliente:		Laboratório de Engenharia Elétrica						
Local:		LABORATÓRIO DE ELETRÔNICA ANALÓGICA						
Procedência do calor		Unidades		Fatores			Unid.xFato	Btu/h
Tipo I - Janelas c/ isolamento		Largura	Altura	Total	S/ Proteção	Proteção Int.	Proteção Ext.	7808
1.1 - Norte		4,88	1,6	7,81	1000	480	290	7808
1.2 - Nordeste				0,00	1000	400	290	0
1.3 - Leste				0,00	1130	550	360	0
1.4 - Sudeste				0,00	840	360	290	0
1.5 - Sul				0,00	0	0	0	0
1.6 - Sudoeste				0,00	1680	670	480	0
1.7 - Oeste				0,00	2100	920	630	0
1.8 - Noroeste				0,00	1500	630	400	0
Tipo II - Janelas Transmissão		Largura	Altura	Total				0
2.1 - Vidro comum				0,00	210			0
2.2 - Tijolo de vidro/ vidro duplo				0,00	105			0
Tipo III - Paredes		Largura	Altura	Área Janel	Constr. Leve		Cons. Pesada	1462
3.1 - Externas voltadas p/ o sul				0,00	55		42	0
3.2 - Externas outras orientações		5,25	2,9	15,23	84		50	761
3.3 - Interna // ambientes ã cond.		7,32	2,9	21,23	33			701
Tipo IV - Teto		Compr.	Largura	Total				1904
4.1 - Laje				0,00	315			0
4.2 - Em laje, c/2,5 cm de isolamento ou mais				0,00	125			0
4.3 - Entre andares				36,62	52			1904
4.4 - Sob telhado isolado				0,00	72			0
4.5 - Sob telhado sem isolamento				0,00	160			0
Tipo V - Piso		Compr.	Largura	Total				0
Piso não colocado sobre o solo				0,00	52			0
Tipo VI - Pessoas								12600
Em Atividade Normal		20			630			12600
Em Atividade Física (Academia)					1000			0
Tipo VII - Iluminação e aparelhos								1093,2
Lâmpadas (Incandescentes)				W	4			0
Lâmpadas (Fluorescentes)		280		W	2			560
Aparelhos Elétricos		0,62		KW	860			533,2
Motores				HP	645			0
Número de Computadores				W	3,412			0
Tipo VIII - Portas ou vãos		Largura	Altura	Total				0
Abertos constantemente				0	630			0
							SubTotal	24867

Aparelho (Capacidade Btu's)	Modelo	Tensão
30.000		220
TI30R (ELECTROLUX A)		

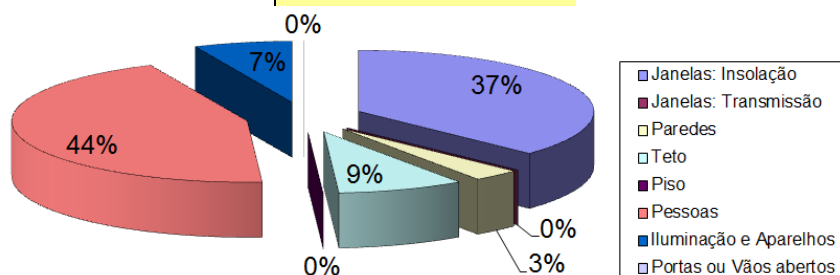
Fator Climático da região	1,05
Carga Térmica Total Btu/h	24753
TR	2,06



29/05/2019 11:39				Carga Térmica				
Cliente:		Laboratório de Engenharia Elétrica						
Local:		SALA DE SUPORTE À COMPUTAÇÃO						
Procedência do calor		Unidades		Fatores			Unid.xFato	Btu/h
Tipo I - Janelas c/ isolamento		Largura	Altura	Total	S/ Proteção	Proteção Int.	Proteção Ext.	2640
1.1 - Norte		1,65	1,6	2,64	1000	480	290	2640
1.2 - Nordeste				0,00	1000	400	290	0
1.3 - Leste				0,00	1130	550	360	0
1.4 - Sudeste				0,00	840	360	290	0
1.5 - Sul				0,00	0	0	0	0
1.6 - Sudoeste				0,00	1680	670	480	0
1.7 - Oeste				0,00	2100	920	630	0
1.8 - Noroeste				0,00	1500	630	400	0
Tipo II - Janelas Transmissão		Largura	Altura	Total				0
2.1 - Vidro comum				0,00	210			0
2.2 - Tijolo de vidro/ vidro duplo				0,00	105			0
Tipo III - Paredes		Largura	Altura	Área Janel	Constr. Leve		Cons. Pesada	228
3.1 - Externas voltadas p/ o sul				0,00	55		42	0
3.2 - Externas outras orientações				0,00	84		50	0
3.3 - Interna // ambientes ã cond.		2,38	2,9	6,90	33			228
Tipo IV - Teto		Compr.	Largura	Total				617
4.1 - Laje				0,00	315			0
4.2 - Em laje, c/2,5 cm de isolamento ou mais				0,00	125			0
4.3 - Entre andares				11,87	52			617
4.4 - Sob telhado isolado				0,00	72			0
4.5 - Sob telhado sem isolamento				0,00	160			0
Tipo V - Piso		Compr.	Largura	Total				0
Piso não colocado sobre o solo				0,00	52			0
Tipo VI - Pessoas								3150
Em Atividade Normal		5			630			3150
Em Atividade Física (Academia)					1000			0
Tipo VII - Iluminação e aparelhos								480
Lâmpadas (Incandescentes)				W	4			0
Lâmpadas (Fluorescentes)		240		W	2			480
Aparelhos Elétricos				KW	860			0
Motores				HP	645			0
Número de Computadores				W	3,412			0
Tipo VIII - Portas ou vãos		Largura	Altura	Total				0
Abertos constantemente				0	630			0
							SubTotal	7115

Aparelho (Capacidade Btu's)	Modelo	Tensão
7.000		220
GWH07MA -D3NNA5E/I (GREE A)		

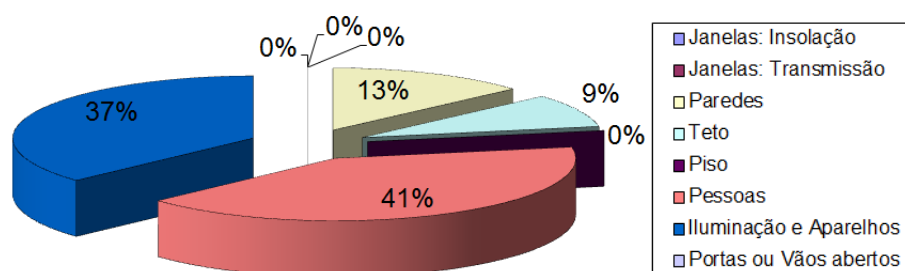
Fator Climático da região	1,05
Carga Térmica Total Btu/h	7082
TR	0,59



29/05/2019 11:41				Carga Térmica				
Cliente:		Laboratório de Engenharia Elétrica						
Local:		ENGCOMP TI						
Procedência do calor		Unidades		Fatores			Unid.xFato	Btu/h
Tipo I - Janelas c/ isolamento		Largura	Altura	Total	S/ Proteção	Proteção Int.	Proteção Ext.	0
1.1 - Norte				0,00	1000	480	290	0
1.2 - Nordeste				0,00	1000	400	290	0
1.3 - Leste				0,00	1130	550	360	0
1.4 - Sudeste				0,00	840	360	290	0
1.5 - Sul				0,00	0	0	0	0
1.6 - Sudoeste				0,00	1680	670	480	0
1.7 - Oeste				0,00	2100	920	630	0
1.8 - Noroeste				0,00	1500	630	400	0
Tipo II - Janelas Transmissão		Largura	Altura	Total				0
2.1 - Vidro comum				0,00	210			0
2.2 - Tijolo de vidro/ vidro duplo				0,00	105			0
Tipo III - Paredes		Largura	Altura	Área Janel	Constr. Leve		Cons. Pesada	1035
3.1 - Externas voltadas p/ o sul		2,6	2,9	7,42	55		42	312
3.2 - Externas outras orientações				0,00	84		50	0
3.3 - Interna // ambientes ã cond.		7,56	2,9	21,92	33			723
Tipo IV - Teto		Compr.	Largura	Total				666
4.1 - Laje				0,00	315			0
4.2 - Em laje, c/2,5 cm de isolamento ou mais				0,00	125			0
4.3 - Entre andares				12,80	52			666
4.4 - Sob telhado isolado				0,00	72			0
4.5 - Sob telhado sem isolamento				0,00	160			0
Tipo V - Piso		Compr.	Largura	Total				0
Piso não colocado sobre o solo				0,00	52			0
Tipo VI - Pessoas								3150
Em Atividade Normal		5			630			3150
Em Atividade Física (Academia)					1000			0
Tipo VII - Iluminação e aparelhos								2833,12
Lâmpadas (Incandescentes)				W	4			0
Lâmpadas (Fluorescentes)		120		W	2			240
Aparelhos Elétricos				KW	860			0
Motores				HP	645			0
Número de Computadores		2		W	3,412			2593,12
Tipo VIII - Portas ou vãos		Largura	Altura	Total				0
Abertos constantemente				0	630			0
							SubTotal	7684

Aparelho (Capacidade Btu's)	Modelo	Tensão
9.000		220
VI09R (ELECTROLUX A)		

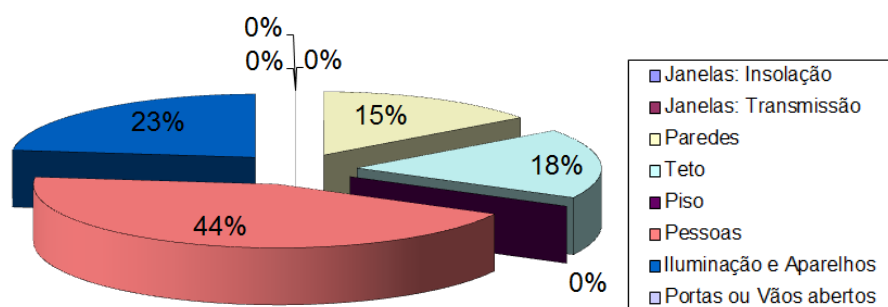
Fator Climático da região	1,05
Carga Térmica Total Btu/h	7649
TR	0,64



29/05/2019 11:43				Carga Térmica				
Cliente:		Laboratório de Engenharia Elétrica						
Local:		OFICINA DE MANUTENÇÃO						
Procedência do calor		Unidades		Fatores			Unid.xFato	Btu/h
Tipo I - Janelas c/ isolamento		Largura	Altura	Total	S/ Proteção	Proteção Int.	Proteção Ext.	0
1.1 - Norte				0,00	1000	480	290	0
1.2 - Nordeste				0,00	1000	400	290	0
1.3 - Leste				0,00	1130	550	360	0
1.4 - Sudeste				0,00	840	360	290	0
1.5 - Sul		4,9	0,55	2,70	0	0	0	0
1.6 - Sudoeste				0,00	1680	670	480	0
1.7 - Oeste				0,00	2100	920	630	0
1.8 - Noroeste				0,00	1500	630	400	0
Tipo II - Janelas Transmissão		Largura	Altura	Total				0
2.1 - Vidro comum				0,00	210			0
2.2 - Tijolo de vidro/ vidro duplo				0,00	105			0
Tipo III - Paredes		Largura	Altura	Área Janel	Constr. Leve		Cons. Pesada	1066
3.1 - Externas voltadas p/ o sul		4,9	2,9	14,21	55		42	597
3.2 - Externas outras orientações				0,00	84		50	0
3.3 - Interna // ambientes ã cond.		4,9	2,9	14,21	33			469
Tipo IV - Teto		Compr.	Largura	Total				1274
4.1 - Laje				0,00	315			0
4.2 - Em laje, c/2,5 cm de isolamento ou mais				0,00	125			0
4.3 - Entre andares				24,50	52			1274
4.4 - Sob telhado isolado				0,00	72			0
4.5 - Sob telhado sem isolamento				0,00	160			0
Tipo V - Piso		Compr.	Largura	Total				0
Piso não colocado sobre o solo				0,00	52			0
Tipo VI - Pessoas								3150
Em Atividade Normal		5			630			3150
Em Atividade Física (Academia)					1000			0
Tipo VII - Iluminação e aparelhos								1656,56
Lâmpadas (Incandescentes)				W	4			0
Lâmpadas (Fluorescentes)		180		W	2			360
Aparelhos Elétricos				KW	860			0
Motores				HP	645			0
Número de Computadores		1		W	3,412			1296,56
Tipo VIII - Portas ou vãos		Largura	Altura	Total				0
Abertos constantemente				0	630			0
							SubTotal	7146

Aparelho (Capacidade Btu's)	Modelo	Tensão
9.000	09R (ELECTROLUX)	220
	VI09R (ELECTROLUX A)	

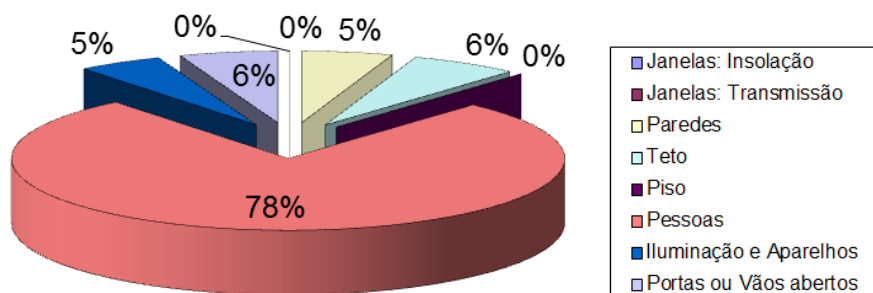
Fator Climático da região	1,05
Carga Térmica Total Btu/h	7113
TR	0,59



29/05/2019 11:44				Carga Térmica				
Cliente:		Laboratório de Engenharia Elétrica						
Local:		Auditório						
Procedência do calor		Unidades		Fatores			Unid.xFato	Btu/h
Tipo I - Janelas c/ isolamento		Largura	Altura	Total	S/ Proteção	Proteção Int.	Proteção Ext.	0
1.1 - Norte				0,00	1000	480	290	0
1.2 - Nordeste				0,00	1000	400	290	
1.3 - Leste				0,00	1130	550	360	
1.4 - Sudeste				0,00	840	360	290	
1.5 - Sul		9,9	0,55	5,45	0	0	0	
1.6 - Sudoeste				0,00	1680	670	480	
1.7 - Oeste				0,00	2100	920	630	
1.8 - Noroeste				0,00	1500	630	400	
Tipo II - Janelas Transmissão		Largura	Altura	Total				0
2.1 - Vidro comum				0,00	210			0
2.2 - Tijolo de vidro/ vidro duplo				0,00	105			0
Tipo III - Paredes		Largura	Altura	Área Janel	Constr. Leve		Cons. Pesada	2153
3.1 - Externas voltadas p/ o sul		9,9	2,9	28,71	55		42	1206
3.2 - Externas outras orientações				0,00	84		50	0
3.3 - Interna // ambientes ã cond.		9,9	2,9	28,71	33			947
Tipo IV - Teto		Compr.	Largura	Total				2574
4.1 - Laje				0,00	315			0
4.2 - Em laje, c/2,5 cm de isolamento ou mais				0,00	125			0
4.3 - Entre andares				49,50	52			2574
4.4 - Sob telhado isolado				0,00	72			0
4.5 - Sob telhado sem isolamento				0,00	160			0
Tipo V - Piso		Compr.	Largura	Total				0
Piso não colocado sobre o solo				0,00	52			0
Tipo VI - Pessoas								31500
Em Atividade Normal		50			630			31500
Em Atividade Física (Academia)					1000			0
Tipo VII - Iluminação e aparelhos								2016,56
Lâmpadas (Incandescentes)				W	4			0
Lâmpadas (Fluorescentes)		360		W	2			720
Aparelhos Elétricos				KW	860			0
Motores				HP	645			0
Número de Computadores		1		W	3,412			1296,56
Tipo VIII - Portas ou vãos		Largura	Altura	Total				2331
Abertos constantemente		1,6	2,1	3,7	630			2331
							SubTotal	40575

Aparelho (Capacidade Btu's)	Modelo	Tensão
22.000+22.000		220
CBW22A (CONSUL A)		

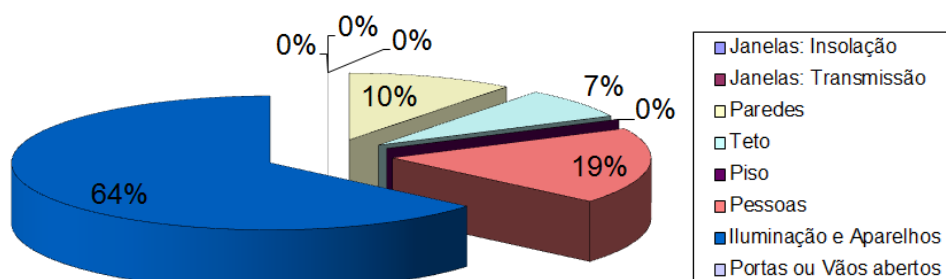
Fator Climático da região	1,05
Carga Térmica Total Btu/h	40388
TR	3,37



29/05/2019 11:46				Carga Térmica					
Cliente:		Laboratório de Engenharia Elétrica							
Local:		LABORATÓRIO DE INTELIGENCIA COMPUTACIONAL							
Procedência do calor		Unidades			Fatores			Unid.xFato	Btu/h
Tipo I - Janelas c/ isolamento		Largura	Altura	Total	S/ Proteção	Proteção Int.	Proteção Ext.	0	0
1.1 - Norte				0,00	1000	480	290		
1.2 - Nordeste				0,00	1000	400	290		
1.3 - Leste				0,00	1130	550	360		
1.4 - Sudeste				0,00	840	360	290		
1.5 - Sul		4,85	0,55	2,67	0	0	0		
1.6 - Sudoeste				0,00	1680	670	480		
1.7 - Oeste				0,00	2100	920	630		
1.8 - Noroeste				0,00	1500	630	400		
Tipo II - Janelas Transmissão		Largura	Altura	Total				0	
2.1 - Vidro comum				0,00	210			0	
2.2 - Tijolo de vidro/ vidro duplo				0,00	105			0	
Tipo III - Paredes		Largura	Altura	Área Janel	Constr. Leve		Cons. Pesada	1780	
3.1 - Externas voltadas p/ o sul		4,9	2,9	14,07	55		42	591	
3.2 - Externas outras orientações		5	2,9	14,50	84		50	725	
3.3 - Interna // ambientes ã cond.		4,85	2,9	14,07	33			464	
Tipo IV - Teto		Compr.	Largura	Total				1261	
4.1 - Laje				0,00	315			0	
4.2 - Em laje, c/2,5 cm de isolamento ou mais				0,00	125			0	
4.3 - Entre andares				24,25	52			1261	
4.4 - Sob telhado isolado				0,00	72			0	
4.5 - Sob telhado sem isolamento				0,00	160			0	
Tipo V - Piso		Compr.	Largura	Total				0	
Piso não colocado sobre o solo				0,00	52			0	
Tipo VI - Pessoas								3150	
Em Atividade Normal		5			630			3150	
Em Atividade Física (Academia)					1000			0	
Tipo VII - Iluminação e aparelhos								10900,94	
Lâmpadas (Incandescentes)				W	4			0	
Lâmpadas (Fluorescentes)		200		W	2			400	
Aparelhos Elétricos		1,657		KW	860			1425,02	
Motores				HP	645			0	
Número de Computadores		7		W	3,412			9075,92	
Tipo VIII - Portas ou vãos		Largura	Altura	Total				0	
Abertos constantemente				0	630			0	
							SubTotal	17092	

Aparelho (Capacidade Btu's)	Modelo	Tensão
18.000		220
CBU18D (CONSUL A)		

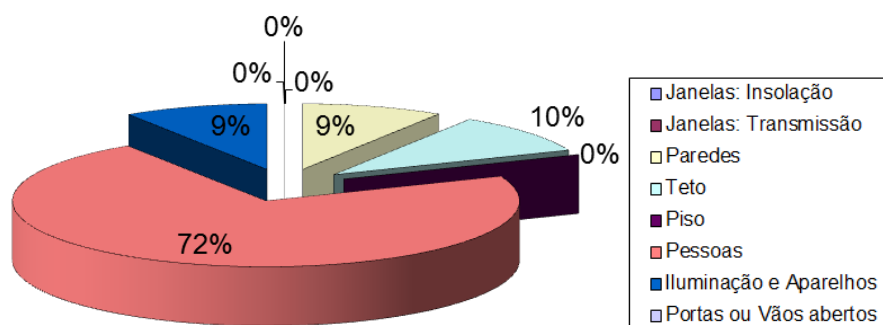
Fator Climático da região	1,05
Carga Térmica Total Btu/h	17013
TR	1,42



29/05/2019 11:48				Carga Térmica				
Cliente:		Laboratório de Engenharia Elétrica						
Local:		SALA IEEE (LASER)						
Procedência do calor		Unidades		Fatores			Unid.xFato	Btu/h
Tipo I - Janelas c/ isolamento		Largura	Altura	Total	S/ Proteção	Proteção Int.	Proteção Ext.	0
1.1 - Norte		9,86	0,55	5,42	1000	480	290	0
1.2 - Nordeste				0,00	1000	400	290	
1.3 - Leste				0,00	1130	550	360	
1.4 - Sudeste				0,00	840	360	290	
1.5 - Sul				0,00	0	0	0	
1.6 - Sudoeste				0,00	1680	670	480	
1.7 - Oeste				0,00	2100	920	630	
1.8 - Noroeste				0,00	1500	630	400	
Tipo II - Janelas Transmissão		Largura	Altura	Total				0
2.1 - Vidro comum				0,00	210			0
2.2 - Tijolo de vidro/ vidro duplo				0,00	105			0
Tipo III - Paredes		Largura	Altura	Área Janel	Constr. Leve		Cons. Pesada	2373
3.1 - Externas voltadas p/ o sul				0,00	55		42	0
3.2 - Externas outras orientações		9,86	2,9	28,59	84		50	1430
3.3 - Interna // ambientes ã cond.		9,86	2,9	28,59	33			944
Tipo IV - Teto		Compr.	Largura	Total				2594
4.1 - Laje				0,00	315			0
4.2 - Em laje, c/2,5 cm de isolamento ou mais				0,00	125			0
4.3 - Entre andares				49,88	52			2594
4.4 - Sob telhado isolado				0,00	72			0
4.5 - Sob telhado sem isolamento				0,00	160			0
Tipo V - Piso		Compr.	Largura	Total				0
Piso não colocado sobre o solo				0,00	52			0
Tipo VI - Pessoas								18900
Em Atividade Normal		30			630			18900
Em Atividade Física (Academia)					1000			0
Tipo VII - Iluminação e aparelhos								2416,56
Lâmpadas (Incandescentes)				W	4			0
Lâmpadas (Fluorescentes)		560		W	2			1120
Aparelhos Elétricos		0		KW	860			0
Motores				HP	645			0
Número de Computadores		1		W	3,412			1296,56
Tipo VIII - Portas ou vãos		Largura	Altura	Total				0
Abertos constantemente				0	630			0
							SubTotal	26284

Aparelho (Capacidade Btu's)	Modelo	Tensão
18000+9000		220
CBU18D+CBU09D (CONSUL A)		

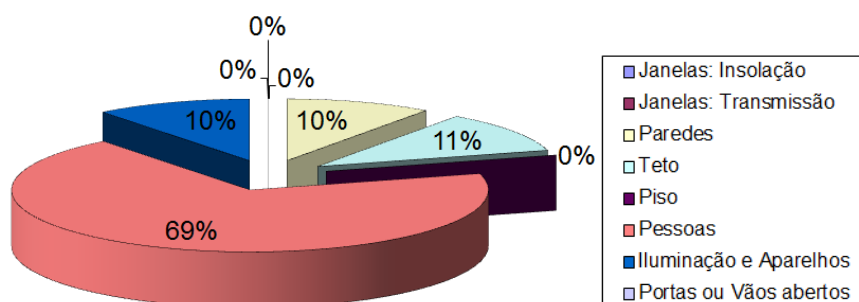
Fator Climático da região	1,05
Carga Térmica Total Btu/h	26163
TR	2,18



29/05/2019 11:50				Carga Térmica				
Cliente:		Laboratório de Engenharia Elétrica						
Local:		SALA AULA 1 (SALA 6)						
Procedência do calor		Unidades		Fatores			Unid.xFato	Btu/h
Tipo I - Janelas c/ isolamento		Largura	Altura	Total	S/ Proteção	Proteção Int.	Proteção Ext.	0
1.1 - Norte		4,8	0,55	2,64	1000	480	290	0
1.2 - Nordeste				0,00	1000	400	290	
1.3 - Leste				0,00	1130	550	360	
1.4 - Sudeste				0,00	840	360	290	
1.5 - Sul				0,00	0	0	0	
1.6 - Sudoeste				0,00	1680	670	480	
1.7 - Oeste				0,00	2100	920	630	
1.8 - Noroeste				0,00	1500	630	400	
Tipo II - Janelas Transmissão		Largura	Altura	Total				0
2.1 - Vidro comum				0,00	210			0
2.2 - Tijolo de vidro/ vidro duplo				0,00	105			0
Tipo III - Paredes		Largura	Altura	Área Janel	Constr. Leve		Cons. Pesada	1820
3.1 - Externas voltadas p/ o sul				0,00	55		42	0
3.2 - Externas outras orientações		7,56	2,9	21,92	84		50	1096
3.3 - Interna // ambientes ã cond.		7,56	2,9	21,92	33			723
Tipo IV - Teto		Compr.	Largura	Total				1989
4.1 - Laje				0,00	315			0
4.2 - Em laje, c/2,5 cm de isolamento ou mais				0,00	125			0
4.3 - Entre andares				38,25	52			1989
4.4 - Sob telhado isolado				0,00	72			0
4.5 - Sob telhado sem isolamento				0,00	160			0
Tipo V - Piso		Compr.	Largura	Total				0
Piso não colocado sobre o solo				0,00	52			0
Tipo VI - Pessoas						12600		
Em Atividade Normal		20			630			12600
Em Atividade Física (Academia)					1000			0
Tipo VII - Iluminação e aparelhos						1936,56		
Lâmpadas (Incandescentes)				W	4			0
Lâmpadas (Fluorescentes)		320		W	2			640
Aparelhos Elétricos		0		KW	860			0
Motores				HP	645			0
Número de Computadores		1		W	3,412			1296,56
Tipo VIII - Portas ou vãos		Largura	Altura	Total				0
Abertos constantemente				0	630			0
							SubTotal	18345

Aparelho (Capacidade Btu's)	Modelo	Tensão
22.000		220
CBW22A (CONSUL A)		

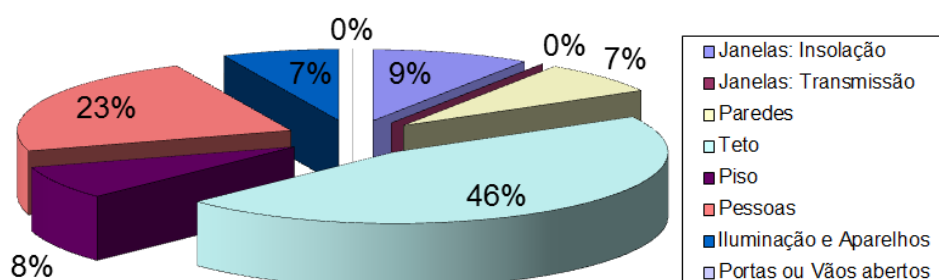
Fator Climático da região	1,05
Carga Térmica Total Btu/h	18261
TR	1,52



29/05/2019 11:53				Carga Térmica					
Cliente:		Laboratório de Engenharia Elétrica							
Local:		LABORATÓRIO DE SISTEMAS ELÉTRICOS							
Procedência do calor		Unidades		Fatores			Unid.xFato	Btu/h	
Tipo I - Janelas c/ isolamento		Largura	Altura	Total	S/ Proteção	Proteção Int.	Proteção Ext.	3878	
1.1 - Norte		5,05	1,6	8,08	1000	480	290	3878	
1.2 - Nordeste				0,00	1000	400	290	3878	
1.3 - Leste				0,00	1130	550	360		
1.4 - Sudeste				0,00	840	360	290		
1.5 - Sul		5,05	1,6	8,08	0	0	0		0
1.6 - Sudoeste				0,00	1680	670	480		
1.7 - Oeste				0,00	2100	920	630		
1.8 - Noroeste				0,00	1500	630	400		
Tipo II - Janelas Transmissão		Largura	Altura	Total				0	
2.1 - Vidro comum				0,00	210			0	
2.2 - Tijolo de vidro/ vidro duplo				0,00	105			0	
Tipo III - Paredes		Largura	Altura	Área Janel	Constr. Leve		Cons. Pesada	3087	
3.1 - Externas voltadas p/ o sul		5,1	2,9	14,65	55		42	615	
3.2 - Externas outras orientações		17,05	2,9	49,45	84		50	2472	
3.3 - Interna // ambientes ã cond.				0,00	33			0	
Tipo IV - Teto		Compr.	Largura	Total				19089	
4.1 - Laje		12	5	60,60	315			19089	
4.2 - Em laje, c/2,5 cm de isolamento ou mais				0,00	125			0	
4.3 - Entre andares				0,00	52			0	
4.4 - Sob telhado isolado				0,00	72			0	
4.5 - Sob telhado sem isolamento				0,00	160			0	
Tipo V - Piso		Compr.	Largura	Total				3151	
Piso não colocado sobre o solo		12,00	5,05	60,60	52			3151	
Tipo VI - Pessoas								9450	
Em Atividade Normal		15			630			9450	
Em Atividade Física (Academia)					1000			0	
Tipo VII - Iluminação e aparelhos								2855,04	
Lâmpadas (Incandescentes)				W	4			0	
Lâmpadas (Fluorescentes)		320		W	2			640	
Aparelhos Elétricos		1,068		KW	860			918,48	
Motores				HP	645			0	
Número de Computadores		1		W	3,412			1296,56	
Tipo VIII - Portas ou vãos		Largura	Altura	Total				0	
Abertos constantemente				0	630			0	
							SubTotal	41511	

Aparelho (Capacidade Btu's)	Modelo	Tensão
22.000+22.000		220
CBW22A (CONSUL A)		

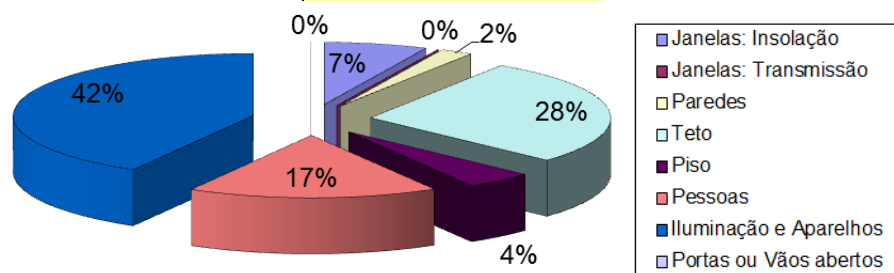
Fator Climático da região	1,05
Carga Térmica Total Btu/h	41320
TR	3,44



29/05/2019 11:54				Carga Térmica					
Cliente:		Laboratório de Engenharia Elétrica							
Local:		LABORATÓRIO DE PLAN. DE REDES DE ALTO DESEMPENHO							
Procedência do calor		Unidades			Fatores			Unid.xFato	Btu/h
Tipo I - Janelas c/ isolamento		Largura	Altura	Total	S/ Proteção	Proteção Int.	Proteção Ext.	3917	
1.1 - Norte		5,1	1,6	8,16	1000	480	290	3917	3917
1.2 - Nordeste				0,00	1000	400	290		
1.3 - Leste				0,00	1130	550	360		
1.4 - Sudeste				0,00	840	360	290		
1.5 - Sul				0,00	0	0	0	0	
1.6 - Sudoeste				0,00	1680	670	480		
1.7 - Oeste				0,00	2100	920	630		
1.8 - Noroeste				0,00	1500	630	400		
Tipo II - Janelas Transmissão		Largura	Altura	Total				0	
2.1 - Vidro comum				0,00	210			0	
2.2 - Tijolo de vidro/ vidro duplo				0,00	105			0	
Tipo III - Paredes		Largura	Altura	Área Janel	Constr. Leve		Cons. Pesada	1228	
3.1 - Externas voltadas p/ o sul				0,00	55		42	0	
3.2 - Externas outras orientações		5,1	2,9	14,79	84		50	740	
3.3 - Interna // ambientes ã cond.		5,1	2,9	14,79	33			488	
Tipo IV - Teto		Compr.	Largura	Total				15583	
4.1 - Laje		9,7	5	49,47	315			15583	
4.2 - Em laje, c/2,5 cm de isolamento ou mais				0,00	125			0	
4.3 - Entre andares				0,00	52			0	
4.4 - Sob telhado isolado				0,00	72			0	
4.5 - Sob telhado sem isolamento				0,00	160			0	
Tipo V - Piso		Compr.	Largura	Total				2572	
Piso não colocado sobre o solo		9,70	5,10	49,47	52			2572	
Tipo VI - Pessoas								9450	
Em Atividade Normal		15			630			9450	
Em Atividade Física (Academia)					1000			0	
Tipo VII - Iluminação e aparelhos								23405,42	
Lâmpadas (Incandescentes)				W	4			0	
Lâmpadas (Fluorescentes)		320		W	2			640	
Aparelhos Elétricos		3,857		KW	860			3317,02	
Motores				HP	645			0	
Número de Computadores		15		W	3,412			19448,4	
Tipo VIII - Portas ou vãos		Largura	Altura	Total				0	
Abertos constantemente				0	630			0	
							SubTotal	56155	

Aparelho (Capacidade Btu's)	Modelo	Tensão
30.000+30.000		220
T130R (ELECTROLUX A)		

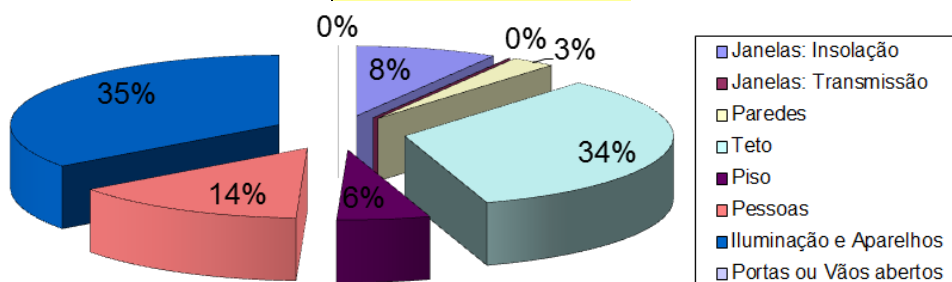
Fator Climático da região	1,05
Carga Térmica Total Btu/h	55897
TR	4,66



29/05/2019 11:55				Carga Térmica				
Cliente:		Laboratório de Engenharia Elétrica						
Local:		LEA GRADUAÇÃO						
Procedência do calor		Unidades		Fatores			Unid.xFato	Btu/h
Tipo I - Janelas c/ isolamento		Largura	Altura	Total	S/ Proteção	Proteção Int.	Proteção Ext.	3763
1.1 - Norte		4,9	1,6	7,84	1000	480	290	3763
1.2 - Nordeste				0,00	1000	400	290	
1.3 - Leste				0,00	1130	550	360	
1.4 - Sudeste				0,00	840	360	290	
1.5 - Sul				0,00	0	0	0	
1.6 - Sudoeste				0,00	1680	670	480	
1.7 - Oeste				0,00	2100	920	630	
1.8 - Noroeste				0,00	1500	630	400	
Tipo II - Janelas Transmissão		Largura	Altura	Total				0
2.1 - Vidro comum				0,00	210			0
2.2 - Tijolo de vidro/ vidro duplo				0,00	105			0
Tipo III - Paredes		Largura	Altura	Área Janel	Constr. Leve		Cons. Pesada	1179
3.1 - Externas voltadas p/ o sul				0,00	55		42	0
3.2 - Externas outras orientações		4,9	2,9	14,21	84		50	711
3.3 - Interna // ambientes ã cond.		4,9	2,9	14,21	33			469
Tipo IV - Teto		Compr.	Largura	Total				14972
4.1 - Laje		9,7	5	47,53	315			14972
4.2 - Em laje, c/2,5 cm de isolamento ou mais				0,00	125			0
4.3 - Entre andares				0,00	52			0
4.4 - Sob telhado isolado				0,00	72			0
4.5 - Sob telhado sem isolamento				0,00	160			0
Tipo V - Piso		Compr.	Largura	Total				2472
Piso não colocado sobre o solo		9,70	4,90	47,53	52			2472
Tipo VI - Pessoas								6300
Em Atividade Normal		10			630			6300
Em Atividade Física (Academia)					1000			0
Tipo VII - Iluminação e aparelhos								15497,6
Lâmpadas (Incandescentes)				W	4			0
Lâmpadas (Fluorescentes)		320		W	2			640
Aparelhos Elétricos		2,2		KW	860			1892
Motores				HP	645			0
Número de Computadores		10		W	3,412			12965,6
Tipo VIII - Portas ou vãos		Largura	Altura	Total				0
Abertos constantemente				0	630			0
							SubTotal	44184

Aparelho (Capacidade Btu's)	Modelo	Tensão
22.000+22.000		220
CBW22A (CONSUL A)		

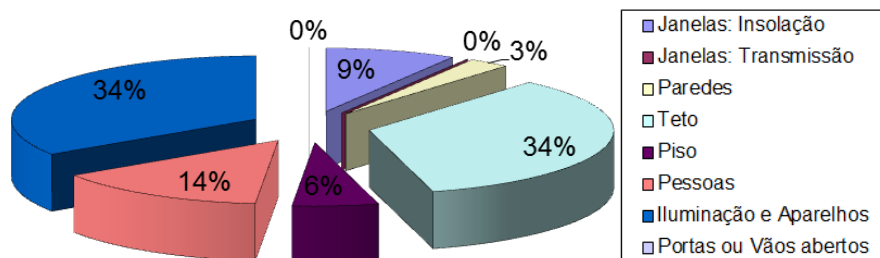
Fator Climático da região	1,05
Carga Térmica Total Btu/h	43980
TR	3,67



29/05/2019 11:57				Carga Térmica				
Cliente:		Laboratório de Engenharia Elétrica						
Local:		LEMAG						
Procedência do calor		Unidades		Fatores			Unid.xFato	Btu/h
Tipo I - Janelas c/ isolamento		Largura	Altura	Total	S/ Proteção	Proteção Int.	Proteção Ext.	3840
1.1 - Norte		5	1,6	8,00	1000	480	290	3840
1.2 - Nordeste				0,00	1000	400	290	
1.3 - Leste				0,00	1130	550	360	
1.4 - Sudeste				0,00	840	360	290	
1.5 - Sul				0,00	0	0	0	
1.6 - Sudoeste				0,00	1680	670	480	
1.7 - Oeste				0,00	2100	920	630	
1.8 - Noroeste				0,00	1500	630	400	
Tipo II - Janelas Transmissão		Largura	Altura	Total				0
2.1 - Vidro comum				0,00	210			0
2.2 - Tijolo de vidro/ vidro duplo				0,00	105			0
Tipo III - Paredes		Largura	Altura	Área Janel	Constr. Leve		Cons. Pesada	1204
3.1 - Externas voltadas p/ o sul				0,00	55		42	0
3.2 - Externas outras orientações		5	2,9	14,50	84		50	725
3.3 - Interna // ambientes ã cond.		5	2,9	14,50	33			479
Tipo IV - Teto		Compr.	Largura	Total				15278
4.1 - Laje		9,7	5	48,50	315			15278
4.2 - Em laje, c/2,5 cm de isolamento ou mais				0,00	125			0
4.3 - Entre andares				0,00	52			0
4.4 - Sob telhado isolado				0,00	72			0
4.5 - Sob telhado sem isolamento				0,00	160			0
Tipo V - Piso		Compr.	Largura	Total				2522
Piso não colocado sobre o solo		9,70	5,00	48,50	52			2522
Tipo VI - Pessoas								6300
Em Atividade Normal		10			630			6300
Em Atividade Física (Academia)					1000			0
Tipo VII - Iluminação e aparelhos								15217,6
Lâmpadas (Incandescentes)				W	4			0
Lâmpadas (Fluorescentes)		180		W	2			360
Aparelhos Elétricos		2,2		KW	860			1892
Motores				HP	645			0
Número de Computadores		10		W	3,412			12965,6
Tipo VIII - Portas ou vãos		Largura	Altura	Total				0
Abertos constantemente				0	630			0
							SubTotal	44361

Aparelho (Capacidade Btu's)	Modelo	Tensão
22.000+22.000		220
CBW22A (CONSUL A)		

Fator Climático da região	1,05
Carga Térmica Total Btu/h	44157
TR	3,68

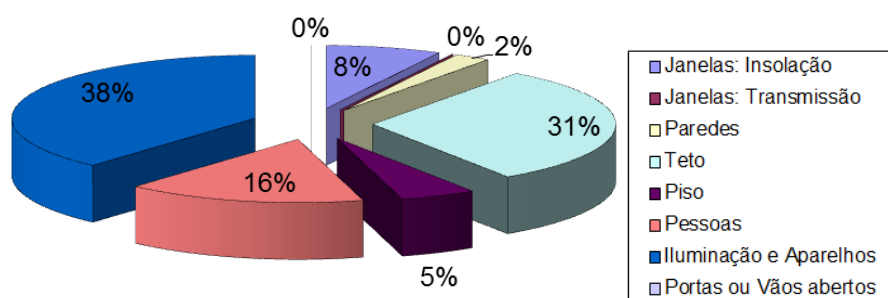


29/05/2019 11:59				Carga Térmica				
Cliente:		Laboratório de Engenharia Elétrica						
Local:		LABORATÓRIO DE ELETROMAGNETISMO APLICADO						
Procedência do calor		Unidades		Fatores			Unid.xFato	Btu/h
Tipo I - Janelas c/ isolamento		Largura	Altura	Total	S/ Proteção	Proteção Int.	Proteção Ext.	7603
1.1 - Norte		9,9	1,6	15,84	1000	480	290	7603
1.2 - Nordeste				0,00	1000	400	290	
1.3 - Leste				0,00	1130	550	360	
1.4 - Sudeste				0,00	840	360	290	
1.5 - Sul				0,00	0	0	0	
1.6 - Sudoeste				0,00	1680	670	480	
1.7 - Oeste				0,00	2100	920	630	
1.8 - Noroeste				0,00	1500	630	400	
Tipo II - Janelas Transmissão		Largura	Altura	Total				0
2.1 - Vidro comum				0,00	210			0
2.2 - Tijolo de vidro/ vidro duplo				0,00	105			0
Tipo III - Paredes		Largura	Altura	Área Janel	Constr. Leve		Cons. Pesada	2383
3.1 - Externas voltadas p/ o sul				0,00	55		42	0
3.2 - Externas outras orientações		9,9	2,9	28,71	84		50	1436
3.3 - Interna // ambientes ã cond.		9,9	2,9	28,71	33			947
Tipo IV - Teto		Compr.	Largura	Total				30249
4.1 - Laje		9,7	10	96,03	315			30249
4.2 - Em laje, c/2,5 cm de isolamento ou mais				0,00	125			0
4.3 - Entre andares				0,00	52			0
4.4 - Sob telhado isolado				0,00	72			0
4.5 - Sob telhado sem isolamento				0,00	160			0
Tipo V - Piso		Compr.	Largura	Total				4994
Piso não colocado sobre o solo		9,70	9,90	96,03	52			4994
Tipo VI - Pessoas								15750
Em Atividade Normal		25			630			15750
Em Atividade Física (Academia)					1000			0
Tipo VII - Iluminação e aparelhos								38011,888
Lâmpadas (Incandescentes)				W	4			0
Lâmpadas (Fluorescentes)		640		W	2			1280
Aparelhos Elétricos		5,0208		KW	860			4317,888
Motores				HP	645			0
Número de Computadores		25		W	3,412			32414
Tipo VIII - Portas ou vãos		Largura	Altura	Total				0
Abertos constantemente				0	630			0
							SubTotal	98991

Aparelho (Capacidade Btu's)	Modelo	Tensão
30.000+30.000+30.000+9.000		220

Fator Climático da região	1,05
Carga Térmica Total Btu/h	98536
TR	8,21

TI30R+HEQ109B21A (ELECTROLUX A+ELGIN A)

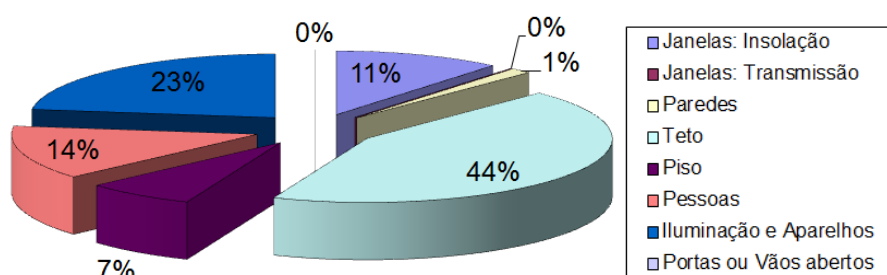


29/05/2019 12:00				Carga Térmica				
Cliente:		Laboratório de Engenharia Elétrica						
Local:		LACOS						
Procedência do calor		Unidades		Fatores			Unid.xFato	Btu/h
Tipo I - Janelas c/ isolamento		Largura	Altura	Total	S/ Proteção	Proteção Int.	Proteção Ext.	7603
1.1 - Norte		9,9	1,6	15,84	1000	480	290	7603
1.2 - Nordeste				0,00	1000	400	290	
1.3 - Leste				0,00	1130	550	360	
1.4 - Sudeste				0,00	840	360	290	
1.5 - Sul				0,00	0	0	0	
1.6 - Sudoeste				0,00	1680	670	480	
1.7 - Oeste				0,00	2100	920	630	
1.8 - Noroeste				0,00	1500	630	400	
Tipo II - Janelas Transmissão		Largura	Altura	Total				0
2.1 - Vidro comum				0,00	210			0
2.2 - Tijolo de vidro/ vidro duplo				0,00	105			0
Tipo III - Paredes		Largura	Altura	Área Janel	Constr. Leve		Cons. Pesada	947
3.1 - Externas voltadas p/ o sul				0,00	55		42	0
3.2 - Externas outras orientações				0,00	84		50	0
3.3 - Interna // ambientes ã cond.		9,9	2,9	28,71	33			947
Tipo IV - Teto		Compr.	Largura	Total				30249
4.1 - Laje		9,7	10	96,03	315			30249
4.2 - Em laje, c/2,5 cm de isolamento ou mais				0,00	125			0
4.3 - Entre andares				0,00	52			0
4.4 - Sob telhado isolado				0,00	72			0
4.5 - Sob telhado sem isolamento				0,00	160			0
Tipo V - Piso		Compr.	Largura	Total				4994
Piso não colocado sobre o solo		9,70	9,90	96,03	52			4994
Tipo VI - Pessoas								9450
Em Atividade Normal		15			630			9450
Em Atividade Física (Academia)					1000			0
Tipo VII - Iluminação e aparelhos								15817,6
Lâmpadas (Incandescentes)				W	4			0
Lâmpadas (Fluorescentes)		480		W	2			960
Aparelhos Elétricos		2,2		KW	860			1892
Motores				HP	645			0
Número de Computadores		10		W	3,412			12965,6
Tipo VIII - Portas ou vãos		Largura	Altura	Total				0
Abertos constantemente				0	630			0
							SubTotal	69061

Aparelho (Capacidade Btu's)	Modelo	Tensão
30.000+30.000+9.000		220

Fator Climático da região	1,05
Carga Térmica Total Btu/h	68744
TR	5,73

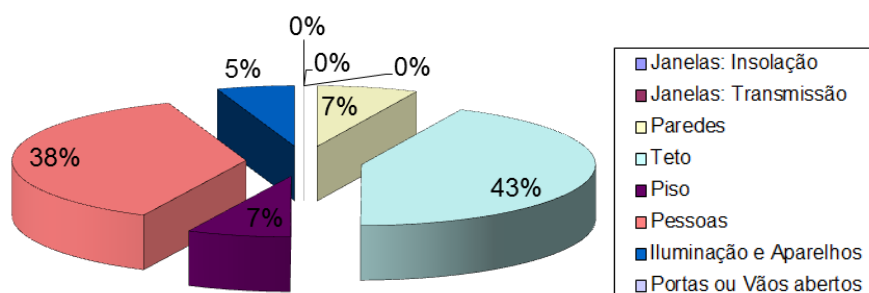
HEQI30B2IA+HEQI09B2IA (ELGIN A)



29/05/2019 12:01				Carga Térmica				
Cliente:		Laboratório de Engenharia Elétrica						
Local:		SALA 3 PÓS GRADUAÇÃO						
Procedência do calor		Unidades		Fatores			Unid.xFato	Btu/h
Tipo I - Janelas c/ isolamento		Largura	Altura	Total	S/ Proteção	Proteção Int.	Proteção Ext.	0
1.1 - Norte				0,00	1000	480	290	0
1.2 - Nordeste				0,00	1000	400	290	
1.3 - Leste				0,00	1130	550	360	
1.4 - Sudeste				0,00	840	360	290	
1.5 - Sul		8,41	0,55	4,63	0	0	0	
1.6 - Sudoeste				0,00	1680	670	480	
1.7 - Oeste				0,00	2100	920	630	
1.8 - Noroeste				0,00	1500	630	400	
Tipo II - Janelas Transmissão		Largura	Altura	Total				0
2.1 - Vidro comum				0,00	210			0
2.2 - Tijolo de vidro/ vidro duplo				0,00	105			0
Tipo III - Paredes		Largura	Altura	Área Janel	Constr. Leve		Cons. Pesada	2941
3.1 - Externas voltadas p/ o sul		8,4	2,9	24,39	55		42	1024
3.2 - Externas outras orientações		6,85	2,9	19,87	84		50	993
3.3 - Interna // ambientes ã cond.		9,65	2,9	27,99	33			924
Tipo IV - Teto		Compr.	Largura	Total				18125
4.1 - Laje		8,4	7	57,54	315			18125
4.2 - Em laje, c/2,5 cm de isolamento ou mais				0,00	125			0
4.3 - Entre andares				0,00	52			0
4.4 - Sob telhado isolado				0,00	72			0
4.5 - Sob telhado sem isolamento				0,00	160			0
Tipo V - Piso		Compr.	Largura	Total				2992
Piso não colocado sobre o solo		8,40	6,85	57,54	52			2992
Tipo VI - Pessoas								15750
Em Atividade Normal		25			630			15750
Em Atividade Física (Academia)					1000			0
Tipo VII - Iluminação e aparelhos								2259,94
Lâmpadas (Incandescentes)				W	4			0
Lâmpadas (Fluorescentes)		360		W	2			720
Aparelhos Elétricos		0,283		KW	860			243,38
Motores				HP	645			0
Número de Computadores		1		W	3,412			1296,56
Tipo VIII - Portas ou vãos		Largura	Altura	Total				0
Abertos constantemente				0	630			0
							SubTotal	42068

Aparelho (Capacidade Btu's)	Modelo	Tensão
22.000+22.000		220
CBW22A (CONSUL A)		

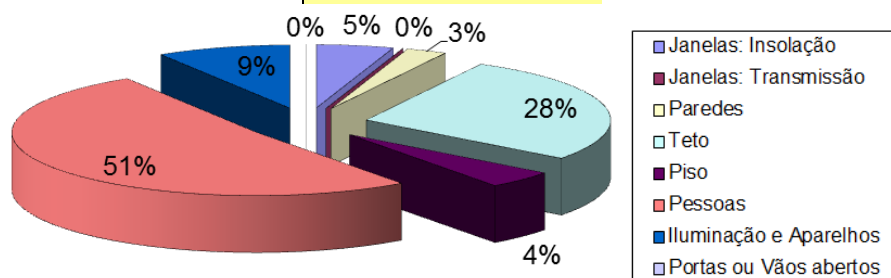
Fator Climático da região	1,05
Carga Térmica Total Btu/h	41875
TR	3,49



29/05/2019 12:02				Carga Térmica				
Cliente:		Laboratório de Engenharia Elétrica						
Local:		SALA 2 PÓS GRADUAÇÃO						
Procedência do calor		Unidades		Fatores			Unid.xFato	Btu/h
Tipo I - Janelas c/ isolamento		Largura	Altura	Total	S/ Proteção	Proteção Int.	Proteção Ext.	1254
1.1 - Norte		4,75	0,55	2,61	1000	480	290	1254
1.2 - Nordeste				0,00	1000	400	290	
1.3 - Leste				0,00	1130	550	360	
1.4 - Sudeste				0,00	840	360	290	
1.5 - Sul				0,00	0	0	0	
1.6 - Sudoeste				0,00	1680	670	480	
1.7 - Oeste				0,00	2100	920	630	
1.8 - Noroeste				0,00	1500	630	400	
Tipo II - Janelas Transmissão		Largura	Altura	Total				0
2.1 - Vidro comum				0,00	210			0
2.2 - Tijolo de vidro/ vidro duplo				0,00	105			0
Tipo III - Paredes		Largura	Altura	Área Janel	Constr. Leve		Cons. Pesada	657
3.1 - Externas voltadas p/ o sul				0,00	55		42	0
3.2 - Externas outras orientações		4,53	2,9	13,14	84		50	657
3.3 - Interna // ambientes ã cond.				0,00	33			0
Tipo IV - Teto		Compr.	Largura	Total				6778
4.1 - Laje		4,53	5	21,52	315			6778
4.2 - Em laje, c/2,5 cm de isolamento ou mais				0,00	125			0
4.3 - Entre andares				0,00	52			0
4.4 - Sob telhado isolado				0,00	72			0
4.5 - Sob telhado sem isolamento				0,00	160			0
Tipo V - Piso		Compr.	Largura	Total				1119
Piso não colocado sobre o solo		4,53	4,75	21,52	52			1119
Tipo VI - Pessoas								12600
Em Atividade Normal		20			630			12600
Em Atividade Física (Academia)					1000			0
Tipo VII - Iluminação e aparelhos								2179,94
Lâmpadas (Incandescentes)				W	4			0
Lâmpadas (Fluorescentes)		320		W	2			640
Aparelhos Elétricos		0,283		KW	860			243,38
Motores				HP	645			0
Número de Computadores		1		W	3,412			1296,56
Tipo VIII - Portas ou vãos		Largura	Altura	Total				0
Abertos constantemente				0	630			0
							SubTotal	24588

Aparelho (Capacidade Btu's)	Modelo	Tensão
18.000+7.000		220
CBU18D+CBU07D (CONSUL A)		

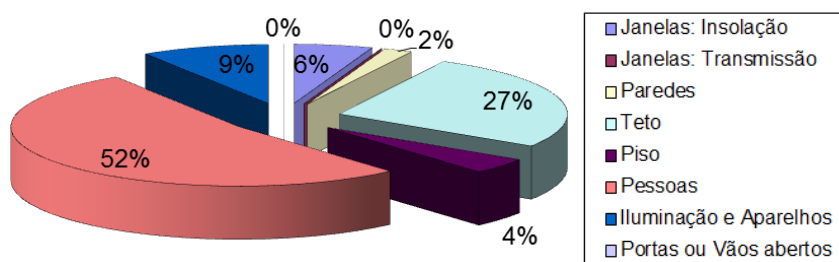
Fator Climático da região	1,05
Carga Térmica Total Btu/h	24475
TR	2,04



29/05/2019 12:03				Carga Térmica				
Cliente:		Laboratório de Engenharia Elétrica						
Local:		SALA 1 PÓS GRADUAÇÃO						
Procedência do calor		Unidades		Fatores			Unid.xFato	Btu/h
Tipo I - Janelas c/ isolamento		Largura	Altura	Total	S/ Proteção	Proteção Int.	Proteção Ext.	1333
1.1 - Norte		5,05	0,55	2,78	1000	480	290	1333
1.2 - Nordeste				0,00	1000	400	290	
1.3 - Leste				0,00	1130	550	360	
1.4 - Sudeste				0,00	840	360	290	
1.5 - Sul				0,00	0	0	0	
1.6 - Sudoeste				0,00	1680	670	480	
1.7 - Oeste				0,00	2100	920	630	
1.8 - Noroeste				0,00	1500	630	400	
Tipo II - Janelas Transmissão		Largura	Altura	Total				0
2.1 - Vidro comum				0,00	210			0
2.2 - Tijolo de vidro/ vidro duplo				0,00	105			0
Tipo III - Paredes		Largura	Altura	Área Janel	Constr. Leve		Cons. Pesada	483
3.1 - Externas voltadas p/ o sul				0,00	55		42	0
3.2 - Externas outras orientações				0,00	84		50	0
3.3 - Interna // ambientes ã cond.		5,05	2,9	14,65	33			483
Tipo IV - Teto		Compr.	Largura	Total				6379
4.1 - Laje		5,05	4	20,25	315			6379
4.2 - Em laje, c/2,5 cm de isolamento ou mais				0,00	125			0
4.3 - Entre andares				0,00	52			0
4.4 - Sob telhado isolado				0,00	72			0
4.5 - Sob telhado sem isolamento				0,00	160			0
Tipo V - Piso		Compr.	Largura	Total				1053
Piso não colocado sobre o solo		5,05	4,01	20,25	52			1053
Tipo VI - Pessoas								12600
Em Atividade Normal		20			630			12600
Em Atividade Física (Academia)					1000			0
Tipo VII - Iluminação e aparelhos								2179,94
Lâmpadas (Incandescentes)				W	4			0
Lâmpadas (Fluorescentes)		320		W	2			640
Aparelhos Elétricos		0,283		KW	860			243,38
Motores				HP	645			0
Número de Computadores		1		W	3,412			1296,56
Tipo VIII - Portas ou vãos		Largura	Altura	Total				0
Abertos constantemente				0	630			0
							SubTotal	24028

Aparelho (Capacidade Btu's)	Modelo	Tensão
24.000		220
HEQI24B2IA (ELGIN A)		

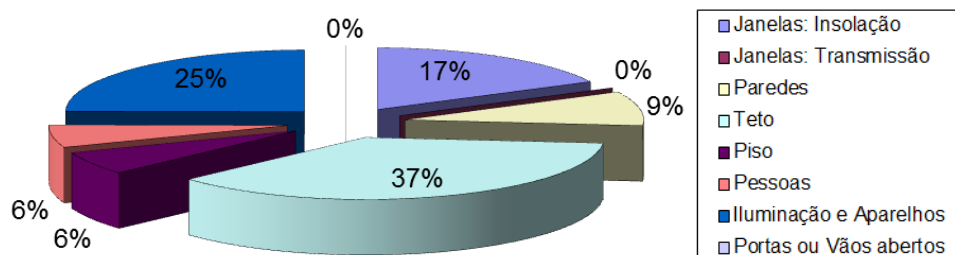
Fator Climático da região	1,05
Carga Térmica Total Btu/h	23918
TR	1,99



29/05/2019 12:12				Carga Térmica				
Cliente:		Laboratório de Engenharia Elétrica						
Local:		SALA PROF. PACHECO						
Procedência do calor		Unidades		Fatores			Unid.xFato	Btu/h
Tipo I - Janelas c/ isolamento		Largura	Altura	Total	S/ Proteção	Proteção Int.	Proteção Ext.	3756
1.1 - Norte		4,89	1,6	7,82	1000	480	290	3756
1.2 - Nordeste				0,00	1000	400	290	
1.3 - Leste				0,00	1130	550	360	
1.4 - Sudeste				0,00	840	360	290	
1.5 - Sul				0,00	0	0	0	
1.6 - Sudoeste				0,00	1680	670	480	
1.7 - Oeste				0,00	2100	920	630	
1.8 - Noroeste				0,00	1500	630	400	
Tipo II - Janelas Transmissão		Largura	Altura	Total				0
2.1 - Vidro comum				0,00	210			0
2.2 - Tijolo de vidro/ vidro duplo				0,00	105			0
Tipo III - Paredes		Largura	Altura	Área Janel	Constr. Leve		Cons. Pesada	1917
3.1 - Externas voltadas p/ o sul				0,00	55		42	0
3.2 - Externas outras orientações		9,99	2,9	28,97	84		50	1449
3.3 - Interna // ambientes ã cond.		4,89	2,9	14,18	33			468
Tipo IV - Teto		Compr.	Largura	Total				7856
4.1 - Laje		4,89	5	24,94	315			7856
4.2 - Em laje, c/2,5 cm de isolamento ou mais				0,00	125			0
4.3 - Entre andares				0,00	52			0
4.4 - Sob telhado isolado				0,00	72			0
4.5 - Sob telhado sem isolamento				0,00	160			0
Tipo V - Piso		Compr.	Largura	Total				1297
Piso não colocado sobre o solo		4,89	5,10	24,94	52			1297
Tipo VI - Pessoas								1260
Em Atividade Normal		2			630			1260
Em Atividade Física (Academia)					1000			0
Tipo VII - Iluminação e aparelhos								5321,68
Lâmpadas (Incandescentes)				W	4			0
Lâmpadas (Fluorescentes)		200		W	2			400
Aparelhos Elétricos		1,2		KW	860			1032
Motores				HP	645			0
Número de Computadores		3		W	3,412			3889,68
Tipo VIII - Portas ou vãos		Largura	Altura	Total				0
Abertos constantemente				0	630			0
SubTotal							21406	

Aparelho (Capacidade Btu's)	Modelo	Tensão
22.000		220
CBW22A (CONSUL A)		

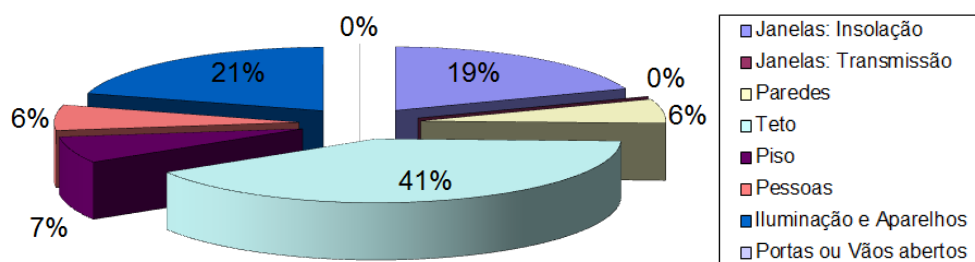
Fator Climático da região	1,05
Carga Térmica Total Btu/h	21308
TR	1,78



29/05/2019 12:13				Carga Térmica				
Cliente:		Laboratório de Engenharia Elétrica						
Local:		SALA PROF. PETRÔNIO						
Procedência do calor		Unidades		Fatores			Unid.xFato	Btu/h
Tipo I - Janelas c/ isolamento		Largura	Altura	Total	S/ Proteção	Proteção Int.	Proteção Ext.	3802
1.1 - Norte		4,95	1,6	7,92	1000	480	290	3802
1.2 - Nordeste				0,00	1000	400	290	
1.3 - Leste				0,00	1130	550	360	
1.4 - Sudeste				0,00	840	360	290	
1.5 - Sul				0,00	0	0	0	
1.6 - Sudoeste				0,00	1680	670	480	
1.7 - Oeste				0,00	2100	920	630	
1.8 - Noroeste				0,00	1500	630	400	
Tipo II - Janelas Transmissão		Largura	Altura	Total				0
2.1 - Vidro comum				0,00	210			0
2.2 - Tijolo de vidro/ vidro duplo				0,00	105			0
Tipo III - Paredes		Largura	Altura	Área Janel	Constr. Leve		Cons. Pesada	1191
3.1 - Externas voltadas p/ o sul				0,00	55		42	0
3.2 - Externas outras orientações		4,95	2,9	14,36	84		50	718
3.3 - Interna // ambientes ã cond.		4,95	2,9	14,36	33			474
Tipo IV - Teto		Compr.	Largura	Total				7952
4.1 - Laje		4,95	5	25,25	315			7952
4.2 - Em laje, c/2,5 cm de isolamento ou mais				0,00	125			0
4.3 - Entre andares				0,00	52			0
4.4 - Sob telhado isolado				0,00	72			0
4.5 - Sob telhado sem isolamento				0,00	160			0
Tipo V - Piso		Compr.	Largura	Total				1313
Piso não colocado sobre o solo		4,95	5,10	25,25	52			1313
Tipo VI - Pessoas								1260
Em Atividade Normal		2			630			1260
Em Atividade Física (Academia)					1000			0
Tipo VII - Iluminação e aparelhos								4025,12
Lâmpadas (Incandescentes)				W	4			0
Lâmpadas (Fluorescentes)		200		W	2			400
Aparelhos Elétricos		1,2		KW	860			1032
Motores				HP	645			0
Número de Computadores		2		W	3,412			2593,12
Tipo VIII - Portas ou vãos		Largura	Altura	Total				0
Abertos constantemente				0	630			0
SubTotal							19543	

Aparelho (Capacidade Btu's)	Modelo	Tensão
22.000		220
CBW22A (CONSUL A)		

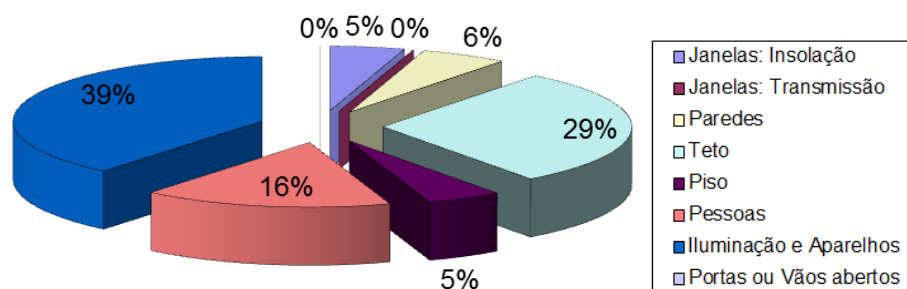
Fator Climático da região	1,05
Carga Térmica Total Btu/h	19453
TR	1,62



29/05/2019 12:16				Carga Térmica				
Cliente:		Laboratório de Engenharia Elétrica						
Local:		PET						
Procedência do calor		Unidades		Fatores			Unid.xFato	Btu/h
Tipo I - Janelas c/ isolamento		Largura	Altura	Total	S/ Proteção	Proteção Int.	Proteção Ext.	1885
1.1 - Norte		7,14	0,55	3,93	1000	480	290	1885
1.2 - Nordeste				0,00	1000	400	290	
1.3 - Leste				0,00	1130	550	360	
1.4 - Sudeste				0,00	840	360	290	
1.5 - Sul				0,00	0	0	0	
1.6 - Sudoeste				0,00	1680	670	480	
1.7 - Oeste				0,00	2100	920	630	
1.8 - Noroeste				0,00	1500	630	400	
Tipo II - Janelas Transmissão		Largura	Altura	Total				0
2.1 - Vidro comum				0,00	210			0
2.2 - Tijolo de vidro/ vidro duplo				0,00	105			0
Tipo III - Paredes		Largura	Altura	Área Janel	Constr. Leve		Cons. Pesada	2207
3.1 - Externas voltadas p/ o sul				0,00	55		42	0
3.2 - Externas outras orientações		7,14	2,9	20,71	84		50	1035
3.3 - Interna // ambientes ã cond.		12,24	2,9	35,50	33			1171
Tipo IV - Teto		Compr.	Largura	Total				11470
4.1 - Laje		7,14	5	36,41	315			11470
4.2 - Em laje, c/2,5 cm de isolamento ou mais				0,00	125			0
4.3 - Entre andares				0,00	52			0
4.4 - Sob telhado isolado				0,00	72			0
4.5 - Sob telhado sem isolamento				0,00	160			0
Tipo V - Piso		Compr.	Largura	Total				1894
Piso não colocado sobre o solo		7,14	5,10	36,41	52			1894
Tipo VI - Pessoas								6300
Em Atividade Normal		10			630			6300
Em Atividade Física (Academia)					1000			0
Tipo VII - Iluminação e aparelhos								15226,72
Lâmpadas (Incandescentes)				W	4			0
Lâmpadas (Fluorescentes)		360		W	2			720
Aparelhos Elétricos		1,792		KW	860			1541,12
Motores				HP	645			0
Número de Computadores		10		W	3,412			12965,6
Tipo VIII - Portas ou vãos		Largura	Altura	Total				0
Abertos constantemente				0	630			0
							SubTotal	38982

Aparelho (Capacidade Btu's)	Modelo	Tensão
22000+18.000		220
CBW22A+CUB18D (CONSUL A)		

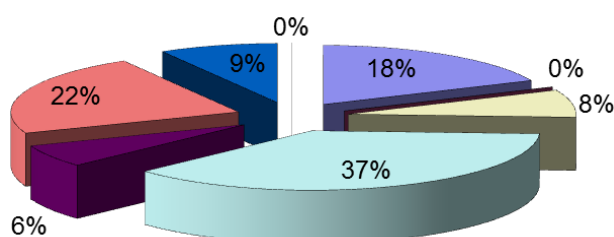
Fator Climático da região	1,05
Carga Térmica Total Btu/h	38803
TR	3,23



29/05/2019 12:17				Carga Térmica				
Cliente:		Laboratório de Engenharia Elétrica						
Local:		LABORATÓRIO DE ANTENAS E PROPAGAÇÃO						
Procedência do calor		Unidades		Fatores			Unid.xFato	Btu/h
Tipo I - Janelas c/ isolamento		Largura	Altura	Total	S/ Proteção	Proteção Int.	Proteção Ext.	7749
1.1 - Norte		10,09	1,6	16,14	1000	480	290	7749
1.2 - Nordeste				0,00	1000	400	290	
1.3 - Leste				0,00	1130	550	360	
1.4 - Sudeste				0,00	840	360	290	
1.5 - Sul				0,00	0	0	0	
1.6 - Sudoeste				0,00	1680	670	480	
1.7 - Oeste				0,00	2100	920	630	
1.8 - Noroeste				0,00	1500	630	400	
Tipo II - Janelas Transmissão		Largura	Altura	Total				0
2.1 - Vidro comum				0,00	210			0
2.2 - Tijolo de vidro/ vidro duplo				0,00	105			0
Tipo III - Paredes		Largura	Altura	Área Janel	Constr. Leve		Cons. Pesada	3151
3.1 - Externas voltadas p/ o sul				0,00	55		42	0
3.2 - Externas outras orientações		14,94	2,9	43,33	84		50	2166
3.3 - Interna // ambientes ã cond.		10,29	2,9	29,84	33			985
Tipo IV - Teto		Compr.	Largura	Total				15721
4.1 - Laje		10,29	5	49,91	315			15721
4.2 - Em laje, c/2,5 cm de isolamento ou mais				0,00	125			0
4.3 - Entre andares				0,00	52			0
4.4 - Sob telhado isolado				0,00	72			0
4.5 - Sob telhado sem isolamento				0,00	160			0
Tipo V - Piso		Compr.	Largura	Total				2595
Piso não colocado sobre o solo		10,29	4,85	49,91	52			2595
Tipo VI - Pessoas								9450
Em Atividade Normal		15			630			9450
Em Atividade Física (Academia)					1000			0
Tipo VII - Iluminação e aparelhos								3557,68
Lâmpadas (Incandescentes)				W	4			0
Lâmpadas (Fluorescentes)		360		W	2			720
Aparelhos Elétricos		1,792		KW	860			1541,12
Motores				HP	645			0
Número de Computadores		1		W	3,412			1296,56
Tipo VIII - Portas ou vãos		Largura	Altura	Total				0
Abertos constantemente				0	630			0
							SubTotal	42224

Aparelho (Capacidade Btu's)	Modelo	Tensão
22000+22.000		220
CBW22A (CONSUL A)		

Fator Climático da região	1,05
Carga Térmica Total Btu/h	42029
TR	3,50

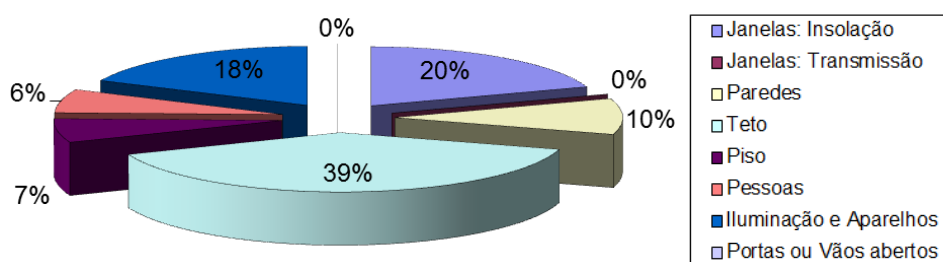


Janelas: Insolação
Janelas: Transmissão
Paredes
Teto
Piso
Pessoas
Iluminação e Aparelhos
Portas ou Vãos abertos

29/05/2019 12:18				Carga Térmica					
Cliente:		Laboratório de Engenharia Elétrica							
Local:		SALA PROFESSOR (SALA 38)							
Procedência do calor		Unidades			Fatores			Unid.xFato	Btu/h
Tipo I - Janelas c/ isolamento		Largura	Altura	Total	S/ Proteção	Proteção Int.	Proteção Ext.	3878	3878
1.1 - Norte		5,05	1,6	8,08	1000	480	290	3878	
1.2 - Nordeste				0,00	1000	400	290		
1.3 - Leste				0,00	1130	550	360		
1.4 - Sudeste				0,00	840	360	290		
1.5 - Sul				0,00	0	0	0	0	
1.6 - Sudoeste				0,00	1680	670	480		
1.7 - Oeste				0,00	2100	920	630		
1.8 - Noroeste				0,00	1500	630	400		
Tipo II - Janelas Transmissão		Largura	Altura	Total				0	
2.1 - Vidro comum				0,00	210			0	
2.2 - Tijolo de vidro/ vidro duplo				0,00	105			0	
Tipo III - Paredes		Largura	Altura	Área Janel	Constr. Leve		Cons. Pesada	1919	
3.1 - Externas voltadas p/ o sul				0,00	55		42	0	
3.2 - Externas outras orientações		9,9	2,9	28,71	84		50	1436	
3.3 - Interna // ambientes ã cond.		5,05	2,9	14,65	33			483	
Tipo IV - Teto		Compr.	Largura	Total				7715	
4.1 - Laje		5,05	5	24,49	315			7715	
4.2 - Em laje, c/2,5 cm de isolamento ou mais				0,00	125			0	
4.3 - Entre andares				0,00	52			0	
4.4 - Sob telhado isolado				0,00	72			0	
4.5 - Sob telhado sem isolamento				0,00	160			0	
Tipo V - Piso		Compr.	Largura	Total				1274	
Piso não colocado sobre o solo		5,05	4,85	24,49	52			1274	
Tipo VI - Pessoas								1260	
Em Atividade Normal		2			630			1260	
Em Atividade Física (Academia)					1000			0	
Tipo VII - Iluminação e aparelhos								3546,1	
Lâmpadas (Incandescentes)				W	4			0	
Lâmpadas (Fluorescentes)		200		W	2			400	
Aparelhos Elétricos		0,643		KW	860			552,98	
Motores				HP	645			0	
Número de Computadores		2		W	3,412			2593,12	
Tipo VIII - Portas ou vãos		Largura	Altura	Total				0	
Abertos constantemente				0	630			0	
							SubTotal	19592	

Aparelho (Capacidade Btu's)	Modelo	Tensão
22.000		220
CBW22A (CONSUL A)		

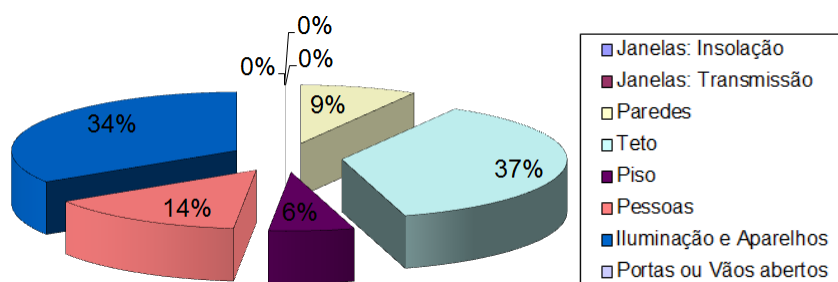
Fator Climático da região	1,05
Carga Térmica Total Btu/h	19502
TR	1,63



29/05/2019 12:24				Carga Térmica				
Cliente:		Laboratório de Engenharia Elétrica						
Local:		FÁBRICA DE SOFTWARE						
Procedência do calor		Unidades		Fatores			Unid.xFato	Btu/h
Tipo I - Janelas c/ isolamento		Largura	Altura	Total	S/ Proteção	Proteção Int.	Proteção Ext.	0
1.1 - Norte				0,00	1000	480	290	0
1.2 - Nordeste				0,00	1000	400	290	
1.3 - Leste				0,00	1130	550	360	
1.4 - Sudeste				0,00	840	360	290	
1.5 - Sul		5,05	1,6	8,08	0	0	0	
1.6 - Sudoeste				0,00	1680	670	480	
1.7 - Oeste				0,00	2100	920	630	
1.8 - Noroeste				0,00	1500	630	400	
Tipo II - Janelas Transmissão		Largura	Altura	Total				0
2.1 - Vidro comum				0,00	210			0
2.2 - Tijolo de vidro/ vidro duplo				0,00	105			0
Tipo III - Paredes		Largura	Altura	Área Janel	Constr. Leve		Cons. Pesada	1838
3.1 - Externas voltadas p/ o sul		5,1	2,9	14,65	55		42	615
3.2 - Externas outras orientações		5,1	2,9	14,79	84		50	740
3.3 - Interna // ambientes ã cond.		5,05	2,9	14,65	33			483
Tipo IV - Teto		Compr.	Largura	Total				8113
4.1 - Laje		5,05	5	25,76	315			8113
4.2 - Em laje, c/2,5 cm de isolamento ou mais				0,00	125			0
4.3 - Entre andares				0,00	52			0
4.4 - Sob telhado isolado				0,00	72			0
4.5 - Sob telhado sem isolamento				0,00	160			0
Tipo V - Piso		Compr.	Largura	Total				1339
Piso não colocado sobre o solo		5,05	5,10	25,76	52			1339
Tipo VI - Pessoas								3150
Em Atividade Normal		5			630			3150
Em Atividade Física (Academia)					1000			0
Tipo VII - Iluminação e aparelhos								7435,78
Lâmpadas (Incandescentes)				W	4			0
Lâmpadas (Fluorescentes)		200		W	2			400
Aparelhos Elétricos		0,643		KW	860			552,98
Motores				HP	645			0
Número de Computadores		5		W	3,412			6482,8
Tipo VIII - Portas ou vãos		Largura	Altura	Total				0
Abertos constantemente				0	630			0
							SubTotal	21876

Aparelho (Capacidade Btu's)	Modelo	Tensão
22.000		220
CBW22A (CONSUL A)		

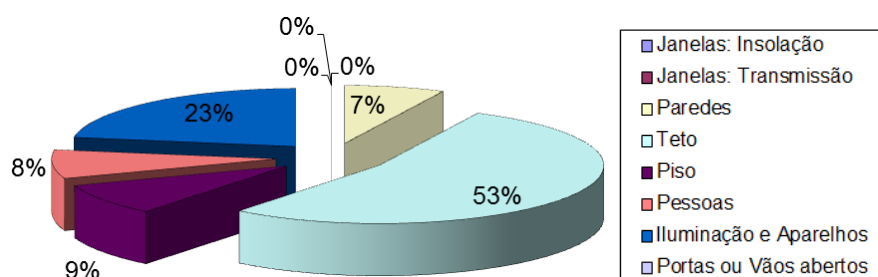
Fator Climático da região	1,05
Carga Térmica Total Btu/h	21775
TR	1,81



29/05/2019 12:25				Carga Térmica				
Cliente:		Laboratório de Engenharia Elétrica						
Local:		SALA PROF. TUMA						
Procedência do calor		Unidades		Fatores			Unid.xFato	Btu/h
Tipo I - Janelas c/ isolamento		Largura	Altura	Total	S/ Proteção	Proteção Int.	Proteção Ext.	0
1.1 - Norte				0,00	1000	480	290	0
1.2 - Nordeste				0,00	1000	400	290	
1.3 - Leste				0,00	1130	550	360	
1.4 - Sudeste				0,00	840	360	290	
1.5 - Sul		5,25	1,6	8,40	0	0	0	
1.6 - Sudoeste				0,00	1680	670	480	
1.7 - Oeste				0,00	2100	920	630	
1.8 - Noroeste				0,00	1500	630	400	
Tipo II - Janelas Transmissão		Largura	Altura	Total				0
2.1 - Vidro comum				0,00	210			0
2.2 - Tijolo de vidro/ vidro duplo				0,00	105			0
Tipo III - Paredes		Largura	Altura	Área Janel	Constr. Leve		Cons. Pesada	1142
3.1 - Externas voltadas p/ o sul		5,3	2,9	15,23	55		42	639
3.2 - Externas outras orientações				0,00	84		50	0
3.3 - Interna // ambientes ã cond.		5,25	2,9	15,23	33			502
Tipo IV - Teto		Compr.	Largura	Total				8434
4.1 - Laje		5,25	5	26,78	315			8434
4.2 - Em laje, c/2,5 cm de isolamento ou mais				0,00	125			0
4.3 - Entre andares				0,00	52			0
4.4 - Sob telhado isolado				0,00	72			0
4.5 - Sob telhado sem isolamento				0,00	160			0
Tipo V - Piso		Compr.	Largura	Total				1392
Piso não colocado sobre o solo		5,25	5,10	26,78	52			1392
Tipo VI - Pessoas								1260
Em Atividade Normal		2			630			1260
Em Atividade Física (Academia)					1000			0
Tipo VII - Iluminação e aparelhos								3546,1
Lâmpadas (Incandescentes)				W	4			0
Lâmpadas (Fluorescentes)		200		W	2			400
Aparelhos Elétricos		0,643		KW	860			552,98
Motores				HP	645			0
Número de Computadores		2		W	3,412			2593,12
Tipo VIII - Portas ou vãos		Largura	Altura	Total				0
Abertos constantemente				0	630			0
							SubTotal	15774

Aparelho (Capacidade Btu's)	Modelo	Tensão
18.000		220
CBU18D (CONSUL A)		

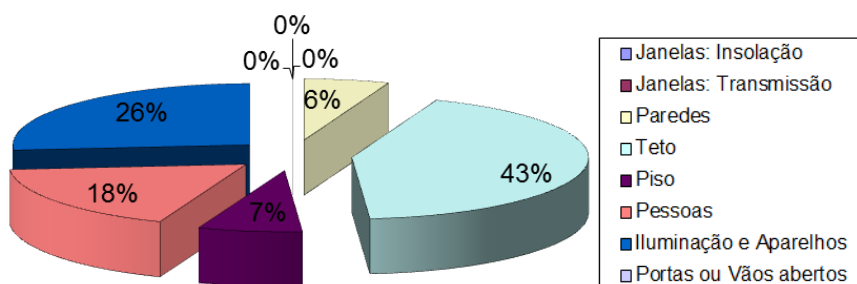
Fator Climático da região	1,05
Carga Térmica Total Btu/h	15702
TR	1,31



29/05/2019 12:26				Carga Térmica				
Cliente:		Laboratório de Engenharia Elétrica						
Local:		SALA 35						
Procedência do calor		Unidades		Fatores			Unid.xFato	Btu/h
Tipo I - Janelas c/ isolamento		Largura	Altura	Total	S/ Proteção	Proteção Int.	Proteção Ext.	0
1.1 - Norte				0,00	1000	480	290	0
1.2 - Nordeste				0,00	1000	400	290	
1.3 - Leste				0,00	1130	550	360	
1.4 - Sudeste				0,00	840	360	290	
1.5 - Sul		4,75	1,6	7,60	0	0	0	
1.6 - Sudoeste				0,00	1680	670	480	
1.7 - Oeste				0,00	2100	920	630	
1.8 - Noroeste				0,00	1500	630	400	
Tipo II - Janelas Transmissão		Largura	Altura	Total				0
2.1 - Vidro comum				0,00	210			0
2.2 - Tijolo de vidro/ vidro duplo				0,00	105			0
Tipo III - Paredes		Largura	Altura	Área Janel	Constr. Leve		Cons. Pesada	1033
3.1 - Externas voltadas p/ o sul		4,8	2,9	13,78	55		42	579
3.2 - Externas outras orientações				0,00	84		50	0
3.3 - Interna // ambientes ã cond.		4,75	2,9	13,78	33			455
Tipo IV - Teto		Compr.	Largura	Total				7631
4.1 - Laje		4,75	5	24,23	315			7631
4.2 - Em laje, c/2,5 cm de isolamento ou mais				0,00	125			0
4.3 - Entre andares				0,00	52			0
4.4 - Sob telhado isolado				0,00	72			0
4.5 - Sob telhado sem isolamento				0,00	160			0
Tipo V - Piso		Compr.	Largura	Total				1260
Piso não colocado sobre o solo		4,75	5,10	24,23	52			1260
Tipo VI - Pessoas								3150
Em Atividade Normal		5			630			3150
Em Atividade Física (Academia)					1000			0
Tipo VII - Iluminação e aparelhos								4682,66
Lâmpadas (Incandescentes)				W	4			0
Lâmpadas (Fluorescentes)		120		W	2			240
Aparelhos Elétricos		0,643		KW	860			552,98
Motores				HP	645			0
Número de Computadores		3		W	3,412			3889,68
Tipo VIII - Portas ou vãos		Largura	Altura	Total				0
Abertos constantemente				0	630			0
SubTotal							17756	

Aparelho (Capacidade Btu's)	Modelo	Tensão
18.000		220
CBU18D (CONSUL A)		

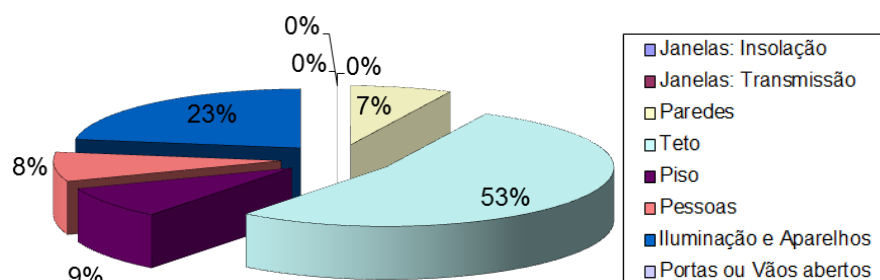
Fator Climático da região	1,05
Carga Térmica Total Btu/h	17675
TR	1,47



29/05/2019 12:27				Carga Térmica					
Cliente:		Laboratório de Engenharia Elétrica							
Local:		SALA PROF. SALIMOS							
Procedência do calor		Unidades		Fatores			Unid.xFato	Btu/h	
Tipo I - Janelas c/ isolamento		Largura	Altura	Total	S/ Proteção	Proteção Int.	Proteção Ext.	0	0
1.1 - Norte				0,00	1000	480	290	0	
1.2 - Nordeste				0,00	1000	400	290		
1.3 - Leste				0,00	1130	550	360		
1.4 - Sudeste				0,00	840	360	290		
1.5 - Sul		5,2	1,6	8,32	0	0	0	0	
1.6 - Sudoeste				0,00	1680	670	480		
1.7 - Oeste				0,00	2100	920	630		
1.8 - Noroeste				0,00	1500	630	400		
Tipo II - Janelas Transmissão		Largura	Altura	Total				0	
2.1 - Vidro comum				0,00	210			0	
2.2 - Tijolo de vidro/ vidro duplo				0,00	105			0	
Tipo III - Paredes		Largura	Altura	Área Janel	Constr. Leve		Cons. Pesada	1131	
3.1 - Externas voltadas p/ o sul		5,2	2,9	15,08	55		42	633	
3.2 - Externas outras orientações				0,00	84		50	0	
3.3 - Interna // ambientes ã cond.		5,2	2,9	15,08	33			498	
Tipo IV - Teto		Compr.	Largura	Total				8354	
4.1 - Laje		5,2	5	26,52	315			8354	
4.2 - Em laje, c/2,5 cm de isolamento ou mais				0,00	125			0	
4.3 - Entre andares				0,00	52			0	
4.4 - Sob telhado isolado				0,00	72			0	
4.5 - Sob telhado sem isolamento				0,00	160			0	
Tipo V - Piso		Compr.	Largura	Total				1379	
Piso não colocado sobre o solo		5,20	5,10	26,52	52			1379	
Tipo VI - Pessoas								1260	
Em Atividade Normal		2			630			1260	
Em Atividade Física (Academia)					1000			0	
Tipo VII - Iluminação e aparelhos								3546,1	
Lâmpadas (Incandescentes)				W	4			0	
Lâmpadas (Fluorescentes)		200		W	2			400	
Aparelhos Elétricos		0,643		KW	860			552,98	
Motores				HP	645			0	
Número de Computadores		2		W	3,412			2593,12	
Tipo VIII - Portas ou vãos		Largura	Altura	Total				0	
Abertos constantemente				0	630			0	
							SubTotal	15670	

Aparelho (Capacidade Btu's)	Modelo	Tensão
18.000		220
CBU18D (CONSUL A)		

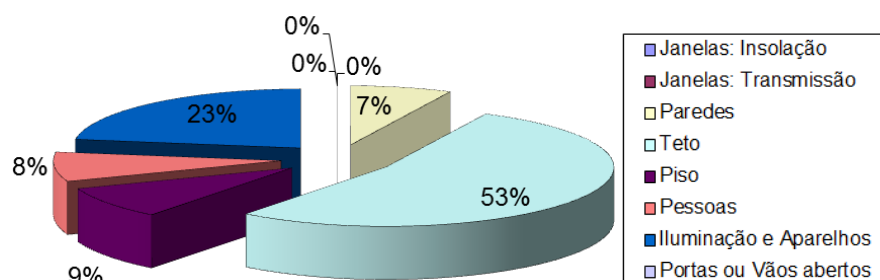
Fator Climático da região	1,05
Carga Térmica Total Btu/h	15598
TR	1,30



29/05/2019 12:28				Carga Térmica				
Cliente:		Laboratório de Engenharia Elétrica						
Local:		SALA PROF. RONALDO						
Procedência do calor		Unidades		Fatores			Unid.xFato	Btu/h
Tipo I - Janelas c/ isolamento		Largura	Altura	Total	S/ Proteção	Proteção Int.	Proteção Ext.	0
1.1 - Norte				0,00	1000	480	290	0
1.2 - Nordeste				0,00	1000	400	290	
1.3 - Leste				0,00	1130	550	360	
1.4 - Sudeste				0,00	840	360	290	
1.5 - Sul		5,2	1,6	8,32	0	0	0	
1.6 - Sudoeste				0,00	1680	670	480	
1.7 - Oeste				0,00	2100	920	630	
1.8 - Noroeste				0,00	1500	630	400	
Tipo II - Janelas Transmissão		Largura	Altura	Total				0
2.1 - Vidro comum				0,00	210			0
2.2 - Tijolo de vidro/ vidro duplo				0,00	105			0
Tipo III - Paredes		Largura	Altura	Área Janel	Constr. Leve		Cons. Pesada	1131
3.1 - Externas voltadas p/ o sul		5,2	2,9	15,08	55		42	633
3.2 - Externas outras orientações				0,00	84		50	0
3.3 - Interna // ambientes ã cond.		5,2	2,9	15,08	33			498
Tipo IV - Teto		Compr.	Largura	Total				8354
4.1 - Laje		5,2	5	26,52	315			8354
4.2 - Em laje, c/2,5 cm de isolamento ou mais				0,00	125			0
4.3 - Entre andares				0,00	52			0
4.4 - Sob telhado isolado				0,00	72			0
4.5 - Sob telhado sem isolamento				0,00	160			0
Tipo V - Piso		Compr.	Largura	Total				1379
Piso não colocado sobre o solo		5,20	5,10	26,52	52			1379
Tipo VI - Pessoas								1260
Em Atividade Normal		2			630			1260
Em Atividade Física (Academia)					1000			0
Tipo VII - Iluminação e aparelhos								3546,1
Lâmpadas (Incandescentes)				W	4			0
Lâmpadas (Fluorescentes)		200		W	2			400
Aparelhos Elétricos		0,643		KW	860			552,98
Motores				HP	645			0
Número de Computadores		2		W	3,412			2593,12
Tipo VIII - Portas ou vãos		Largura	Altura	Total				0
Abertos constantemente				0	630			0
							SubTotal	15670

Aparelho (Capacidade Btu's)	Modelo	Tensão
18.000		220
CBU18D (CONSUL A)		

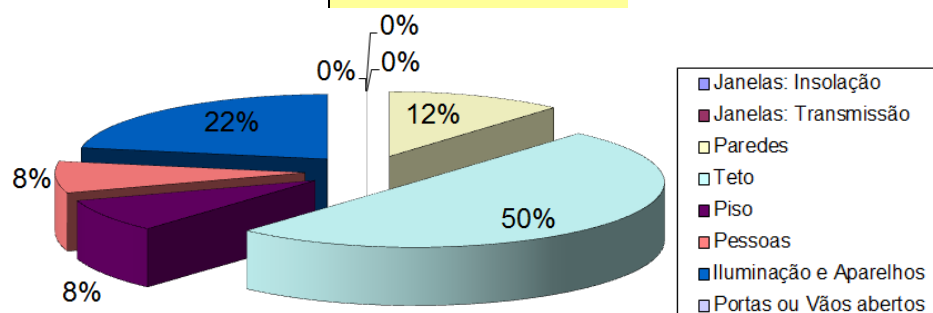
Fator Climático da região	1,05
Carga Térmica Total Btu/h	15598
TR	1,30



29/05/2019 12:29				Carga Térmica				
Cliente:		Laboratório de Engenharia Elétrica						
Local:		SALA PROF. TAVARES						
Procedência do calor		Unidades		Fatores			Unid.xFato	Btu/h
Tipo I - Janelas c/ isolamento		Largura	Altura	Total	S/ Proteção	Proteção Int.	Proteção Ext.	0
1.1 - Norte				0,00	1000	480	290	0
1.2 - Nordeste				0,00	1000	400	290	
1.3 - Leste				0,00	1130	550	360	
1.4 - Sudeste				0,00	840	360	290	
1.5 - Sul		5	1,6	8,00	0	0	0	
1.6 - Sudoeste				0,00	1680	670	480	
1.7 - Oeste				0,00	2100	920	630	
1.8 - Noroeste				0,00	1500	630	400	
Tipo II - Janelas Transmissão		Largura	Altura	Total				0
2.1 - Vidro comum				0,00	210			0
2.2 - Tijolo de vidro/ vidro duplo				0,00	105			0
Tipo III - Paredes		Largura	Altura	Área Janel	Constr. Leve		Cons. Pesada	1827
3.1 - Externas voltadas p/ o sul		5,0	2,9	14,50	55		42	609
3.2 - Externas outras orientações		5,1	2,9	14,79	84		50	740
3.3 - Interna // ambientes ã cond.		5	2,9	14,50	33			479
Tipo IV - Teto		Compr.	Largura	Total				8033
4.1 - Laje		5	5	25,50	315			8033
4.2 - Em laje, c/2,5 cm de isolamento ou mais				0,00	125			0
4.3 - Entre andares				0,00	52			0
4.4 - Sob telhado isolado				0,00	72			0
4.5 - Sob telhado sem isolamento				0,00	160			0
Tipo V - Piso		Compr.	Largura	Total				1326
Piso não colocado sobre o solo		5,00	5,10	25,50	52			1326
Tipo VI - Pessoas								1260
Em Atividade Normal		2			630			1260
Em Atividade Física (Academia)					1000			0
Tipo VII - Iluminação e aparelhos								3546,1
Lâmpadas (Incandescentes)				W	4			0
Lâmpadas (Fluorescentes)		200		W	2			400
Aparelhos Elétricos		0,643		KW	860			552,98
Motores				HP	645			0
Número de Computadores		2		W	3,412			2593,12
Tipo VIII - Portas ou vãos		Largura	Altura	Total				0
Abertos constantemente				0	630			0
							SubTotal	15992

Aparelho (Capacidade Btu's)	Modelo	Tensão
18.000		220
CBU18D (CONSUL A)		

Fator Climático da região	1,05
Carga Térmica Total Btu/h	15918
TR	1,33



ANEXO V – Blocos de Áreas – Software RETScreen®

Figura V.1 – Características da instalação por Blocos – *Retrofit*

Características da instalação								
Mostrar dado								
Mostrar:	Aquecimento	Refrigeração	Eleticidade	Custo inicial incremental	Economia - custo de combustível	Economia de O&M incremental	Retorno simples ano	Inclui a medida ?
Economia de combustível	GJ	GJ	GJ	\$	\$	\$		☐
Sistema de Aquecimento								
Sistema de refrigeração								
Involucro do prédio								
Ventilação								
Lâmpadas								
LABORATÓRIO ENGENHARIA ELÉTRICA - BLOCO 1	-	-	51	10.371	9.525	25.149	0,3	☒
LABORATÓRIO ENGENHARIA ELÉTRICA - BLOCO 2	-	-	62	6.620	11.639	17.085	0,2	☒
LABORATÓRIO ENGENHARIA ELÉTRICA - BLOCO 3	-	-	-17	11.474	-3.227	32.883	0,4	☒
LABORATÓRIO ENGENHARIA ELÉTRICA - BLOCO 4	-	-	18	6.399	3.351	12.696	0,4	☒
Equipamento elétrico								
LABORATÓRIO DE ENGENHARIA ELÉTRICA - BLOCO 1	-	-	357	32.018	66.631	0	0,5	☒
LABORATÓRIO DE ENGENHARIA ELÉTRICA - BLOCO 2	-	-	244	28.466	45.519	0	0,6	☒
LABORATÓRIO DE ENGENHARIA ELÉTRICA - BLOCO 3	-	-	26	67.019	4.818	0	13,9	☒
LABORATÓRIO DE ENGENHARIA ELÉTRICA - BLOCO 4	-	-	159	37.974	29.603	0	1,3	☒
Água quente								
Bombas								
Ventiladores								
Motores								
Vapor do processo								
Recuperação de Calor								
Ar comprimido								
Refrigeração								
Outro								
Total	0	0	901	200.340	167.859	87.814	0,78	

Figura V.2 – Blocos (4) de dados do Sistema de Iluminação

RETScreen

Lâmpadas

1
2
3
4
5

Descrição

LABORATÓRIO ENGENHARIA ELÉTRICA - BLOCO

Método

☒ 1
☐ 2

	Caso de referência	Caso proposto		
Área do piso	m ²	433,85		
Carga de Iluminação por unidade de área	W/m ²	0,33	0,15	
Horas de operação	h/d	12	12	
Custo inicial incremental	\$		220,66	
Economia de O&M incremental	\$		535,09	
Número de unidades		44	47	
Demanda de eletricidade	MWh	28	13	51,4%

Impacto climatização ambiental

☒ Sim
☐ Não

Impacto aquecimento ambiental

☒ Sim
☐ Não

RETScreen

Lâmpadas		Descrição	Método	
1	2	LABORATÓRIO ENGENHARIA ELÉTRICA - BLOCO 2	☒ 1	☐ 2

		Caso de referência	Caso proposto	
Área do piso	m ²	302,79		
Carga de Iluminação por unidade de área	W/m ²	0,68	0,38	
Horas de operação	h/d	12	12	
Custo inicial incremental	\$		220,66	
Economia de O&M incremental	\$		569,5	
Número de unidades		36	30	
Demanda de eletricidade	MWh	32	15	53,4%
Impacto climatização ambiental ☐ Sim ☒ Não				
Impacto aquecimento ambiental ☐ Sim ☒ Não				

RETScreen

Lâmpadas		Descrição	Método	
1	2	LABORATÓRIO ENGENHARIA ELÉTRICA - BLOCO 3	☒ 1	☐ 2

		Caso de referência	Caso proposto	
Área do piso	m ²	453,75		
Carga de Iluminação por unidade de área	W/m ²	0,22	0,22	
Horas de operação	h/d	12	12	
Custo inicial incremental	\$		220,66	
Economia de O&M incremental	\$		632,37	
Número de unidades		41	52	
Demanda de eletricidade	MWh	18	23	-26,8%
Impacto climatização ambiental ☐ Sim ☒ Não				
Impacto aquecimento ambiental ☐ Sim ☒ Não				

RETScreen

Lâmpadas 1 2 3 4 5

Descrição LABORATÓRIO ENGENHARIA ELÉTRICA - BLOCO 4

Método 1 2

		Caso de referência	Caso proposto
Área do piso	m ²	336,34	
Carga de Iluminação por unidade de área	W/m ²	0,39	0,3
Horas de operação	h/d	12	12
Custo inicial incremental	\$		220,66
Economia de O&M incremental	\$		437,8
Número de unidades		31	29
Demanda de eletricidade	MWh	18	13

28,0%

Impacto climatização ambiental
☐ Sim ☒ Não

Impacto aquecimento ambiental
☐ Sim ☒ Não

Figura V.3 – Blocos (4) de dados do Sistema de Condicionamento de Ar

RETScreen

X

Equipamento elétrico 1 2 3 4 5

Descrição LABORATÓRIO DE ENGENHARIA ELÉTRICA - BLOCO 1

Descrição	Quantidade	Caso de referência			Caso proposto			Custo inicial incremental \$	
		Horas de operação h/d	Carga elétrica kW	Fator de utilização %	Horas de operação h/d	Carga elétrica kW	Fator de utilização %		
LAB. BIOMÉD - 24000(2)+12000(2)	1	15	7,187	100	1	12	6,516	100	8.224,68
LAB. ELET. POT. - 12000 (2)	1	15	5,008	100	1	12	2,17	100	3.398
LAB. MÁQ. ELÉT - 24000	1	15	3,919	100	1	12	2	100	3.373,9
CASA DE FORÇA - 30000	1	24	3,268	100	1	24	2,712	100	2.895
SEC. LAB. COMP - 9000	1	15	0,805	100	1	12	0,815	100	1.079
LAB. 1 COMP - 18000	1	15	5,1	100	1	12	1,63	100	2.539
LAB. 2 COMP - 12000	1	15	5,1	100	1	12	1,085	100	1.521,93
LAB. 3 COMP - 18000	1	15	1,983	100	1	12	1,63	100	2.539
LAB. COMUNIC - 22000+18000	1	15	3,05	100	1	12	3,619	100	5.448,43
SECRETARIA - 7000	1	15	1,09	100	1	10	0,633	100	998,99
Total									32.018

Custo inicial incremental \$ 32.018

Economia de O&M incremental \$

Demanda de eletricidade MWh 211 111 47,1%

Impacto climatização ambiental
☒ Sim ☐ Não

Impacto aquecimento ambiental
☒ Sim ☐ Não

RETScreen



Equipamento elétrico

1

2

3

4

5

Descrição

LABORATÓRIO DE ENGENHARIA ELÉTRICA - BLOCO 2

Descrição	Caso de referência				Caso proposto				Custo inicial incremental
	Quantidade	Horas de operação h/d	Carga elétrica kW	Fator de utilização %	Quantidade	Horas de operação h/d	Carga elétrica kW	Fator de utilização %	
LAB. ELET. DIG - 30000	1	15	3,032	100	1	12	2,712	100	4.703,04
LAB. ELET. ANALOG - 30000	1	15	2,19	100	1	12	2,712	100	4.703,04
SUP. A COMP - 7000	1	15	1,09	100	1	12	0,633	100	998,99
ENGCOMP TI - 9000	1	15	1,75	100	1	12	0,815	100	1.079
OF. DE MANUT - 9000	1	15	1,919	100	1	12	0,815	100	1.079
AUDITÓRIO - 22000 (2)	1	10	8,89	100	1	10	3,978	100	6.497,06
LAB. INTEL. COMP - 18000	1	15	3,032	100	1	12	1,628	100	2.539
SALA IEE LASER - 18000+9000	1	15	3,55	100	1	12	2,442	100	3.618
SALA 6 - 22000	1	15	3,55	100	1	12	1,989	100	3.248,53
Total									28.466

Custo inicial incremental

\$

28.466

Economia de O&M incremental

\$

Demanda de eletricidade

MWh

143

75

47,6%

Impacto climatização ambiental

☐ Sim ☒ Não

Impacto aquecimento ambiental

☐ Sim ☒ Não

RETScreen



Equipamento elétrico

1

2

3

4

5

Descrição

LABORATÓRIO DE ENGENHARIA ELÉTRICA - BLOCO 3

Descrição	Caso de referência				Caso proposto				Custo inicial incremental
	Quantidade	Horas de operação h/d	Carga elétrica kW	Fator de utilização %	Quantidade	Horas de operação h/d	Carga elétrica kW	Fator de utilização %	
LAB. SIST. ELÉTRICOS - 22000(2)	1	15	4,2	100	1	12	3,978	100	6.497,06
LPRAD - 30000 (2)	1	15	6,064	100	1	12	5,424	100	9.406,08
LEA GRAD. - 22000 (2)	1	15	2,45	100	1	12	3,978	100	6.497,06
LEMAG - 22000 (2)	1	15	2,45	100	1	12	3,978	100	6.497,06
LEA - 30000(3)+9000	1	15	6,064	100	1	12	8,951	100	15.188,12
LACOS - 30000(2)+9000	1	15	6,064	100	1	12	6,245	100	10.485,08
SALA 3 - PÓS - 22000(2)	1	15	2,43	100	1	12	3,978	100	6.497,06
SALA 2 - PÓS - 18000+7000	1	15	2,18	100	1	12	2,261	100	3.537,99
SALA 1 - PÓS - 24000	1	15	2,18	100	1	12	2,17	100	2.413,34
Total									67.019

Custo inicial incremental

\$

67.019

Economia de O&M incremental

\$

Demanda de eletricidade

MWh

187

179

3,8%

Impacto climatização ambiental

☐ Sim ☒ Não

Impacto aquecimento ambiental

☐ Sim ☒ Não

RETScreen

×

Equipamento elétrico

12345

Descrição

LABORATÓRIO DE ENGENHARIA ELÉTRICA - BLOCO 4

Descrição	Quantidade	Caso de referência			Caso proposto				Custo inicial incremental
		Horas de operação	Carga elétrica	Fator de utilização	Quantidade	Horas de operação	Carga elétrica	Fator de utilização	
		h/d	kW	%		h/d	kW	%	\$
SALA PROF. PACHECO - 22000	1	15	2,183	100	1	12	1,989	100	3.248,53
SALA PROF. PETRÔNIO - 22000	1	15	2,183	100	1	12	1,989	100	3.248,53
PET - 22000+18000	1	15	2,504	100	1	12	3,617	100	5.787,53
LAB. ANTENAS E PROP - 22000(2)	1	15	4,86	100	1	12	3,978	100	6.497,06
SALA 38	1	15	2,183	100	1	12	1,989	100	3.248,53
FÁBRICA DE SOFTWARE - 22000	1	15	2,183	100	1	12	1,989	100	3.248,53
SALA PROF. TUMA - 18000	1	15	2,183	100	1	12	1,628	100	2.539
SALA 35	1	15	2,183	100	1	12	1,628	100	2.539
SALA PROF. SALIMOS	1	15	2,183	100	1	12	1,628	100	2.539
SALA PROF. RONALDO	1	15	2,183	100	1	12	1,628	100	2.539
SALA PROF. TAVARES	1	15	2,183	100	1	12	1,628	100	2.539

Total

Custo inicial incremental

\$

37.974

Economia de O&M incremental

\$

Demanda de eletricidade

MWh

148

104

29,8%

Impacto climatização ambiental

☐ Sim

☒ Não

Impacto aquecimento ambiental

☐ Sim

☒ Não

37.974