

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

Cândida Ianzer Viedo Alvorcem

**ANÁLISE DA RELAÇÃO DO PATRIMÔNIO ARQUITETÔNICO COM A
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFÍCIOS HISTÓRICOS EM SANTA
MARIA, RS.**

Santa Maria, RS, Brasil

2019

Cândida lanzer Viedo Alvorcem

**ANÁLISE DA RELAÇÃO DO PATRIMÔNIO ARQUITETÔNICO COM A
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFÍCIOS HISTÓRICOS EM SANTA MARIA, RS.**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Área de Concentração em Construção Civil e Preservação Ambiental, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia Civil**.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Ísis Portolan do Santos

Santa Maria, RS, Brasil

2019

Alvorcem, Cândia Ianzer Viedo
ANÁLISE DA RELAÇÃO DO PATRIMÔNIO ARQUITETÔNICO COM A
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFÍCIOS HISTÓRICOS EM SANTA
MARIA, RS. / Cândia Ianzer Viedo Alvorcem.- 2019.
174 p.; 30 cm

Orientadora: Ísis Portolan dos Santos
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Civil, RS, 2019

1. patrimônio arquitetônico 2. eficiência energética 3.
sistemas fotovoltaicos. 4. Santa Maria I. Portolan dos
Santos, Ísis II. Título.

Cândida Ianzer Viedo Alvorcem

**ANÁLISE DA RELAÇÃO DO PATRIMÔNIO ARQUITETÔNICO COM A
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFÍCIOS HISTÓRICOS EM SANTA MARIA, RS.**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Área de Concentração em Construção Civil e Preservação Ambiental, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia Civil**.

Aprovado em 15 de março de 2019:

Ísis Portolan do Santos, Dra. (UFSM)
(Presidente/Orientadora)

Caryl Eduardo J. Lopes, Dr. (UFSM)

Isabel Tourinho Salamoni, Dra. (UFPEL)

Santa Maria, RS, Brasil

2019

A Vicente e a Pedro,
Obrigada por compreenderem minhas ausências...

AGRADECIMENTO

Este trabalho foi realizado com auxílio e dedicação de várias pessoas. Agradeço a todos, que de uma maneira ou outra auxiliaram na realização do mesmo.

À minha família, minha mãe e meu pai (*in memoriam*) que sempre nos incentivaram e foram incansáveis no apoio a nossa formação. Minhas irmãs e irmão que sempre me apoiaram, não importando a distância que nos separa. Amo vocês !!!

Ao meu esposo e filhos que souberam compreender minha ausência e sempre estiveram a meu lado.

À minha querida orientadora (e amiga) professora Ísis. Agradeço a cada dia por nossos caminhos terem se cruzado. Obrigada pelos ensinamentos, este trabalho só foi possível porque estivestes lado a lado comigo, me incentivando e acreditando, muitas vezes quando eu mesma não acreditava. Obrigada pela amizade e auxílio sempre. Tenho muito a te agradecer...

Ao Colégio Manoel Ribas, direção, professores e funcionários, que gentilmente me acolheram dentro da instituição para que esta pesquisa fosse realizada.

À direção e funcionários do Museu Educativo Gama D'Eça Victor Bersani, obrigada por abrirem as portas do Museu, dando suporte necessário para a pesquisa.

Aos funcionários da PROINFRA que sempre me auxiliaram, sanando dúvidas e não medindo esforços para que este trabalho fosse concluído.

À Construtora Urbana por gentilmente ceder o projeto cadastral do Colégio Manoel Ribas.

À minha amiga Eloisa, pela ajuda e palavras de incentivo e apoio sempre que necessário, meu muito obrigada.

Aos queridos Rafaela Wernke e Rafael Rodrigues que me auxiliaram na parte gráfica, o apoio de vocês foi fundamental, muito obrigada.

Aos professores do PPGEC, PPGPC e PPGAUP por compartilharem seus conhecimentos no período do mestrado. Devo muito a vocês. Aos colegas que convivi neste período, obrigada pela troca de experiências, conselhos e conversas.

Aos professores Caryl Lopes e Isabel Salamoni, por participarem da banca de qualificação e defesa desta dissertação. Certamente suas considerações contribuíram muito para que este trabalho pudesse ser aperfeiçoado.

À Universidade Federal de Santa Maria, que me acolheu desde a graduação, contribuindo e enriquecendo minha formação. Sou muito grata por todos os anos que estive nos bancos escolares desta instituição pública e gratuita.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 01.

À Deus por possibilitar concluir esta etapa tão importante para min.

*“O passado não volta. Importantes são a continuidade
e o perfeito conhecimento de sua história.”*

Lina Bo Bardi

RESUMO

ANÁLISE DA RELAÇÃO DO PATRIMÔNIO ARQUITETÔNICO COM A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFÍCIOS HISTÓRICOS EM SANTA MARIA, RS.

AUTOR: CÂNDIDA IANZER VIEDO ALVORCEM
ORIENTADORA: PROF^a. DR^a. ÍSIS PORTOLAN DOS SANTOS

O patrimônio arquitetônico representa a produção material, capaz de expressar a identidade de sociedades passadas, carregadas de valores de seus antecessores. Edifícios históricos representam a cultura de uma época e são uma importante fonte de pesquisa e preservação da identidade cultural. Nesse contexto, surgem considerações sobre a eficiência energética e a utilização de módulos fotovoltaicos contribuindo para a geração de energia da edificação e tornando os edifícios mais sustentáveis e aliados às atuais necessidades de diminuição de impacto ambiental das construções. Assim, o objetivo principal deste trabalho é analisar a relação do patrimônio arquitetônico edificado com a eficiência energética e geração solar fotovoltaica, a partir da análise de dois edifícios históricos na cidade de Santa Maria, RS. Para o desenvolvimento deste trabalho, foi realizada uma revisão bibliográfica com os conceitos de eficiência energética e o atual Regulamento Técnico de Qualidade para o nível de Eficiência Energética de edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos e, geração solar fotovoltaica. A metodologia teve sequência com as etapas: seleção e identificação dos estudos de caso, avaliação das edificações segundo o RTQ-C, pelo método prescritivo, dimensionamento do sistema solar fotovoltaico (FV) a partir das possibilidades da máxima integração, sombreamento e interferência visual, análise dos resultados obtidos e conclusões da pesquisa. Nos resultados obtidos na avaliação do nível de eficiência energética das edificações, ambas obtiveram níveis de classificação na Etiqueta Geral, variando entre os níveis C e E. Os sistemas construtivos de edificações históricas diferenciam-se das construções atuais, o que pode influenciar negativamente na classificação do nível de eficiência. Tanto o Colégio Manoel Ribas quanto o Palacete Dr. Astrogildo de Azevedo obtiveram nível E na envoltória e atingiram nível C na Etiqueta Geral. Quanto à análise de sombreamento, o Colégio Manoel Ribas não sofre influência do sombreamento do entorno. O Palacete dr. Astrogildo de Azevedo, por estar inserido em meio urbano denso, fica prejudicado em razão do sombreamento ocasionado pelos edifícios do entorno. Foram dispostos módulos na cobertura do Colégio Manoel Ribas, o que geraria a maioria da demanda de energia elétrica da edificação (oitenta e quatro por cento). No Palacete Dr. Astrogildo de Azevedo, os módulos dispostos na cobertura, atingiriam dezesseis por cento da demanda da edificação. Algumas alternativas podem ser propostas para que a integração de sistemas FV sejam possíveis, como a disposição dos módulos somente em locais onde não sejam visíveis da fachada principal, ou até a escolha de um outro local para implantação do sistema. Conclui-se que a instalação de um sistema fotovoltaico nas edificações aumentaria a eficiência

energética, pois ambas passariam a apresentar Etiqueta Geral de classificação nível B, mas as características arquitetônicas das edificações e o impacto visual destas poderiam ser prejudicadas cabendo aos projetistas fazer as análises priorizando a geração de energia ou mínima influência arquitetônica. Alterações nos sistemas de iluminação e ar condicionado apresentam-se como indicados para ampliar a classificação do nível de eficiência energética, pois são os que podem oferecer menor custo de intervenção e grande benefício.

Palavras-chave: patrimônio arquitetônico; eficiência energética; sistemas fotovoltaicos.

ABSTRACT

ANALYSIS OF THE RELATIONSHIP OF ARCHITECTURAL HERITAGE WITH ENERGY EFFICIENCY IN HISTORICAL BUILDINGS IN SANTA MARIA, RS.

**AUTHOR: CÂNDIDA IANZER VIEDO ALVORCEM
ADVISOR: PROF. DR^a. ISIS PORTOLAN DOS SANTOS**

Architectural heritage represents a material production as a way to express past societies identity, it is also a way to connect with values predecessors users. Historical buildings represent an era culture and are an important research source. In this context, there are several considerations about energy efficiency and photovoltaic use to make this buildings more sustainable. These modifications also are aligned to current needs of reducing buildings environmental impact of. Thus, main objective of this work is to analyze relationship between architectural heritage and energy efficiency plus solar photovoltaic generation, using two historic buildings in Santa Maria, RS. First, a bibliographic review was carried out about energy efficiency and Brazilian laws related with public buildings, and solar photovoltaic generation. The methodology followed this steps: case studies selection and identification as a reference historical building, application of Brazilian law RTQ-C, prescriptive method in each building; design of PV system shadows considerate; comparative of results obtained and conclusions. As a results was obtained two building evaluation energy efficiency level, where it was noticed that both reach levels between a C and an E. These historical construction systems differ from todays constructions, which can negatively influence the classification of the efficiency level. Both Manoel Ribas School and Palace Dr. Astrogildo de Azevedo obtained level E in the envelope and reached level C as a General Label. As for shading analysis, Manoel Ribas School is not influenced by shading of the surroundings, since it is implanted in an isolated lot. Palacete Dr. Astrogildo de Azevedo as being inserted in dense urban environment, is greatly impaired due shadowing caused by surrounding buildings. Modules were installed in Manoel Ribas School rooftop, which would generate building most electrical energy demand (eighty-four percent). For Palace Dr. Astrogildo de Azevedo, modules arranged on the roof would reach sixteen percent of building demand. Some alternatives may be proposed so that integration of PV systems is possible, such as arrangement of modules only in places where they are not visible from facades, or even choice of another location for system deployment. It was possible to conclude that installation of a photovoltaic system in historical buildings would increase their energy efficiency, since both would present classification level B, but the architectural characteristics of the buildings and the visual impact of these could be impaired by designers making the analyzes prioritizing the generation of energy or minimal architectural influence. Changes in lighting and air conditioning systems are indicated to increase the classification of the level of energy efficiency, since they are the ones that can offer a lower cost of intervention and great benefit.

Keywords: architectural patrimony; energy efficiency; photovoltaic systems

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Modelo de ENCE.	45
Figura 2 - Gráfico comparativo da capacidade do sistema solar FV por países, nos anos de 2007/2017.	48
Figura 3 - Crescimento da capacidade de geração solar FV, por países, em 2017. .	48
Figura 4 - Fachada original mantida na intervenção.	52
Figura 5 - Detalhe da fachada com instalação fotovoltaica.	53
Figura 6 - Sistema instalado na fachada da edificação	53
Figura 7 - Museu de História Natural em Viena.	54
Figura 8 - Detalhe da estrutura em alumínio para fixação dos módulos.	54
Figura 9 - Fachada frontal Parlamento Alemão.	55
Figura 10 - Módulos FV instalados na cobertura do Parlamento Alemão.	56
Figura 11 - Módulos FV instalados na cobertura do Parlamento Alemão.	56
Figura 12 - Localização do Palácio apostólico	57
Figura 13 - Planta trapezoidal do Palácio Apostólico	57
Figura 14 - Módulos FV instalados na cobertura do Palácio Apostólico.	58
Figura 15 - Detalhe dos módulos FV.	59
Figura 16 – Fachada frontal Edifício 240, Avenida da Liberdade.	60
Figura 17 – Detalhe das aberturas do Edifício 240	61
Figura 18 – Detalhe da envoltória	61
Figura 19 - Implantação da edificação	62
Figura 20 – Fachada do Palacete de los Duques de Arévalo del Rey	63
Figura 21 - Fachada lateral da edificação	64
Figura 22 - Etapas da metodologia	65
Figura 23 - Mapa de Localização da cidade de Santa Maria no país e no Estado do Rio Grande do Sul.	66
Figura 24 - Localização das edificações selecionadas na malha urbana de Santa Maria.	67
Figura 25 - Colégio Manoel Ribas, imagem superior na época de sua inauguração, imagem inferior anos 1960.	78
Figura 26 - Configuração da cobertura do Colégio Manoel Ribas e paredes externas e internas da edificação, respectivamente.	79

Figura 27 - Implantação do Colégio Manoel Ribas	80
Figura 28 - Planta Baixa Pavimento Térreo	81
Figura 29 - Planta Baixa Segundo pavimento.....	82
Figura 30 - Planta Baixa Sótão	82
Figura 31 - Planta Baixa do subsolo	83
Figura 32 - Fachada Rua 13 de maio.	83
Figura 33 - Fachada Rua José do Patrocínio	84
Figura 34 - Fachadas das Ruas André Marques e Cel. Ernesto Beck, respectivamente.	84
Figura 35 - Fachada interna.....	85
Figura 36 - Rampa de acesso à edificação e portões em ferro com detalhes florais	85
Figura 37 - Vista geral da fachada do Colégio Manoel Ribas	86
Figura 38 - Edificação anexa onde foram posicionados os sanitários.	87
Figura 39 - Porta interna com detalhe alusivo a figura feminina.....	87
Figura 40 - Memorial do Colégio Manoel Ribas, localizado no sótão da edificação.	88
Figura 41 - Rua do Acampamento, 1920. Verifica-se a imponência dos sobrados sob as demais residências.	91
Figura 42 - Palacete Dr. Astrogildo de Azevedo, na época de sua construção, 1913.	92
Figura 43 - Configuração das paredes externas e internas da edificação e configuração da cobertura do Colégio Manoel Ribas, respectivamente.	93
Figura 44 - Implantação do Museu Gama d'Eça e Victor Bersani.....	94
Figura 45- Planta Baixa do térreo	94
Figura 46 - Planta Baixa Superior.....	95
Figura 47 - Planta Baixa do sótão.....	95
Figura 48 - Fachada Frontal e Fachada Fundos.....	96
Figura 49 - Fachadas Laterais do Palacete Astrogildo de Azevedo	96
Figura 50 - Porta principal da edificação.....	97
Figura 51 - Determinação da orientação das fachadas do Colégio Manoel Ribas ...	99
Figura 52 - WebPrescritivo com os dados relativos a envoltória do Colégio Manoel Ribas.....	103
Figura 53 – Algumas luminárias e lâmpadas do Colégio Manoel Ribas.	104
Figura 54 - Dados de análise do sistema de iluminação no WebPrescritivo.....	105

Figura 55 - Aparelhos condicionadores de ar do tipo Split, instalados no Colégio Manoel Ribas.	106
Figura 56 - Dados de análise do sistema de condicionamento do ar, WebPrescritivo.	108
Figura 57 - Dados do sistema de condicionamento do ar	109
Figura 58 - Classificação da Etiqueta Geral do Colégio Manoel Ribas.	110
Figura 59 - Determinação da orientação das fachadas do Palacete Dr. Astrogildo de Azevedo.	111
Figura 60 - Cobertura do Palacete Dr. Astrogildo de Azevedo.....	113
Figura 61 - WebPrescritivo com os dados relativos a envoltória do Palacete Dr. Astrogildo de Azevedo.	115
Figura 62 - Luminária e lâmpadas do Palacete Dr. Astrogildo de Azevedo	115
Figura 63 - Dados de análise do sistema de iluminação no WebPrescritivo.	116
Figura 64 - Aparelhos condicionadores de ar instalados no Palacete Dr. Astrogildo de Azevedo.	117
Figura 65 - Dados de análise do sistema de condicionamento do ar, WebPrescritivo.	118
Figura 66 - Dados do sistema de condicionamento do ar	119
Figura 67 - Classificação da Etiqueta Geral do Colégio Manoel Ribas.	120
Figura 68 - Implantação geral do Colégio Manoel Ribas com proposição de instalação do sistema FV.	128
Figura 69- Implantação geral do Colégio Manoel Ribas com proposição de instalação do sistema FV.	131
Figura 70 - Distribuição dos módulos na cobertura da edificação.	135
Figura 71 - Bonificações para o Colégio Manoel Ribas.....	141
Figura 72 - Bonificações para o Palacete dr. Astrogildo de Azevedo.....	141
Figura 73 - Sugestão de aplicação de material isolante na cobertura.....	142
Figura 74 - Simulação de modificação do sistema de iluminação do Colégio Manoel Ribas.	147
Figura 75 - Simulação de modificação do sistema de iluminação do Palacete Dr. Astrogildo de Azevedo.	149

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Princípios fundamentais no processo de restauração na contemporaneidade.....	38
Tabela 2- Dados de consumo de energia elétrica e custo mensal - Colégio Manoel Ribas	89
Tabela 3 - Dados de consumo de energia elétrica e custo mensal Palacete Dr. Astrogildo de Azevedo.....	98
Tabela 4 - Valores de transmitância para paredes de 45 cm de espessura.....	100
Tabela 5 - Valores de transmitância para paredes de 35 cm de espessura.....	100
Tabela 6 - Absortância de tintas PVA.....	101
Tabela 7 - Quantidades e características dos aparelhos condicionadores de ar do Colégio Manoel Ribas.	106
Tabela 8 - Valores de transmitância para paredes de 44 cm de espessura.....	112
Tabela 9 - Valores de transmitância para paredes de 32 cm de espessura.....	112
Tabela 10 - Quantidades e características dos aparelhos condicionadores de ar do Palacete Dr. Astrogildo de Azevedo	118
Tabela 11 - Características do módulo fotovoltaico.....	122
Tabela 12 - Análise de sombreamento dia 22 de março	123
Tabela 13 - Análise de sombreamento dia 21 de junho	124
Tabela 14 - Análise de sombreamento dia 22 de dezembro	126
Tabela 15 - Descrição das situações da cobertura da edificação.	127
Tabela 16 - Potência total conforme módulos distribuídos na área disponível de cobertura	128
Tabela 17 - Dados de irradiação e energia gerada em cada situação, no Colégio Manoel Ribas.....	129
Tabela 18 - Geração dos módulos distribuídos na cobertura do Colégio Manoel Ribas.	130
Tabela 19 - Análise de sombreamento dia 22 de março	132
Tabela 20 - Análise de sombreamento dia 21 de junho	133
Tabela 21 - análise de sombreamento dia 22 de dezembro	134
Tabela 22 - Dados de irradiação e energia gerada no Palacete Dr. Astrogildo de Azevedo.	136

Tabela 23 - Nível de eficiência energética atingido pelas edificações analisadas..	139
Tabela 24 - Níveis atingidos nas edificações com bonificação na classificação da Etiqueta Geral.....	140
Tabela 25 - Equivalência de lâmpadas LED primeiro pavimento Colégio Manoel Ribas	143
Tabela 26 - Equivalência de lâmpadas LED segundo pavimento Colégio Manoel Ribas	144
Tabela 27 - Equivalência de lâmpadas LED terceiro pavimento Colégio Manoel Ribas	145
Tabela 28 - Equivalência de lâmpadas LED subsolo Colégio Manoel Ribas.....	145
Tabela 29 - Equivalência das lâmpadas instaladas no Colégio Manoel Ribas	146
Tabela 30 - Equivalência de lâmpadas LED no Primeiro pavimento do Palacete Dr. Astrogildo de Azevedo.....	147
Tabela 31 - Equivalência de lâmpadas LED no segundo pavimento do palacete Astrogildo de Azevedo.....	148
Tabela 32 – Potências equivalentes no Palacete Dr. Astrogildo de Azevedo.....	149

LISTA DE ABREVIATURAS

ABINEE	Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica
ANC	Área não condicionada
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BAPV	Buiding-Applied Photovoltaic
BEN	Balanco Energético Nacional
BIPV	Building-Integrated Photovoltaic
CCEVFRGS	Cooperativa de Consumo dos Empregados da Viação Férrea do Rio Grande do Sul
CPV	(Concentrated Photovoltaic) célula fotovoltaica multijunção
DSSS	(Dye-Sensitized Solar Cell) célula sensibilizada por corante
EE	Eficiência Energética
ENCE	Etiqueta Nacional de Conservação de Energia
FV	Fotovoltaica
IEA	International Energy Agency
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
IPHAE	Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Estadual
IPHAN	Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional
LABSOL	Laboratório de Energia Solar da UFRGS
MMA	Ministério do Meio Ambiente
m ²	Metros Quadrados
OPV	Organic Photovoltaics.
PEB	Programa Brasileiro de Etiquetagem
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
PROINFRA	Pró Reitoria de Infraestrutura
RAC-C	Regulamento de Avaliação da Conformidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos
REN	Resolução Normativa
REN21	Renewable Energy Policy Networks for the 21st Century
RGE	Rio Grande Energia
RTQ-C	Regulamento Técnico de Qualidade para o nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais de Serviço e Públicas
SFVCR	Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede
STC	Standard Test Conditions

UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UFSM	Universidade Federal de Santa Maria
VDI	Verein Deutscher Ingenieure

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	29
1.1	OBJETIVOS	30
1.1.1	Objetivo geral	30
1.1.2	Objetivos específicos	30
1.2	JUSTIFICATIVA	31
1.3	ESTRUTURA DA PESQUISA	32
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	34
2.1	PATRIMÔNIO ARQUITETÔNICO	34
2.1.1	Práticas de preservação do patrimônio	36
2.1.2	Legislação vigente e órgãos de preservação do patrimônio	38
2.1.3	Cartas patrimoniais	41
2.2	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	42
2.2.1	RTQ-C (Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos)	43
2.3	GERAÇÃO SOLAR FOTOVOLTAICA.....	46
2.3.1	Tecnologia Fotovoltaica a as edificações	49
2.3.2	Patrimônio arquitetônico e geração solar fotovoltaica	50
2.3.2.1	<i>Escritório do Turismo, Ales, França</i>	52
2.3.2.2	<i>Museu de História Natural, Viena, Áustria</i>	53
2.3.2.3	<i>Edifício do Parlamento Alemão, Berlim, Alemanha</i>	55
2.3.2.4	<i>Palácio Apostólico, Cidade do Vaticano</i>	56
2.3.3	Eficiência energética em edificações históricas	59
2.3.3.1	<i>Edifício 240 da Avenida da Liberdade, Lisboa, Portugal</i>	59
2.3.3.3	<i>Palacete de los Duques de Arévalo del Rey, Madrid, Espanha</i>	62
3	METODOLOGIA	65
3.1	SELEÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DOS ESTUDOS DE CASO	65
3.2	LEVANTAMENTO DE DADOS DAS EDIFICAÇÕES SELECIONADAS	67
3.3	ANÁLISE QUANTO AO REGULAMENTO TÉCNICO DE QUALIDADE PARA O NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS COMERCIAIS, DE SERVIÇOS E PÚBLICOS (RTQ-C)	68
3.3.1.	Determinação do nível de eficiência da envoltória	69
3.3.2	Análise do sistema de iluminação	70
3.3.3	Análise do sistema de condicionamento de ar	71
3.4	SIMULAÇÃO FOTOVOLTAICA.....	72
3.5	ANÁLISE DO IMPACTO DA GERAÇÃO SOLAR FV NO NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.....	74
4	RESULTADOS	76
4.1	SELEÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DOS ESTUDOS DE CASO	76

4.2	LEVANTAMENTO DE DADOS DAS EDIFICAÇÕES SELECIONADAS.....	70
4.2.1	Levantamento de dados históricos - Colégio Manoel Ribas.....	76
4.2.2	Características construtivas - Colégio Manoel Ribas.....	79
4.2.3	Dados de consumo de energia elétrica - Colégio Manoel Ribas ...	88
4.2.4	Levantamentos de dados históricos – Palacete Dr. Astrogildo de Azevedo.....	89
4.2.5	Características construtivas - Palacete Dr. Astrogildo de Azevedo	92
4.2.6	Dados de consumo de energia elétrica – Palacete Dr. Astrogildo de Azevedo.....	97
4.3	ANÁLISE QUANTO AO RTQ-C (REGULAMENTO TÉCNICO DA QUALIDADE PARA O NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS COMERCIAIS, DE SERVIÇOS E PÚBLICOS) - MÉTODO PRESCRITIVO	98
4.3.1	Determinação do nível de eficiência da envoltória - Colégio Manoel Ribas.....	99
4.3.2	Análise do sistema de iluminação – Colégio Manoel Ribas.....	103
4.3.3	Análise do sistema de condicionamento do ar – Colégio Manoel Ribas.....	105
4.3.4	Análise da Etiqueta Geral de classificação do Colégio Manoel Ribas	109
4.3.5	Análise do nível de eficiência da envoltória - Palacete Dr. Astrogildo de Azevedo.....	110
4.3.6	Análise do sistema de iluminação – Palacete Dr. Astrogildo de Azevedo.....	115
4.3.7	Análise do sistema de condicionamento do ar – Palacete Dr. Astrogildo de Azevedo.....	117
4.3.8	Análise da Pontuação Final da classificação do Palacete Dr. Astrogildo de Azevedo.....	120
4.4	SIMULAÇÃO FOTOVOLTAICA	121
4.4.1	Análise de sombreamento e simulação FV- Colégio Manoel Ribas	122
4.4.2	Análise de sombreamento e simulação FV - Palacete Dr. Astrogildo De Azevedo	131
4.5	ANÁLISE DO IMPACTO DA GERAÇÃO SOLAR FV NO NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	138
5	CONCLUSÕES.....	150
6	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	154
	REFERÊNCIAS	155
	APÊNDICE A - PONDERAÇÃO DA TRANSMITÂNCIA DAS PAREDES EXTERNAS DO COLÉGIO MANOEL RIBAS.....	161
	APÊNDICE B - PERCENTUAL DE ABERTURA DA FACHADA DO COLÉGIO MANOEL RIBAS.....	162

APÊNDICE C - RELAÇÃO DE ÂNGULOS HORIZONTAIS DE SOMBREAMENTO DO COLÉGIO MANOEL RIBAS.....	164
APÊNDICE D - RELAÇÃO DE LÂMPADAS E LUMINÁRIAS, POR AMBIENTES, DO COLÉGIO MANOEL RIBAS.....	167
APÊNDICE E - RELAÇÃO DE APARELHOS DE AR CONDICIONADO POR AMBIENTE, QUANTIDADES E MODELOS, INSTALADOS NO COLÉGIO MANOEL RIBAS.	171
APÊNDICE F - DEFINIÇÃO DA ABSORTÂNCIA DAS PAREDES DO PALACETE DR. ASTROGILDO DE AZEVEDO.....	173
APÊNDICE G - DETERMINAÇÃO DO PERCENTUAL DE ABERTURA DE FACHADA DO PALACETE DR. ASTROGILDO DE AZEVEDO.....	176
APÊNDICE H - ÂNGULOS HORIZONTAIS DE SOMBREAMENTO DO PALACETE DR. ASTROGILDO DE AZEVEDO.....	178
APÊNDICE I - RELAÇÃO DE LUMINÁRIAS E LÂMPADAS DO PALACETE DR. ASTROGILDO DE AZEVEDO.....	179

1 INTRODUÇÃO

As edificações históricas representam a cultura de uma época e são uma importante fonte de pesquisa e preservação da identidade cultural. São reconhecidos visualmente por suas características construtivas, estéticas e materiais. Essa percepção está comumente relacionada a seu valor histórico, em função do tempo decorrido de sua construção, ou sua validade cultural para as pessoas que com elas se relacionam. Essas construções fazem parte da cultura de seu povo e são agentes necessários para o entendimento do passado como também importante fonte de pesquisa para as gerações futuras. Têm grande relevância na história de sua comunidade e transcendem gerações. A importância em sua preservação está ligada à conservação da identidade para os descendentes. Nesse contexto, o presente trabalho tenta conciliar o passado (edifício histórico) e o presente (sustentabilidade e eficiência energética).

A busca por eficiência energética e sustentabilidade é hoje um desafio mundial, diante da preocupação com a escassez dos recursos naturais. Os esforços são crescentes, no sentido de desenvolver ou aprimorar tecnologias visando o desempenho ambiental e a eficiência energética em edificações. Diante da preocupação atual, em diminuir o consumo de energia elétrica, os edifícios históricos podem contribuir para as iniciativas e políticas de melhoria da eficiência energética nas edificações. Conforme o Ministério de Meio Ambiente, a eficiência energética é adotada em projetos de edificações, a fim de racionalizar o consumo, evitando desperdícios sem comprometer os serviços necessários do usuário da edificação (MMA, 2014). Adaptar as edificações, consideradas patrimônio arquitetônico, às atuais demandas de eficiência energética é adequá-las às atuais necessidades de preservação e utilização.

Além da eficiência energética, a geração fotovoltaica pode ser um dos contribuintes para a preservação do patrimônio arquitetônico. Sistemas fotovoltaicos aplicados a edificações históricas, de forma harmônica e com bons resultados de desempenho energético, podem ser elementos fundamentais para difusão da utilização dessa tecnologia e possibilidades de adequação das edificações aos usos atuais.

Frequentemente, o material empregado nas construções históricas, reflete a tecnologia da época em que foram edificadas, e é decisão do projetista fazer com que novas tecnologias, ou materiais agregados a estas, sejam perceptíveis quando utilizadas.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Analisar as possibilidades de integração da eficiência energética e geração solar fotovoltaica, em dois edifícios históricos representativos, na cidade de Santa Maria, RS.

1.1.2 Objetivos específicos

Para que o objetivo geral fosse alcançado, foram desenvolvidos os seguintes objetivos específicos:

- Selecionar duas edificações históricas representativas, no ambiente construído do município de Santa Maria, RS, para análise quanto à eficiência energética e à integração de sistemas fotovoltaicos.
- Avaliar as edificações selecionadas, por meio do Regulamento Técnico de Qualidade para o nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais de Serviço e Públicas (RTQ-C), pelo método prescritivo, para classificar o nível de eficiência energética e identificar possíveis melhorias;
- Analisar a possibilidade de integração de sistema fotovoltaico nas edificações selecionadas e analisar áreas de sombreamento ocasionadas pelo entorno às edificações para identificar maior ou menor impacto visual nas mesmas;
- Verificar as possibilidades de mudanças na classificação do nível de eficiência e apontar alternativas na busca de melhoria na eficiência energética das edificações selecionadas.

1.2 JUSTIFICATIVA

Edifícios históricos inseridos no ambiente construído são de fundamental importância para a memória, identidade dos povos e de sua cultura. Muitas vezes, são responsáveis pela continuidade histórica de uma comunidade. Possuem importância artística, cultural ou estética por serem construídos ou produzidos por sociedades passadas, assim se constituem patrimônios culturais de um povo e transcendem gerações. Conforme Silva (2017), manter a ocupação desses edifícios ajuda na conservação do patrimônio arquitetônico de uma cidade.

Muitas vezes, são reconhecidos visualmente por suas características construtivas, estéticas e materiais, que compõem a sua arquitetura. Essa percepção está comumente relacionada a seu valor histórico, em função do tempo decorrido de sua construção, ou sua validade cultural para as pessoas que com ele se relacionam.

A cidade de Santa Maria, RS, que possui alguns desses exemplares, tem sua história relacionada ao desenvolvimento do transporte ferroviário no Estado (FOLETTTO, 2008). Nesta cidade, o crescimento urbano foi impulsionado pelo desenvolvimento ferroviário e pelo comércio. Sua produção arquitetônica reflete muito desse avanço. Diversas edificações destacaram-se na paisagem urbana e vários edifícios institucionais foram construídos para satisfazer as necessidades da população que crescia, alavancados pelo progresso (FOLETTTO, 2008). Dentre essas edificações, buscaram-se por duas, para serem selecionadas como exemplares de edificações históricas representativas, para elaboração do presente estudo. Por representativas se entende edificações com características similares a outras que possam ser encontradas em diversos locais da cidade ou mesmo, em outros municípios.

Atualmente a sustentabilidade na arquitetura é um desafio mundial, diante da preocupação com a escassez dos recursos naturais e energéticos. As edificações que se mantêm em uso passam a ser questionadas quanto a sua eficiência energética. Os esforços de pesquisadores são crescentes, no sentido de desenvolver ou aprimorar tecnologias visando à melhoria no desempenho ambiental e menor consumo energético dos edifícios (MENDONÇA, 2014).

Nas edificações históricas, as alterações de características construtivas, como também de sua envoltória, são mais limitadas e dependem da tipologia arquitetônica, já que podem comprometer sua percepção visual. Em seu estudo, Mendonça (2014),

indica que uma das soluções para que essas edificações tornem-se eficientes, seria a implantação de medidas de conservação de energia como, por exemplo, alterações nas rotinas de uso e ocupação dos ambientes, intervenções ou substituição de equipamentos existentes. Diante da preocupação atual, em diminuir o consumo de energia elétrica, as medidas podem contribuir para as iniciativas de melhoria da eficiência energética em edificações históricas (MENDONÇA, 2014). Aliado a isso, a geração de energia solar fotovoltaica também se torna uma das alternativas mais viáveis, capaz de contribuir com a melhoria da eficiência energética das edificações históricas, pois se trata de uma fonte alternativa de energia, gerada a partir de recursos naturais renováveis e que podem ser integrados ao corpo da edificação.

Com base no contexto apresentado, o presente estudo tem por finalidade analisar a relação do patrimônio arquitetônico edificado com a eficiência energética e geração solar fotovoltaica em duas edificações históricas, da cidade de Santa Maria, a fim de aliar a preservação dessas edificações com a eficiência energética.

1.3 ESTRUTURA DA PESQUISA

Esse trabalho está estruturado em cinco capítulos. O primeiro capítulo contempla a INTRODUÇÃO do trabalho, em que se apresenta a importância do tema, o problema de pesquisa e a relevância do projeto, bem como o objetivo geral e objetivos específicos.

O segundo capítulo apresenta a REVISÃO BIBLIOGRÁFICA, em que são abordados os conceitos relativos aos três temas principais deste trabalho: patrimônio arquitetônico, eficiência energética e geração solar fotovoltaica. Compreende-se uma explanação sobre conceitos de preservação do Patrimônio Histórico e a Legislação vigente em nível federal, estadual e municipal, a fim de identificar as normas sobre intervenções em edifícios históricos. Considerando os referenciais teóricos sobre Patrimônio Arquitetônico, apresentam-se os conceitos relacionados a intervenções em edificações históricas. Sobre Eficiência Energética, são abordados conceitos relativos ao tema, elucidando questões sobre o Regulamento Técnico de Qualidade para Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviço e Públicas (RTQ-C) e o método prescritivo de análise do regulamento vigente. Acerca da geração solar fotovoltaica, são apresentadas explicações sobre os aspectos técnicos dos

sistemas Fotovoltaicos (FV) e pesquisas sobre a relação do Patrimônio Arquitetônico com a geração solar fotovoltaica, expondo exemplos mundiais.

O capítulo três concentra-se na METODOLOGIA utilizada para o desenvolvimento deste estudo. Após a revisão bibliográfica, buscou-se selecionar duas edificações com relevância histórica na cidade de Santa Maria, e ainda em uso, para serem utilizadas como estudo de caso neste trabalho. Posteriormente a seleção, foi feita a aplicação do RTQ-C (Regulamento Técnico para classificação do nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviço e Públicas) para entendimento do nível de eficiência energética das edificações selecionadas. Para tal, foram analisadas características da envoltória dos edifícios, do sistema de iluminação e do sistema de condicionamento do ar. Essa análise ocorreu pelo método prescrito (simplificado) e utilizou como base a ferramenta *on line* WebPrescritivo, desenvolvida pelo Laboratório de Eficiência Energética da Universidade de Santa Catarina. Sucessivamente, foi realizada a análise para integração dos sistemas FV e a análise das áreas de sombreamento na cobertura das edificações selecionadas, para verificação das máscaras de sombreamento e definição de áreas que poderiam receber os módulos FVs. Após, foram analisados os dados de consumo de energia elétrica das edificações para proposição do sistema fotovoltaico. Por fim, foi feita a análise de integração entre os temas e as edificações históricas.

No capítulo quatro, foram apresentados os RESULTADOS definidos pelo levantamento do estado atual das edificações selecionadas como tema de estudo, sua cronologia histórica e características arquitetônicas das construções. Aplicação do RTQ-C, método prescrito, para classificação do nível de eficiência energética de ambas as edificações, obtendo um índice para envoltória da edificação, um para o sistema de iluminação e um para o condicionamento de ar, e como fechamento, um índice geral de classificação do nível de eficiência de cada edificação. Apresentou-se também a proposição e a estimativa de geração do sistema FV, bem como o comparativo entre a geração e a demanda das edificações.

Para a finalização do estudo, no capítulo cinco, sintetizam-se as CONCLUSÕES e as considerações finais da dissertação, visando ao atendimento dos objetivos propostos. Apresentam-se sugestões para integração do sistema FV em edificações do patrimônio arquitetônico, identificando o nível de eficiência energética destas construções e, por fim, apontam-se orientações para análise de aspectos complementares a esta pesquisa.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A seguir, apresentam-se os conceitos base para elaboração e entendimento deste estudo, divididos em três temas principais: patrimônio arquitetônico, eficiência energética e geração solar fotovoltaica.

2.1 PATRIMÔNIO ARQUITETÔNICO

Conforme Ghirardello et al. (2008), pode-se considerar patrimônio, “todos os bens, materiais e imateriais, naturais ou construídos, que uma pessoa ou um povo possui ou consegue acumular” (GHIRARDELLO et al., 2008, p. 13). Serpa, (2009, p. 8) explica que a palavra patrimônio tem origem latina, *patrimonium*, e entre os antigos romanos, referia-se ao que pertencia ao pai de família.

Durante o século XVIII, o conceito de patrimônio material considerava os bens que possuíam apenas relevância universal para a humanidade. O conceito foi sendo ampliado progressivamente, e o termo mais utilizado hoje é patrimônio cultural. Por patrimônio cultural entende-se,

(...) todo aquele que sendo objeto, construção ou ambiente, a sociedade lhe atribua um valor especial, estético, artístico, documental, ecológico, histórico, científico, social ou espiritual e que constitua um patrimônio cultural essencial a transmitir às gerações futuras (BRAGA, 2003, p. 2).

Atualmente, a definição de patrimônio cultural é abrangente e, não somente, diz respeito a monumentos e edificações antigas, obras de arte e grandes edifícios de uso público ou religioso, mas inclui também áreas urbanas e rurais de uso público e privado (MENDONÇA, 2014).

O patrimônio imaterial diz respeito àquelas práticas e domínios da vida social que se manifestam em saberes, ofícios e modos de fazer; celebrações; formas de expressão cênicas, plásticas, musicais ou lúdicas; e nos lugares (como mercados, feiras e santuários que abrigam práticas culturais coletivas). A Constituição Federal de 1988, em seus artigos 215 e 216, ampliou a noção de patrimônio cultural ao reconhecer a existência de bens culturais de natureza material e imaterial (IPHAN, 2018).

Nesse contexto, o conceito de patrimônio arquitetônico torna-se amplo e pode ser entendido por patrimônio cultural edificado que deve ser preservado como legado para as gerações futuras. Como preservação, entende-se a "manutenção de um bem no estado físico em que se encontra e a desaceleração de sua degradação, visando prolongar e salvaguardar o patrimônio cultural" (GHIRARDELLO et al, 2008).

A Carta de Veneza, de 1964, em seu artigo 1, define monumentos históricos "como sendo toda criação arquitetônica isolada, bem como um sítio urbano que dá testemunho de uma civilização particular, de uma evolução significativa ou acontecimento histórico." Nesse contexto, estão descritos não só "as grandes criações, mas também as obras modestas, que tenham adquirido com o tempo uma significação cultural" (CARTA DE VENEZA, 1964, p.2).

Outro conceito que deve ser compreendido é o de restauro, que conforme Brandi (2005, p. 25), é qualquer intervenção voltada a dar novamente uma eficiência a um produto da atividade humana. Ampliando esse conceito ao campo da arquitetura, pode-se entender como "sinônimo de reparação ou de restituição de um estado anterior da obra" (BRANDI, 2005, p. 26).

Em tempos atuais, a contínua utilização de edificações históricas, presentes no ambiente construído das cidades, traz benefícios para sustentabilidade na construção civil. Novas construções utilizam recursos naturais para sua execução, que incluem desde a extração da matéria prima que será utilizada até o transporte para o canteiro de obra, seu destino final. A manutenção e conservação dessas edificações contribuem para diminuição, principalmente, de resíduos provindos de demolições e de novas construções.

Atualmente, a importância da preservação ganha novas demandas, decorrente do necessário entendimento de diminuir o impacto sobre o ambiente construído, provocado pelo uso dos bens de consumo. Conforme Ghirardello et al (2008), a preservação e os novos usos dados aos edifícios e objetos, contribuem para a redução de energia e matéria-prima necessária para a produção de novas edificações.

Cada indivíduo é parte da sociedade e do ambiente em que vive e constrói, com os demais, a história dessa sociedade, por meio dos produtos criados e das intervenções no ambiente, registros capazes de propiciar a compreensão da história humana pelas gerações futuras. A destruição dos bens herdados das gerações passadas acarreta o rompimento da corrente do conhecimento, levando a sociedade a repetir frequentemente experiências já vividas (GHIRARDELLO, et al, 2008).

2.1.1 Práticas de preservação do patrimônio

Por tratar-se de edificações históricas, é importante salientar que existem metodologias de intervenção para restauração, reforma e ou reabilitação de tais imóveis (KNOP, 2012).

O tombamento é a forma mais antiga e consolidada de preservação do patrimônio cultural. Sendo um instrumento jurídico, criado por lei federal brasileira – Decreto-lei nº 25 de 30 de novembro de 1937, tem por objetivo impor a preservação de bens materiais, públicos ou privados, aos quais se atribui valor cultural para a comunidade na qual estão inseridos (BRASIL, 2018).

Para ser tombado, um bem passa por um processo administrativo, até ser inscrito em, pelo menos um, dos quatro Livros do Tombo, instituídos pelo Decreto: Livro do Tombo Arqueológico, Etnográfico e Paisagístico; Livro do Tombo Histórico; Livro do Tombo das Belas Artes; e Livro do Tombo das Artes Aplicadas. Neste último, estão inscritos os bens culturais em função do valor artístico, associado à função utilitária. Nele, pode-se considerar setores da arquitetura, das artes decorativas, design, artes gráficas e mobiliário, por exemplo (IPHAN, 2018).

Segundo Ghirardello et al (2008), seu nome tem origem em Portugal, vem da Torre do Tombo, ou do Arquivo (uma das torres do Castelo de São Jorge), onde eram guardados documentos importantes que hoje fazem parte do Arquivo Central do Estado Português (GHIRARDELLO et al, 2008, p. 15).

No início da década de 1990, as questões de sustentabilidade vieram à tona no foco da arquitetura e do urbanismo internacionais de forma incisiva. Trouxeram novos paradigmas e houve a necessidade de repensar o modo de intervenções no ambiente construído. Passou de proposição teórica para uma necessidade emergencial de preservação do patrimônio edificado e da condição humana (GASPARY, 2012).

Alguns conceitos foram sendo incorporados à prática da preservação. Um dos mais utilizados é o do retrofit. Essa técnica propõe a adequação da edificação existente às necessidades dos atuais usuários, e são incorporadas tecnologias, não só de automação, economia energética, sistemas de dados, proteção e combate a incêndio, sistemas elétricos e hidráulicos, mas também renovação ou reforma de materiais e revestimentos, aumentando sua vida útil sem, com isso, alterar as características originais em edificações históricas (GUIMARÃES, 2017). Observa-se então que eficiência energética e sistemas fotovoltaicos já podem ser considerados

tecnologias que aliam benefícios às edificações históricas, prolongando sua durabilidade e adaptando-as às novas necessidades de sustentabilidade na construção.

Conforme Guimarães (2017), a prática de retrofit foi criada na década de 1990 na Europa e nos Estados Unidos de forma a corresponder as rígidas legislações de preservação, permitindo a utilização apropriada de edifícios históricos existentes no ambiente construído das cidades. O termo é originado na expressão latina *retro*, que significa movimentar-se para trás, acompanhada da inglesa *fit*, que significa adaptar a edificação aos interesses e necessidades atuais (GASPARY, 2012). Distingue-se dos conceitos de reforma, como ação que busca a melhoria da edificação, sem compromisso com suas características anteriores ou sua restauração.

Estudo realizado por Guimarães (2017) declara que o retrofit executado de forma adequada, por meio da aplicação de tecnologias e materiais eficientes, é capaz de contribuir para recuperação e preservação das edificações, pois alia novas tecnologias e materiais a edificações históricas, tornando-as mais eficientes e compatíveis com as atuais necessidades da edificação.

Considera-se que, de certa forma, o retrofit, a manutenção ou a restauração de edifícios são naturalmente instrumentos para implantação da sustentabilidade ecológica das edificações, pois propiciam a maximização do ciclo de vida dos edifícios existentes e a requalificação da estrutura urbana ao seu redor (GUIMARÃES, 2017). Evitam demolições, muitas vezes desnecessárias, qualificam as edificações e contribuem para a redução de energia e matéria prima necessária para a produção de novas edificações.

A Instrução Normativa nº 2 de 4 de junho de 2014 considera retrofit "qualquer reforma que altere os sistemas de iluminação, condicionamento de ar ou a envoltória da edificação" (MMA, 2014, p. 35). Edificações históricas que venham a receber qualquer melhoria nesses itens passam por um processo de retrofit, pois visa à adequação da edificação a novos usos e demandas.

No Brasil, a NBR 15575-1, Norma de Desempenho Brasileira, definiu retrofit como "remodelação ou atualização do edifício ou de sistemas, pela incorporação de novas tecnologias e conceitos, visando normalmente à valorização do imóvel, mudança de uso, aumento da vida útil e melhoria da eficiência operacional e energética" (ABNT, 2008).

Outro princípio muito utilizado no processo de preservação dos edifícios históricos é o termo restauração, que pode ser compreendida como o restabelecimento da substância de um bem a um estado anterior conhecido, para se tornar novamente eficiente a uma atividade humana (GASPARY, 2012). A restauração é interpretada como um conjunto de intervenções que proporcionam a recuperação da imagem, da concepção original ou do momento áureo da história da edificação (GUIMARÃES, 2017).

Para Gasparly (2012), alguns conceitos foram agregados à restauração contemporânea, deixando mais claro qualquer forma de intervenção em uma edificação histórica. Para resumo desses conceitos, a Tabela 1 apresenta os princípios básicos de uma restauração.

Tabela 1 - Princípios fundamentais no processo de restauração na contemporaneidade.

Princípios da restauração contemporânea	
Reversibilidade	Possibilitar e facilitar qualquer intervenção futura. Não alterar a obra em sua substância, devendo-se inserir com propriedade e modo respeitoso em relação ao preexistente.
Distinguilidade da ação contemporânea	A restauração, que é vinculada às ciências históricas, não propõe o tempo como reversível e não pode induzir o observador ao engano de confundir a intervenção, ou eventuais acréscimos, com o que existia anteriormente, além de dever documentar a si próprio.
Mínima intervenção	A restauração não pode desnaturar o documento histórico nem a obra como imagem figurada.
Valor cultural	O restauro tem por objetivo conservar e revelar os valores estético e histórico do monumento e baseia-se no respeito da substância antiga e de documentos antigos.
Transcursão do tempo identificável	As contribuições válidas de todas as épocas na edificação de um monumento devem ser respeitadas.

Fonte: GASPARY (2012)

2.1.2 Legislação vigente e órgãos de preservação do patrimônio

Os órgãos que respondem pela conservação, salvaguarda e monitoramento dos bens culturais brasileiros, atuam em três instâncias: federal, estadual e municipal. Cabem a eles proteger e promover os bens culturais, assegurando sua permanência e usufruto para as gerações presentes e futuras (IPHAN, 2018).

O órgão que responde pela preservação do Patrimônio Cultural brasileiro é o IPHAN - Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. Ele também responde

pela conservação, salvaguarda e monitoramento dos bens culturais brasileiros inscritos na Lista do Patrimônio Mundial e na Lista do Patrimônio Cultural Imaterial da Humanidade, conforme convenções da UNESCO, respectivamente, a Convenção do Patrimônio Mundial de 1972 e a Convenção do Patrimônio Cultural Imaterial de 2003 (IPHAN, 2018).

Os instrumentos de proteção do patrimônio material utilizados pelo IPHAN, visam garantir legalmente a preservação dos bens de interesse cultural para o país. Foram estabelecidos por diferentes legislações ao longo do tempo, e atualmente constituem uma gama de alternativas a serem empregadas a depender da natureza do bem (IPHAN, 2018).

As normas a seguir, estabelecem as diretrizes e procedimentos de manejo dos bens considerados patrimônio histórico e artístico da União:

- A Constituição Federal, artigos 216 e 217.
- Decreto Lei n.º. 25, de 30 de novembro de 1937 (organiza a proteção do patrimônio histórico e artístico nacional).
- Decreto n.º. 3179, de 21 de setembro de 1999 (regulamenta a Lei dos Crimes Ambientais. Capítulo II – Seção IV – Das sanções aplicáveis às infrações contra o Ordenamento Urbano e o Patrimônio Cultural) (IPHAE, 2009, p. 20).

O IPHAN possui uma biblioteca virtual com a relação das cartas patrimoniais, publicações, legislação e outros documentos que subsidiam suas ações e auxiliam os profissionais do restauro durante a fase de projeto e da obra (KNOP, 2012). Seu principal documento é o Manual de Elaboração de Projetos de Preservação do Patrimônio Cultural, que tem como objetivo “orientar e sistematizar a Elaboração de Projetos para Preservação do Patrimônio Edificado e de Espaços Públicos Urbanos integrantes do Patrimônio Cultural, protegido na forma da legislação pertinente” (IPHAN, 2005). Esse documento apresenta diretrizes para projetos em edificações históricas tombadas a fim de salvaguardar as características arquitetônicas e culturais do bem, com o mínimo de interferência possível (KNOP, 2012).

O IPHAN proíbe a destruição de bens tombados, colocando-os sob vigilância do Instituto (IPHAN, 2018), cabendo aos que desobedecerem a essa norma as medidas previstas em lei federal.

Em âmbito estadual, as considerações sobre a salvaguarda do patrimônio ficam a cargo do IPHAE/RS. Tem como principal documento sua publicação intitulada "Patrimônio Edificado - Considerações sobre sua preservação", que traz orientações

sobre as responsabilidades na conservação e manutenção dos bens, pois é patrimônio representativo da cultura rio-grandense (IPHAE, 2009).

O Estado do Rio Grande do Sul definiu, dentro de suas responsabilidades, a identificação, proteção e conservação dos bens que considera patrimônio cultural em nível estadual. As diretrizes, normas, incentivos e sanções estão definidas nos seguintes documentos:

- A Constituição do Estado do Rio Grande do Sul (Art. 220, Art. 221, Art. 222, Art. 223).
- Lei n.º. 7231, de 18 de dezembro de 1978 (dispõe sobre o Patrimônio Cultural do Estado).
- Lei n.º. 10116, de 23 de março de 1994 (institui a Lei de Desenvolvimento Urbano – Seção VII – Das áreas, Prédios e Monumentos de Proteção e Preservação Permanente).
- Lei n.º. 11.520 de 03 de agosto de 2000 (institui o Código Estadual do Meio Ambiente (IPHAE, 2009, p. 21).

Para salvaguarda de seu patrimônio, o município de Santa Maria criou o COMPHIC (Conselho Municipal do Patrimônio Histórico e Cultural), criado pela Lei Municipal 3999/96, é o órgão responsável pela proteção do patrimônio histórico e cultural de Santa Maria. Seu objetivo é resguardar o patrimônio local e a manutenção de elementos materiais e imateriais com importância para a cidade como, por exemplo, edificações, monumentos, tradições e festividades. Este conselho consultivo é formado por membros da Administração Municipal e representantes de entidades locais (SANTA MARIA, 2018). O conselho seleciona e monta os processos de tombamento que são avaliados pelo chefe do poder executivo, que fica responsável pela validação ou não dos tombamentos.

Qualquer intervenção em edifícios históricos, visando à eficiência energética e, até mesmo, a integração de sistemas fotovoltaicos nessas edificações, deve passar pela análise e vistoria desses órgãos, seja na esfera federal, estadual ou municipal. Os casos são analisados individualmente pelos órgãos responsáveis.

As propostas de intervenção nesse tipo de edificação devem ser encaminhadas, com todos os detalhes e justificativas pertinentes a sua aplicação, para aprovação do projeto e posterior execução. Intervenções mais simples, de manutenção, por exemplo, como pinturas, substituição de materiais danificados, revisões da cobertura, poderão ser dispensadas em algumas partes das etapas de Projeto. Intervenções maiores, mais complexas, exigem detalhamentos mais

específicos e podem ser solicitadas complementações por parte da Unidade Regional do IPHAN (KNOP, 2012).

2.1.3 Cartas patrimoniais

Muitos encontros internacionais foram realizados com o propósito de criar diretrizes relacionadas à conservação e deixar um legado documental para a posteridade. Nesses encontros, organizados por instituições como: ONU (Organizações das Nações Unidas); a UNESCO (Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura); o ICOM (Conselho Internacional de Museus), o ICCROM (Centro Internacional para o Estudo da Preservação e Restauração de Bens Culturais); e o ICOMOS (Conselho Internacional de Monumentos e Sítios), surgem as Cartas Patrimoniais, que são documentos que contêm medidas para ações administrativas com diretrizes de documentação, promoção da preservação de bens, planos de conservação, manutenção e restauro de um patrimônio, seja histórico, artístico e/ou cultural (IPHAN, 2018).

Esses documentos foram discussões de um determinado momento e passaram a orientar a conduta de profissionais que atuam na área da preservação. Proporcionaram a divulgação das noções de patrimônio e bens culturais (IPHAN, 2018).

Cada documento tem uma finalidade; por isso, não devem ser utilizadas associadamente, devido ao fato de que cada carta possui uma função específica. Devem ser lidas na sua integridade, já que a leitura feita em partes pode levar a interpretações errôneas e equivocadas (KÜHL, 2010).

Atualmente o site do IPHAN possui 46 documentos e os principais são: Carta de Atenas (1931), Carta de Veneza (1964), Conferência de Quito (1967), Carta do Restauro Italiana (1972), Carta Europeia (1975) e a Carta de Burra (1980) (IPHAN, 2018). As últimas publicações (Carta de Juiz de Fora, outubro de 2010 e Síntese do I Fórum Nacional do Patrimônio Cultural), estabelecem diretrizes para preservação de jardins e paisagem cultural e patrimônio natural, mas ainda nenhuma publicação fez menção à eficiência energética ou à sustentabilidade em edificações históricas.

As cartas patrimoniais são elaboradas com a finalidade de trazer considerações sobre aspectos relativos à conservação do patrimônio. Estas são textos sucintos e

precisos, com caráter indicativo, não normativo. Juridicamente não têm força de lei, mas são fontes fundamentais para a concepção das normas legais e para a execução das estratégias de proteção e de conservação do patrimônio (LIRA, 2008).

O conhecimento das cartas patrimoniais e documentos internacionais, assim como o bom senso para a aplicação, são de fundamental importância para a elaboração do projeto de restauro, que só será executado após a vistoria e aprovação dos órgãos competentes (KNOP, 2012). Observa-se que nenhuma carta impede ou direciona a ação dos projetistas.

Assim, o estudo desses documentos e a observância de suas informações são de fundamental importância para qualquer tipo de intervenção que sugira alterações em edificações históricas, como é o caso da inserção da eficiência energética.

2.2 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Segundo Lamberts et al (2014), eficiência energética é entendida como a obtenção de um serviço com baixo consumo de energia. Esse tema vem sendo muito debatido no mundo, desde a década de 1970, com a crise do petróleo (MMA, 2014, p. 12). Ela é adotada em projetos de edificações, a fim de racionalizar o consumo energético, evitando desperdícios. As edificações históricas possuem potencial para contribuir com a eficiência energética nas edificações, unindo memória e sustentabilidade, pois é uma forma de divulgação desse tema e auxiliam na aceitação pelo usuário, por aliar preservação e renovação.

Geller, define eficiência energética como "uso de menos energia para uma dada tarefa" (GELLER, 2003 p. 36). Para Lamberts et al, (2014) eficiência energética na arquitetura é um atributo intrínseco à edificação, capaz de possibilitar conforto térmico, acústico e visual aos seus usuários, com baixo consumo de energia. Um edifício torna-se mais eficiente que outro, à medida que consome menos energia e possibilita as mesmas condições ambientais de qualidade, para o desempenho das atividades humanas (LAMBERTS, et al, 2014).

De acordo com Lamberts et al (2014), o triângulo vitruviano, que considera como as três vertentes principais da arquitetura a estrutura, função e forma, (*Firmitas*, *Utilitas* e *Venustas*) deve ser acrescido de uma quarta variável: a eficiência energética. Desse modo, "a edificação deveria ser o reflexo da união desses quatro parâmetros,

proporcionando conforto aos seus ocupantes, com baixo consumo de energia” (KNOP, 2012, p. 30).

As questões sobre eficiência energética e conservação de energia, vieram à tona, no Brasil, com a crise do setor elétrico, no final dos anos 2001. Foi necessário buscar conhecimento e haver discussões sobre o tema, resultando ações quanto à mudança de hábitos de consumo de energia e estratégias visando à readequação da população frente à nova situação (REIS et al, 2009).

Em 1985, foi criado o PROCEL, Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, para promover o uso eficiente da energia elétrica e combater o seu desperdício. Em 1991, foi transformado em Programa do governo e sua abrangência foi ampliada. Suas ações contribuem para o aumento da eficiência dos bens e serviços, para o desenvolvimento de hábitos e conhecimentos sobre o consumo eficiente da energia (MMA, 2014).

Desde 2001, a Lei de Eficiência Energética, número 10.295, de 17 de outubro de 2001, dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e, é o instrumento que determina a classificação dos níveis de eficiência energética em maquinários, aparelhos consumidores de energia e edificações construídas no país e visa desenvolver a eficiência energética no Brasil (BRASIL, 2001).

Desde 2009, o Brasil conta com o Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações - PBE EDIFICA, que é uma forma de avaliar o potencial de desempenho energético de uma edificação. Esse programa obedece a normas e a regulamentos específicos, a fim de indicar e classificar como ocorre a eficiência energética nas edificações (MMA, 2015).

2.2.1 RTQ-C (Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos)

Dentro do PBE Edifica, surgiu o Regulamento Técnico de Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos, o RTQ-C, foi o instrumento encontrado para aumentar a eficiência em edificações (KNOP, 2012). Ele é composto pelo regulamento e por três documentos complementares:

- 1) Etiquetagem de Eficiência Energética de Edificações – introdução ao processo de etiquetagem.

- 2) RTQ-C – requisitos necessários para a classificação do nível de eficiência energética do edifício.
- 3) RAC-C – Regulamento de Avaliação da Conformidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos – processo de avaliação das características do edifício para etiquetagem junto ao Laboratório de Inspeção acreditado pelo INMETRO.
- 4) Manual para Aplicação do RTQ-C e RAC-C, detalhes e interpretações do RTQ-C e esclarecimentos sobre o RAC-C.

Com esses quatro volumes, o governo federal, no cumprimento da Lei nº10295/01, acredita estar “contribuindo para que as edificações brasileiras tornem-se energeticamente mais eficientes, mais confortáveis e mais sustentáveis” (BRASIL, 2001).

Por enquanto, a etiquetagem tem caráter voluntário, mas é esperado que dentro de alguns anos ela seja obrigatória. Além de considerar a economia de energia obtida através de projetos, principalmente os que mais consomem energia, o regulamento tem como intenção implícita a melhoria da qualidade das construções e dos materiais empregados nas obras.

O RTQ-C, instituído pela Portaria nº 372, de 17 de setembro de 2010, especifica os requisitos técnicos, bem como os métodos para classificação de edifícios comerciais, de serviços e públicos quanto à Eficiência Energética (EE). É de caráter voluntário, aplicável a edificações novas e existentes acima de 500 m² ou atendida por redes de alta tensão (INMETRO, 2010). O Regulamento especifica quesitos para a etiquetagem do nível de eficiência da edificação. Os itens avaliados são divididos em quatro partes: envoltório do edifício, sistema de iluminação, sistema de condicionamento de ar e a edificação como um todo. As ENCE's, Etiqueta Nacional de Conservação de Energia, são emitidas em parceria com o INMETRO e podem ser obtidas da forma parcial, analisando os sistemas individualmente ou com a seguinte combinação: envoltório, envoltório + iluminação e envoltório + climatização ou edifício completo. A classificação é feita, conforme análise, variando de A para edificação mais eficiente a E para menos eficiente (Figura 1).

Figura 1 - Modelo de ENCE.



Fonte: INMETRO, 2017.

A avaliação da etiquetagem é realizada através de dois métodos: prescritivo ou de simulação. No método prescritivo, também conhecido por método simplificado, são utilizadas equações, tabelas e parâmetros limites, onde é obtida uma pontuação que indica o nível de eficiência parcial dos sistemas e total do edifício (INMETRO, 2010). Esse método avalia os três sistemas independentemente e atribui pesos a eles.

O método da simulação compara o desempenho do edifício proposto (real) com um edifício similar (de referência), cujas características devem estar de acordo com o nível de eficiência pretendido. Dois modelos devem ser construídos: o modelo representando o edifício real e o modelo de referência, com apoio de um sistema computacional (INMETRO, 2010).

O RTQ-C possui um sistema de bonificações, que são iniciativas que possam vir a aumentar a eficiência de edificação. A integração de módulos fotovoltaicos, para geração de energia elétrica é considerada uma iniciativa que contabiliza pontos como bonificações, somadas a pontuação final.

A partir da Instrução Normativa Nº 2 de 4 de junho de 2014, torna-se obrigatória a etiquetagem de edificações públicas, acima de 500 m², novas ou que passem por processo de retrofit (MMA, 2014). A Instrução especifica que ainda que nem todos os sistemas avaliados na edificação (envoltória, sistema de iluminação e condicionamento do ar), sejam objetos do retrofit, é aconselhável que a edificação seja completamente avaliada, emitindo-se a ENCE geral (BRASIL, 2014).

Assim observa-se que, para certificação de edificações históricas, é importante a análise geral, desde aspectos arquitetônicos até de seu uso e equipamentos, principalmente porque muitos são de uso público federal, estadual ou municipal.

2.3 GERAÇÃO SOLAR FOTOVOLTAICA

A energia solar é um termo oriundo da luz e do calor solar. Trata-se de uma fonte primária, ou seja, uma forma de energia disponível no universo, sendo considerada uma fonte inesgotável, devido à escala de tempo humana. Consideradas como uma fonte sustentável de geração de energia, pois não utiliza recursos finitos, pode ser aproveitada por meio de diferentes tecnologias, como o aquecimento solar, energia solar fotovoltaica e energia heliotérmica (PEREIRA et al, 2017).

A geração de energia elétrica heliotérmica dá-se a partir do aproveitamento térmico da energia solar, ou seja, utiliza o calor do sol para gerar vapor de água que em seguida gera energia elétrica. Diferentes tecnologias podem ser utilizadas com o propósito de concentrar a irradiação solar, o que implica diferentes eficiências de conversão de energia térmica em potência útil. O termo usado mundialmente para nomear essa forma de geração de energia é *Concentrated Solar Power* – CSP, que foi adaptado para o português como energia solar térmica ou energia heliotérmica (PEREIRA et al, 2017).

Por energia solar fotovoltaica, entende-se a conversão direta da energia solar radiante em energia elétrica por corrente contínua (PINHO e GALDINO, 2014). Energia fotovoltaica é a energia elétrica produzida a partir de luz solar, e pode ser produzida, mesmo em dias nublados ou chuvosos, através da radiação difusa, que é a radiação solar que alcança a superfície terrestre proveniente de todas as direções, decorrente dos processos de espalhamento dos gases e partículas presentes na atmosfera. A radiação difusa pode ser interpretada como a luz refletida por qualquer superfície, até mesmo por nuvens, paredes ou chão (PEREIRA et al, 2017).

O efeito fotovoltaico foi observado pela primeira vez pelo físico francês Alexandre Edmond Becquerel, 1839. Mas foi em 1954 que os pesquisadores americanos dos Laboratórios Bell criaram a primeira célula fotovoltaica para uso prático. Ele foi fabricado de silício monocristalino, material abundante na natureza. As

células fotovoltaicas foram utilizadas pela primeira vez para alimentar o satélite Vanguard I, em 1958 (PINHO e GALDINO, 2014).

Os sistemas fotovoltaicos são compostos de dois itens básicos: módulos solares, que são os responsáveis em transformar energia solar em energia elétrica e os inversores que são o centro dos sistemas. Estes fazem a sincronização com a rede pública de eletricidade, ou seja, transformam a energia solar produzida para as mesmas características daquela fornecida pela rede elétrica convencional.

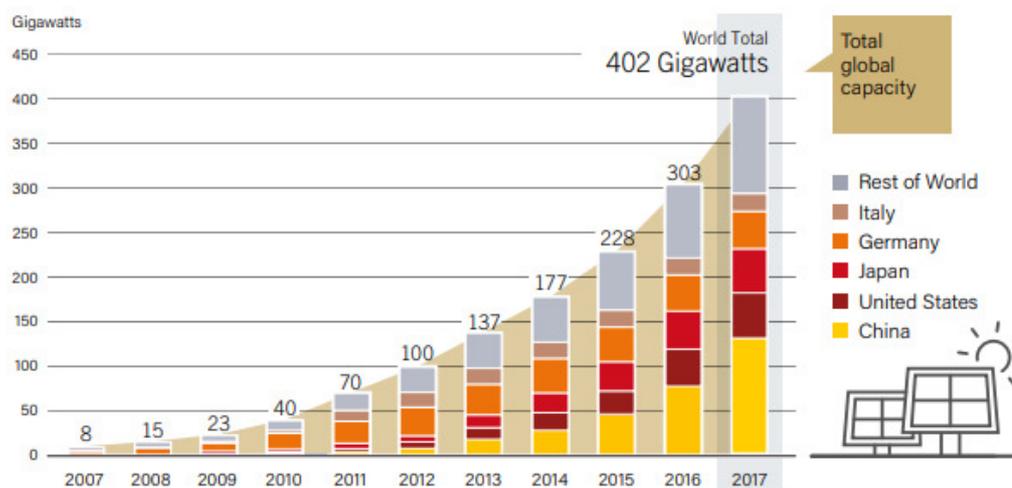
As baterias são dispositivos responsáveis pelo armazenamento da energia necessária para atender o sistema, em períodos quando não há radiação solar (dias chuvosos com baixa irradiação solar e à noite). Com isso, parte da energia solar convertida em energia elétrica pelos módulos durante o dia, é armazenada para ser utilizada em outros momentos (PINHO e GALDINO, 2014). Atualmente baterias são utilizadas em sistemas remotos ou isolados, sem ligação com rede elétrica pública (SANTOS, 2013).

As principais tecnologias aplicadas à produção de módulos e células fotovoltaicas classificam-se em três gerações. A primeira delas é considerada a tecnologia mais estabelecida e com maior eficiência, são denominadas células de silício monocristalino ou policristalino, em razão do material que são produzidas. A segunda geração é intitulada, no mercado, de Filmes Finos Algumas dificuldades associadas a esta geração fazem com que ela tenha menor espaço no mercado e apresentem menor eficiência em relação à primeira geração. (PINHO e GALDINO, 2014).

A terceira geração está dividida em três cadeias produtivas: CPV (Concentrated Photovoltaic) célula fotovoltaica multijunção, DSSS (Dye-Sensitized Solar Cell) célula sensibilizada por corante e OPV (Organic Photovoltaics) células orgânicas ou poliméricas. Trata-se de um filme fino, leve, flexível, com diferentes graus de transparência e adaptável, em termos de cor e formato. (PINHO e GALDINO, 2014).

Conforme a REN 21/2018, os maiores mercados de sistemas FV estão na Europa, em países como Alemanha e Itália. Depois da Europa os maiores sistemas instalados estão no Japão e EUA. Outros países têm tido expressivo crescimento, como a China, podem ser observados na Figura 2

Figura 2 - Gráfico comparativo da capacidade do sistema solar FV por países, nos anos de 2007/2017.



Fonte: REN 21, 2018.

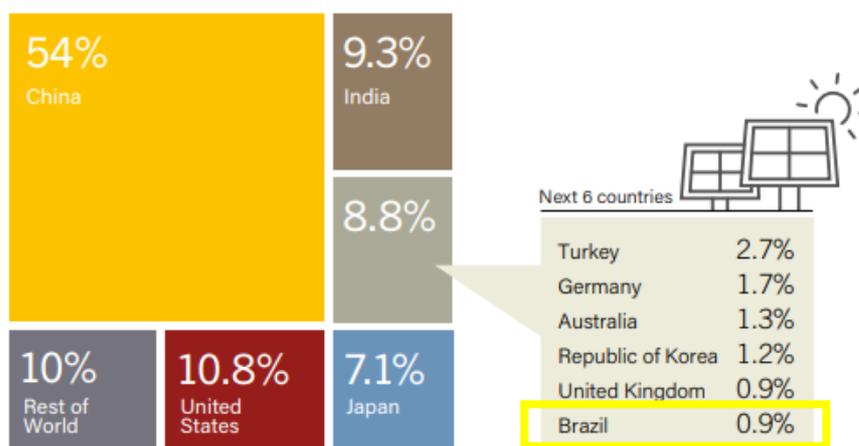
Os primeiros sistemas FV conectados à rede elétrica, instalados no Brasil datam do final da década de 1990. Suas instalações ocorreram em concessionárias de energia elétrica, centro de pesquisas e universidades (PINHO e GALDINO, 2014).

Quando comparado com países no continente europeu, o Brasil recebe elevados índices de radiação solar (PINHO e GALDINO, 2014). Mas, constata-se ainda, que não vem sendo aproveitada de maneira satisfatória. O mercado brasileiro vem se desenvolvendo e está em plena expansão e, na última década, houve aumento significativo de empresas atuantes. Atualmente o Brasil possui 1.306.373 kW de potência FV instalada, sendo 2114 empreendimentos em operação (ANEEL, 2018).

No ano base de 2017, o Brasil produziu 832 GWh de energia solar, sendo 650 GWh instalados em centrais elétricas de serviços públicos (BEN, 2018).

Atualmente o país assumiu a segunda posição em relação a potências instaladas na América Latina, ficando atrás somente do Chile (REN 21, 2018). Nessa posição, o Brasil começa a figurar entre os países com maior crescimento de energia solar no mundo, conforme Figura 3.

Figura 3 - Crescimento da capacidade de geração solar FV, por países, em 2017.



Fonte: REN 21/2018.

A regulamentação para esses sistemas de geração de energia elétrica foi definida pela Resolução Normativa (REN) 482 de 17 de abril de 2012. Foi o marco regulatório que permitiu realizar a compensação da energia gerada com a da rede elétrica, criando as regras e o sistema que compensa o consumidor pela energia elétrica injetada na rede. Esta foi alterada pela REN 687 de 24 de novembro de 2015, que atualmente vigora e estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuídas aos sistemas de distribuição, e o sistema de compensação de energia elétrica (ANEEL, 2015).

Adaptar as edificações históricas à tecnologia fotovoltaica também traz benefícios para a própria edificação, pois estará adaptando-a a novas tecnologias e aumentando sua vida útil, além de incentivar essas tecnologias como forma de sustentabilidade na construção.

2.3.1 Tecnologia Fotovoltaica a as edificações

Os módulos FV integram-se às edificações de maneiras distintas. As duas principais formas de integração da tecnologia fotovoltaica à edificação são: BIPV (sigla em inglês para Building Integrated Photovoltaics) e BAPV (do inglês Building Applied Photovoltaics).

Os BIPVs são integrações elaboradas durante a fase de projeto da edificação, ou seja, consideram os módulos como parte da edificação, e não como uma alteração posterior com adição de elementos a um edifício já construído. Ainda segundo a autora, instalações posteriores ou adaptadas à edificação são classificadas como BAPVs. A integração de sistemas fotovoltaicos em edifícios históricos seria considerada como BAPV, por tratar-se de uma instalação posterior, adaptada ao edifício e não, concebida na época de sua construção.

Chiabrando et al. (2009) indicam que a percepção visual dos módulos tem difícil aceitação em edificações históricas, pois desenvolveram algumas análises quanto à interferência visual nas paisagens dos locais que recebem instalações de sistemas de grande porte. Ressaltam que essa limitação é essencialmente pela estética visual, ou seja, abrem caminhos para estudos sobre a integração de módulos nas coberturas, de forma não perceptível das fachadas, ou então com o uso de tecnologias que mimetizem outros materiais de construção.

Alguns tipos de integrações acabam sendo uma barreira à disseminação da tecnologia FV, porque vinculam a imagem dos módulos a intervenções com estética muitas vezes duvidosa. A integração fotovoltaica com qualidade formal é possível e foi realizada em muitos casos, contribuindo para a valorização da tecnologia e também da edificação (SANTOS, 2013).

2.3.2 Patrimônio arquitetônico e geração solar fotovoltaica

O material empregado nas construções dos edifícios históricos reflete a tecnologia de sua época, sendo altamente perceptível quando há novas tecnologias ou materiais agregados a ele. Nesse contexto, surgem considerações sobre a utilização de módulos fotovoltaicos contribuindo para a geração de energia da edificação e tornando os edifícios mais sustentáveis e aliados às atuais necessidades de diminuição de impacto ambiental das construções.

Nos edifícios históricos, os módulos fotovoltaicos podem ter impacto visual ainda maior, já que são de tecnologia atual, integrando elementos metálicos e normalmente brilhosos, características não tão comuns em edificações de épocas anteriores. Chivelet e Solla, (2010) indicam que as integrações com melhor aceitação são aquelas em que o módulo fotovoltaico não é visível no edifício como, por exemplo,

na cobertura da edificação, ou pelo menos não é notado a partir da visualização de suas fachadas.

A utilização do sistema fotovoltaico em edificações históricas tem como objetivo maior adaptá-las às novas tecnologias, como forma de conservação de sua identidade para as futuras gerações e de contribuir com a sustentabilidade e atuais necessidades de eficiência energética. Mas interferências na envoltória da edificação, podem alterar suas características históricas.

No Brasil, existem pesquisas relacionadas à integração de sistema fotovoltaico e patrimônio arquitetônico, como o trabalho desenvolvido por Vinagre et al. (2016), em que os autores fazem análise quanto à instalação de sistemas FV em edificações históricas no Estado do Pará. Os autores propõem um procedimento metodológico para analisar os de edifícios históricos, protegidos ou não por leis públicas e, inicialmente, foi aplicado em edifícios da região Norte do Brasil, especialmente na cidade de Belém.

Nesta metodologia são analisadas as características gerais da edificação, o impacto visual do sistema FV, atribuindo pontuação quanto ao nível de visualização deste, que divide-se em alto, médio e baixo impacto visual. Também são analisados o potencial solar de cada face de cobertura das edificações e a área disponível para a instalação do sistema FV.

Os autores concluem que a metodologia tem a função de auxiliar a integração fotovoltaica em edifícios históricos, e que esta deve ser analisada, e definida pelos projetistas de uma maneira individual, analisando caso a caso, considerando diferentes fatores, tanto de preservação da arquitetura, quanto de consumo energético (VINAGRE et al., 2016).

A importância deste estudo justifica-se na premissa de que manter a ocupação de edifícios históricos ajuda na conservação do patrimônio de uma cidade. Com isso, garante a permanência dessas edificações no tecido urbano e a compreensão da sua identidade e história pelos seus usuários (KNOP, 2012).

Ao mesmo tempo em que a eficiência energética procura a integração da tecnologia no ambiente construído, ela também contribui para preservação dos edifícios históricos, para as futuras gerações. Embora, não muito comum, encontram-se sistemas fotovoltaicos instalados em edifícios históricos no mundo (IEA, 2016). Os exemplos a seguir demonstram que é possível a integração entre patrimônio histórico e sistema fotovoltaico, respeitando as diversas visões de alteração do patrimônio,

onde as novas tecnologias são mais ou menos perceptíveis, conforme a definição do projetista.

2.3.2.1 Escritório do Turismo, Ales, França

A cidade de Ales, na França, utilizou as ruínas de uma edificação histórica para criar o Escritório do Turismo da cidade. A construção datada do século XI serviu como teatro à pequena cidade. Nessa edificação, uma fachada original foi mantida e um novo prédio foi construído junto a ela, como visto na Figura 4 (IEA 2016).

Figura 4 - Fachada original mantida na intervenção.



Fonte: < http://www.pvdatabase.org/pdf/Office_du_tourisme_Ales1.pdf > Acesso em: 01 out 2017.

Os módulos FV foram instalados nas aberturas da fachada principal, deixando à mostra a tecnologia de construção diferenciada da edificação original (Figura 5 e Figura 6). A intervenção na edificação iniciou em meados dos anos 2000 e o sistema entrou em funcionamento em 2004, com potência instalada de 9,5 kWp.

Figura 5 - Detalhe da fachada com instalação fotovoltaica.



Fonte: < http://www.pvdatabase.org/projects_view_details.php?ID=126 > Acesso em: 01 out 2017.

Figura 6 - Sistema instalado na fachada da edificação



Fonte: <http://www.pvdatabase.org/pdf/Office_du_tourisme_Ales1.pdf> Acesso em: 01 out 2017.

Observa-se que, neste caso, que a integração do sistema FV acontece de maneira nítida, na qual se percebe claramente a diferenciação da nova tecnologia e do antigo sistema construtivo da edificação, onde suas características foram mantidas.

2.3.2.2 Museu de História Natural, Viena, Áustria

Esta edificação pertencia a família real da Áustria. Transformou-se Museu de História Natural de Viena, em 1889, e atualmente é aberto ao público para visitas. Considerado o primeiro sistema FV instalado em edificações desse porte na Áustria, entrou em operação a partir de abril de 1998, com potência instalada de 14,82 kWp.

O sistema fica todo encoberto pela platibanda, não alterando a percepção visual da edificação. Neste caso observa-se que as fachadas foram totalmente preservadas, onde não há visualização do sistema FV instalado no edifício, conforme Figura 7.

Figura 7 - Museu de História Natural em Viena



Fonte: <http://www.pvdatabase.org/projects_view_detailmore.php?ID=343> Acesso em: 01 out 2017.

Foi desenvolvida uma estrutura especial em alumínio, posicionada sobre o telhado do edifício, para receber os módulos FV, pois a cobertura da edificação apresentava irregularidades, o que dificultava o posicionamento destes módulos (Figura 8). A instalação desta estrutura facilitou a fixação dos módulos sob a cobertura. Observa-se, na imagem, a provável substituição da cobertura original da edificação, em razão de restauração ocorrida no edifício.

Figura 8 - Detalhe da estrutura em alumínio para fixação dos módulos.



Fonte: <http://www.pvdatabase.org/projects_view_detailmore.php?ID=343> Acesso em: 01 out 2017.

Nesta edificação, o posicionamento dos módulos não interfere na percepção da edificação pelos observadores.

2.3.2.3 Edifício do Parlamento Alemão, Berlim, Alemanha

Localizado na cidade de Berlim, capital da Alemanha, o prédio do Parlamento Alemão, ou Reichstag, foi inaugurado, em 1882, pelo imperador Guilherme I (OLIVEIRA, 2005). Ele carrega as marcas de um passado conturbado, em que muitos eventos relativos à história do país aconteceram nessa edificação. Foi nele que a primeira República Alemã foi proclamada em novembro de 1918 (Figura 9).

Figura 9 - Fachada frontal Parlamento Alemão.



Fonte: <<http://piniweb17.pini.com.br/construcao/sustentabilidade/imagens/i221448.jpg>>. Acesso em: 01 out 2017.

Em 1933, o prédio foi incendiado e durante a 2ª Guerra Mundial, em 1945, foi duramente bombardeado. O interior foi saqueado e a cúpula destruída. Hoje, além de sede do Parlamento alemão, o Reichstag é considerado, o mais eficiente prédio parlamentar do mundo. É, ao mesmo tempo, um marco político que se converteu em símbolo arquitetônico de Berlim (OLIVEIRA, 2005).

Totalmente reconstruído no final da década de 1990, com base em projeto assinado pelo arquiteto britânico Norman Foster, o antigo Parlamento Alemão, tornou-se referência em edificação sustentável, entre outros fatores, por seus 3,6 mil m² de módulos fotovoltaicos dispostos, principalmente, na face Sul da cobertura do prédio (OLIVEIRA, 2005) (Figura 10 e Figura 11).

Figura 10 - Módulos FV instalados na cobertura do Parlamento Alemão.



Fonte: <<https://amedia.britannica.com/700x450/45/101845-004-AB9DCB0D.jpg>> Acesso em: 06 mar 2018.

Figura 11 - Módulos FV instalados na cobertura do Parlamento Alemão.



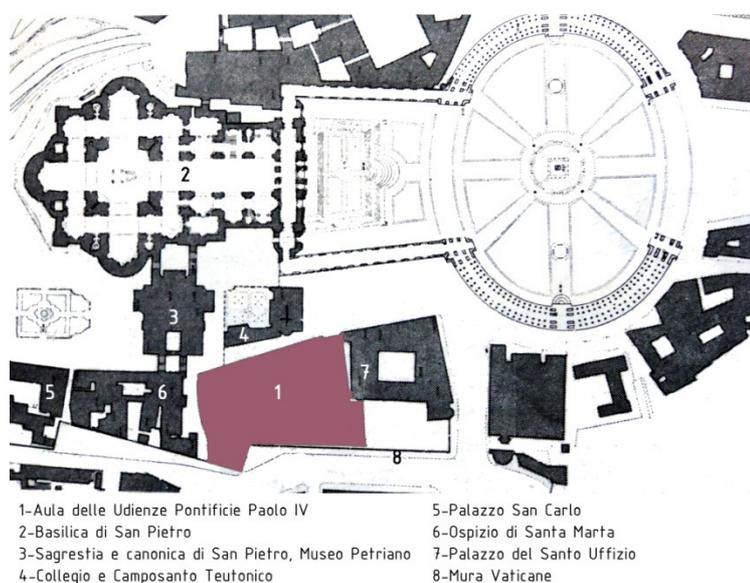
Fonte: <http://www.engcotec.de/Englisch/Projects/projects_photos/Bilder%20Projekte%20gro%DF/berlinerreichstagw.jpg> Acesso em: 06 mar 2018.

Percebe-se que a integração do sistema FV apresenta baixo impacto visual, pois não é visível da fachada da edificação, o que não altera a percepção pelos observadores. Observa-se que o uso de platibandas possibilita a integração fotovoltaica, de maneira que não deixa visível os módulos, a partir das fachadas da edificação.

2.3.2.4 Palácio Apostólico, Cidade do Vaticano

Em 1964, foi encomendado ao arquiteto Pier Luigi Nervi (1891-1979) uma sala, a fim de melhorar as condições em que as audiências pontífices eram realizadas. O local definido para o projeto encontrava - se à próximo da Cidade do Vaticano, em uma área entre a sacristia da Basílica do Vaticano e a Praça de São Pedro (Figura 12). As obras foram iniciadas em 1966 e inauguradas em 30 de junho de 1971 pelo Papa Paulo VI (NORCIA, 2014).

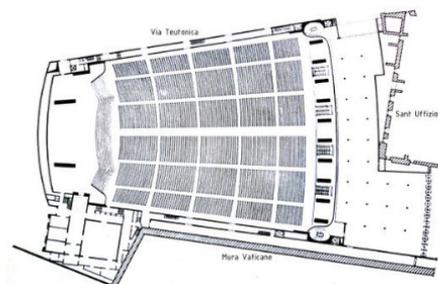
Figura 12 - Localização do Palácio apostólico



Fonte:<<http://www.archidiap.com/beta/assets/uploads/2014/09/planimetria4.jpg>>. Acesso em 06 mar 2018.

O complexo consiste em: salão para audiências públicas; sala menor para conferências; espaço para público especial; salas para imprensa, rádio e televisão e uma sala para traduções simultâneas (NORCIA, 2014). O salão, tem um layout de forma trapezoidal, conforme a Figura 13.

Figura 13 - Planta trapezoidal do Palácio Apostólico



Fonte: <[https://it.cathopedia.org/wiki/Aula_Paolo_VI_\(Vaticano\)](https://it.cathopedia.org/wiki/Aula_Paolo_VI_(Vaticano))> Acesso em: 06 mar 2018.

Nos últimos anos, foi necessário restaurar os painéis de revestimento externos do telhado. Foi realizado um projeto que integra a cobertura com um sistema fotovoltaico com alta compatibilidade arquitetônica e ambiental. Foram instalados aproximadamente 2400 painéis fotovoltaicos, em uma área de cobertura de 5000 m². A capacidade instalada foi de 221,59 kWp. As obras foram concluídas em novembro de 2008 (NORCIA, 2014) (Figura 14 e Figura 15).

Neste caso a integração é considerada BIPV, pois foi idealizada junto a substituição do revestimento da cobertura. Pode-se notar que quando ocorrerem intervenções em edifícios históricos, estas podem ser planejadas junto a fase de projeto.

Figura 14 - Módulos FV instalados na cobertura do Palácio Apostólico



Fonte:

<http://www.meucat.com/maps/mapa_satelite.php?COD=roma&NOME=Sala+Nervi+Audiencias+do+Papa> Acesso em: 06 mar 2018.

Figura 15 - Detalhe dos módulos FV.



Fonte:

<http://www.architectour.net/public/Image/DB_BUILDINGS/000196_NERVI_AulaPaoloVI/300_solar-dome.jpg> Acesso em: 06 mar 2018.

2.3.3 Eficiência energética em edificações históricas

A bibliografia existente, relativo a eficiência energética dos ambientes construídos, é quase inteiramente dedicada a edificações com técnicas construtivas mais recentes, devido as características de alguns materiais construtivos atuais serem mais voltadas a este tema

Ainda assim a eficiência energética em edifícios históricos, apresenta-se como tema de investigação em diversos países, principalmente na Europa. Os exemplos seguintes demonstram que eficiência energética em edifícios históricos já é uma discussão importante a ser difundida, para que seja cada vez mais presente.

2.3.3.1 Edifício 240 da Avenida da Liberdade, Lisboa, Portugal

No final do século XIX, a Avenida da Liberdade em Lisboa Portugal, representava o primeiro *boulevard* da cidade , uma via de trânsito de grande dimensão e dotada de uma forte preocupação paisagística, que facilmente se tornou numa localização residencial de referência para as classes mais abastadas (GONÇALVES,2015).

Neste contexto, o número 240 da Avenida da Liberdade era ocupado por um prédio residencial, que foi incendiado em outubro de 1910, por ocasião da revolução que implementou a república portuguesa. Apesar da intervenção dos bombeiros, a construção não conseguiu ser salva, ficando em ruínas. Em 1913 a edificação foi reconstruída como um novo prédio para alojar diferentes famílias sob o regime de aluguel (GONÇALVES,2015).

O edifício encontrava-se completamente abandonado e em 2012 iniciam-se as obras de restauro, com autoria do arquiteto Alexandre Burmester, arquiteto português que cursou faculdade no Brasil. A reforma previa a inclusão de salas comerciais no térreo e salas para escritórios nos demais pavimentos (GONÇALVES,2015). (Figura 16)

Figura 16 – Fachada frontal Edifício 240, Avenida da Liberdade



Fonte: <<https://www.stonecapital.pt/wp-content/uploads/liberdade-240-slider-01-min.jpg>>. Acesso em 03 abr 2019

Minimizar o impacto ambiental, otimizar o desempenho energético e obter um produto final cujos padrões estéticos e funcionais fossem de excelência, eram as grandes premissas para este projeto (GONÇALVES,2015).

A edificação seguiu todas as normas de acordo com o Sistema de Certificação Energética de Portugal, e foi classificada com nível B de desempenho energético, conforme o próprio sistema de certificação. Pode dizer-se que grande parte deste índice ficou a cargo da envoltória da edificação, que teve a responsabilidade de garantir grande parte da conservação de energia, índices de conforto e qualidade do ar adequados (GONÇALVES,2015) (Figura 17).

Figura 17 – Detalhe das aberturas do Edifício 240



Fonte:<<https://www.stonecapital.pt/wp-content/uploads/liberdade-240-slider-07-min.jpg>> .Acesso em 03 abr 2019.

Possui a primeira Certificação Ambiental BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method), na categoria de escritórios, em Portugal. Esta certificação avalia todas as fases do projeto: desde a concepção, à construção e à operação do edifício.

A edificação recebeu no ano de 2014 o Prémio Nacional de Reabilitação Urbana – um dos prémios de maior prestígio na área da reabilitação urbana em Portugal – com enfoque na categoria de Melhor solução de eficiência energética (GONÇALVES,2015) (Figura 18).

Figura 18 – Detalhe da envoltória



Fonte:<<https://www.stonecapital.pt/wp-content/uploads/liberdade-240-slider-03-min.jpg>>.Acesso em 03 abr 2019.

Observa-se neste caso que a edificação recebeu intervenções internas e externas, como a substituição de aberturas na fachada. Mas ainda assim a envoltória foi a grande protagonista para obtenção do nível de eficiência da edificação.

2.3.3.3 Palacete de los Duques de Arévalo del Rey, Madrid, Espanha.

O desejo dos proprietários em constituir um hotel nos arredores de Madrid é o pretexto para a construção original deste Palacete. Construído em 1905, pelo arquiteto Luis Sainz De Los Terreros, o edifício foi implantado em cerca de 40% do lote disponível, sendo os restantes 60% destinados a um generoso jardim que apresentava um papel de destaque na área social do Palacete (GONÇALVES,2015) (Figura 19).

Figura 19 - Implantação da edificação



Fonte:<<https://www.construction21.org/espana/data/sources/users/330/images/34746.jpg>> Acesso em 05 abr 2019.

Em 1911 a edificação sofreu um acréscimo de área construída, devido a sua mudança de tipologia, para edifício de habitações multifamiliares, eliminando-se a tipologia hoteleira antecedente. Passa a ocupar o perímetro do lote, deixando apenas um pátio central (GONÇALVES,2015).

Em 2005, o Palacete é adquirido pelo estado, que lança um concurso nacional para reforma da edificação e troca de uso, que passaria a abrigar a Procuradoria

Especial para o Combate à Corrupção e à Criminalidade Organizada (GONÇALVES,2015).

O vencedor do concurso foi o arquiteto espanhol Ignacio Mendaro Corsini, que propunha a demolição da ampliação ocorrida em 1911, colocando em evidência a volumetria da construção original, de 1905. A proposta não foi aceita pela comissão de Proteção do Património Natural e Histórico-Artístico espanhola, e por essa razão, teve de ser abandonada e repensada (GONÇALVES,2015).

Com base na não aceitação da proposta original do concurso, compreendeu-se imediatamente que a intervenção teria de passar pela revitalização da estrutura pré-existente, e pela compatibilização com as exigências funcionais contemporâneas inerentes a nova função da edificação. A reforma foi concluída no ano de 2011 (GONÇALVES,2015) (Figura 20).

Figura 20 – Fachada do Palacete de los Duques de Arévalo del Rey



Fonte:<http://4.bp.blogspot.com/-tz3hTsesCP4/UfPm_nDIHEI/AAAAAAAAI3Q/a6OX3W7hP-0/s640/IMG_4261+copia.JPG>.Acesso em 05 abr 2019.

Este projeto é demonstrativo da colaboração multidisciplinar na área da reabilitação, resultando de uma combinação de esforços de arquitetos, conservadores-restauradores (materiais e técnicas tradicionais) e especialistas na área das novas tecnologias energéticas (sistemas de eficiência energética), da qual

se estima uma vida útil de, aproximadamente, 50 anos para a edificação (GONÇALVES,2015).

O edifício recebeu no ano de 2013, o Prémio ASPRIMA- SIMA na categoria de Melhor iniciativa de reabilitação energética de edifícios, na Espanha. Esta premiação acontece desde 2004, fruto da parceria entre a ASPRIMA (Associação de Promotores Imobiliários de Madrid) e o SIMA (Salão Imobiliário Internacional de Madrid). Considerado o prémio mais prestigiado do setor imobiliário espanhol, visa o reconhecimento público das melhores iniciativas nos diversos setores de atuação imobiliária (GONÇALVES,2015) (Figura 21).

Figura 21 - Fachada lateral da edificação



Fonte:<<https://www.construction21.org/espana/data/sources/users/330/images/34746.jpg>> Acesso em 05 abr 2019.

Assim observa-se que os edifícios históricos desempenham um importante papel no contexto urbano. Têm a função de representar simbolicamente a herança cultural e a memória de um povo. A integração de novas tecnologias e a preocupação com a eficiência energética, nessas edificações, fazem com que os edifícios reassumam sua identidade cultural e sejam vistos como forma de respeito pela história de uma sociedade (SERPA, 2009).

3 METODOLOGIA

Para alcançar os objetivos propostos neste estudo, iniciou-se pela busca da revisão bibliográfica, visando conhecer o estado da arte dos assuntos abordados: patrimônio arquitetônico explanando conceitos principais, práticas de preservação do patrimônio, legislações vigentes e órgãos de preservação do patrimônio e cartas patrimoniais; eficiência energética com os conceitos gerais e explicações sobre o Regulamento Técnico de Qualidade para o nível de Eficiência Energética de edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos e finalmente, geração solar fotovoltaica em que se abordaram conceitos de energia solar fotovoltaica, aspectos da tecnologia fotovoltaica e a tecnologia solar FV e sua relação com o patrimônio arquitetônico.

Para implementação deste estudo, a metodologia teve sequência com as etapas apresentadas a seguir, apresentadas na Figura 22.

Figura 22 - Etapas da metodologia



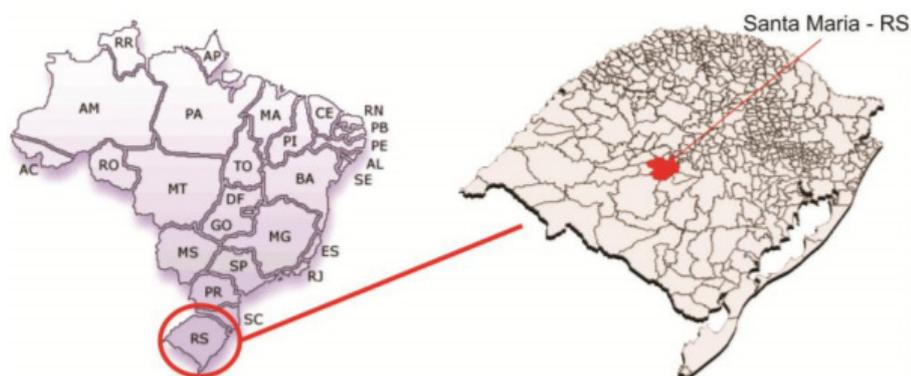
Fonte: Autora, 2018.

3.1 SELEÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DOS ESTUDOS DE CASO

Para o desenvolvimento deste estudo, procuraram-se exemplares representativos de edificações históricas no município de Santa Maria, RS, município situado no centro do estado do Rio Grande do Sul, distante 291,2 km da capital, Porto Alegre (Figura 23).

Por representativos entende-se, edificações acessíveis de serem encontradas em outros locais, por este motivo optou-se por museu e colégio.

Figura 23 - Mapa de Localização da cidade de Santa Maria no país e no Estado do Rio Grande do Sul.



Fonte: Gaklik, 2012.

A busca iniciou-se por edificações que tivessem relevância histórica para a cidade e ainda estivessem sendo utilizadas, para facilitar a aquisição de dados e analisar condições que possam contribuir com outras edificações similares em diversas partes do território.

Foram selecionados dois edifícios históricos no município de Santa Maria: o edifício da Escola Santa Terezinha de Artes e Ofícios, atualmente denominado Colégio Manoel Ribas, e o Palacete do Dr. Astrogildo de Azevedo. A primeira edificação ainda se destina à atividade educacional, abrigando atualmente uma escola estadual de ensino médio. A segunda edificação não apresenta mais a função de residência e aloja nos dias de hoje, o Museu Educativo Gama d'Eça e Victor Bersani, museus educativos, pertencentes à Universidade Federal de Santa Maria. Ambas são edificações públicas.

O Colégio localiza-se na área urbana de Santa Maria, em lote irregular, que abrange a totalidade do quarteirão. A edificação apresenta-se isolada no lote, em área residencial pouco densa e não sofre sombreamento de outras edificações. O museu está localizado no centro urbano do município, ocupando toda a testada do lote. Seu entorno é composto de edifícios em altura e edificações de dois pavimentos. A Figura

24 mostra a localização das duas edificações selecionadas como estudo de caso desta pesquisa, na malha urbana da cidade de Santa Maria.

Figura 24 - Localização das edificações selecionadas na malha urbana de Santa Maria.



Fonte: Google Earth Pro, 2018.

Essas edificações serviram de base para a aplicação da metodologia descrita neste capítulo. Foi realizada a análise do nível de eficiência energética das edificações através do RTQ-C, método prescritivo, ao qual foram analisadas as características da envoltória, do sistema de iluminação e do sistema de condicionamento de ar de cada edificação e, posteriormente, dimensionados os sistemas fotovoltaicos para geração de energia elétrica, que buscou atender a demanda de cada edifício.

3.2 LEVANTAMENTO DE DADOS DAS EDIFICAÇÕES SELECIONADAS

Nesta etapa, foram levantados todos os dados relativos às edificações selecionadas como estudo de caso. Foram realizados levantamentos de dados

históricos relativos às edificações e o estado atual de ambas. Foram analisadas as características construtivas dos edifícios e coletados dados relativos ao consumo de energia elétrica de cada edificação. Estes foram retirados das faturas de energia elétrica, fornecidas pela concessionária da região, a RGE Sul (Rio Grande Energia).

As informações relativas à Colégio Manoel Ribas como plantas, cortes e fachadas, foram obtidas junto a Construtora Urbana, com sede em Porto Alegre, que foi a empresa responsável pela última reforma da instituição.

As informações relativas ao Palacete Dr. Astrogildo de Azevedo, foram buscadas junto a PROINFRA (Pró Reitoria de Infraestrutura) da UFSM, que é o setor responsável pela manutenção do patrimônio da universidade.

Todas as informações relativas às envoltórias, ao sistema de iluminação e condicionamento de ar de ambas edificações foram obtidas através de visitas in loco. Fotografias e confirmação de medidas no local foram utilizadas como auxiliares na obtenção dos dados.

No Colégio Manoel Ribas, para obter-se informações relativas aos condicionadores de ar, utilizaram-se escadas para acesso às unidades internas e externas, pois estas se encontravam em locais onde não foi possível conseguir fotos nítidas. Para obtenção de dados no Palacete Dr. Astrogildo de Azevedo, contou-se com o auxílio dos funcionários do setor de manutenção de equipamentos, da PROINFRA, que se utilizando de escadas, fotografaram as unidades externas dos ares condicionados da edificação.

3.3 ANÁLISE QUANTO AO REGULAMENTO TÉCNICO DE QUALIDADE PARA O NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS COMERCIAIS, DE SERVIÇOS E PÚBLICOS (RTQ-C)

Nesta etapa, as edificações foram avaliadas conforme o regulamento, através do método prescritivo, e foram utilizadas equações, tabelas e parâmetros para a classificação. O método prescritivo, de forma geral, baseia-se no cálculo de uma série de variáveis referentes aos aspectos construtivos da edificação, seguido da comparação dos valores obtidos com valores-base definidos no regulamento (INMETRO, 2017). O método prescritivo foi utilizado para compreensão dos elementos que poderiam ser alterados passo a passo, pelo controle de dados obtidos

e acompanhamento item a item de seus resultados. Estudos já foram desenvolvidos utilizando-se dos dois métodos de classificação do nível de eficiência energética das edificações, segundo o RTQ-C, método prescritivo, também chamado de simplificado e o método de simulação. Como exemplo, tem-se o trabalho realizado por Daltrozo (2018), que analisa uma edificação hoteleira. Como resultado, observa-se que a utilização do método prescritivo conduziu a um nível menor de eficiência energética, quando comparado com o nível obtido através do método de simulação, para a tipologia analisada. Esse fato dá-se, possivelmente, porque o método de simulação computacional mostra-se mais completo, à medida que permite a inserção de dados variados e a relação entre as características do edifício e o clima durante as horas do dia.

Para classificação do nível de eficiência energética de cada edificação selecionada, foi utilizada a ferramenta WebPrescritivo, que é uma ferramenta de avaliação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, pelo Método Prescritivo do RTQ-C. O objetivo dessa ferramenta não é obter uma etiqueta de conservação de energia, mas sim automatizar os procedimentos de avaliação da edificação conforme o RTQ-C. Esta ferramenta está disponível *on line* e foi desenvolvida pelo Laboratório de Eficiência Energética nas Edificações da Universidade de Santa Catarina (LABEEE, 2018). Optou-se pelo seu uso por otimizar o tempo de definição da classificação do nível de eficiência das edificações e verificar individualmente todos os elementos e sua influência na classificação do nível de eficiência das edificações.

3.3.1. Determinação do nível de eficiência da envoltória

Para determinação do nível de eficiência da envoltória das edificações, foram avaliados pré-requisitos específicos, como transmitância térmica e absorvância solar de coberturas e paredes externas e o percentual de abertura zenital, se ocorrer nas edificações (MMA, 2014). Foram informados os dados dimensionais da edificação e as características das aberturas.

Por envoltória podemos entender o conjunto de elementos construídos que compõem os fechamentos externos da edificação. Todos os elementos que estão acima do nível do solo e em contato com o exterior pertencem a envoltória, como: coberturas, paredes e aberturas (MMA, 2015). A envoltória é composta pelas

fachadas da edificação. A orientação destas fachadas influencia na eficiência da edificação (INMETRO, 2017). Por este motivo é necessário definir a orientação de cada fachada adequadamente, através da implantação do edifício.

O regulamento especifica que se adote uma abrangência de 45° no sentido horário e anti-horário de cada ponto cardeal, utilizando como base os quadrantes Noret, Sul, Leste e Oeste.

A absorvância é a parcela absorvida da radiação no fechamento opaco. A cor é o principal determinante desse índice (MMA, 2014). Para definição da absorvância das paredes externas das edificações que servem de estudo de caso neste trabalho, utilizaram-se os dados fornecidos pelo trabalho de Dornelles (2008), que determina a absorvância para diferentes espectros de cores.

Entende-se por transmitância térmica a propriedade do material em resistir a passagem de calor (MMA, 2014). Para configuração da transmitância térmica das paredes das edificações, foram utilizados os dados levantados no trabalho desenvolvido por Treichel (2018), em que a autora apresenta os cálculos, baseados na NBR 15220, para definição desse índice.

O RTQ-C recomenda a adoção de valores relativos à absorvância e transmitância, os contidos na NBR 15220-2/2013. Quando a edificação possuir um material não constante na norma, serão necessárias medições in loco e envio de material para laboratório para definição das especificações técnicas desses materiais.

A transmitância térmica a ser considerada para a avaliação do pré-requisito é a média das transmitâncias de cada parcela das paredes, ou cobertura, ponderadas pela área que ocupam. O valor considerado, será o obtido pela razão entre área de fachada ou cobertura multiplicado pela transmitância do material e a área total das paredes ou cobertura (INMETRO, 2017).

3.3.2 Análise do sistema de iluminação

Para análise do sistema de iluminação das edificações, alvo deste estudo, fez-se necessário um levantamento quantitativo das luminárias e lâmpadas, bem como do tipo e potência de cada uma delas. Esse levantamento foi realizado através de visitas in loco e utilizaram-se fotografias para registo e identificação do tipo de lâmpada.

O sistema de iluminação pode ser avaliado por dois métodos: da área do edifício e das atividades. Em ambos avalia-se a potência instalada, dividido entre a área útil dos ambientes (MMA, 2014). Para o desenvolvimento deste trabalho, foi utilizado o método de área do edifício, pois avalia de forma conjunta todos os ambientes da edificação. Sua utilização é recomendada para edifícios com até três atividades principais ou para atividades que ocupem mais de 30% do edifício a ser analisado (MMA, 2015).

Os pré-requisitos do sistema de iluminação são: divisão de circuitos, onde cada ambiente fechado deve possuir pelo menos um dispositivo para acionamento independente da iluminação interna; contribuição da luz natural, onde as fileiras de luminárias próximas às aberturas que recebem luz natural, devem ter acionamento independente, fazendo uso da iluminação natural e, por fim, desligamento automático do sistema de iluminação, e ambientes maiores de 250 m² devem possuir um sistema automático de iluminação (MMA, 2015).

Para a simulação de melhoria no sistema de iluminação das edificações, optou-se pela substituição das lâmpadas instaladas por sua equivalência em lâmpadas LED (Light Emitting Diode ou Diodo Emissor de Luz). Para isto utilizou-se a tabela desenvolvida por Souza et al. (2017). Cada fabricante de iluminação apresenta uma tabela a partir de testes feitos com a sua linha de produto. Testes e medições são realizados para comparar a equivalência entre as lâmpadas antigas e de consumo maior, com as lâmpadas LED (SOUZA et al., 2017).

3.3.3 Análise do sistema de condicionamento de ar

Para análise do sistema de condicionamento de ar, fez-se necessário um levantamento quantitativo dos aparelhos instalados nas edificações, alvo de estudo deste trabalho, bem como do tipo e potência de cada um deles. Esse levantamento foi realizado através de visitas in loco, e utilizaram-se fotografias para registro e identificação do tipo de condicionadores.

Os sistemas de condicionamento de ar possuem pré-requisitos somente para o nível de eficiência A, que são: isolamento térmico para dutos de ar e condicionamento da edificação por aquecimento artificial. Caso estes não sejam atendidos, a edificação não poderá ser nível máximo de eficiência (MMA,2015).

As bonificações são iniciativas que aumentem a eficiência da edificação e gerem economia no consumo de energia. Podem ser: uso racional da água, aquecimento solar de água, fontes renováveis de energia (eólica ou fotovoltaica), sistemas inovadores e elevadores inteligentes. É permitido utilizar mais de uma das estratégias descritas, e a soma poderá atingir até um ponto.

Após informados todos os dados, obtêm-se as classificações individuais da envoltória das edificações, do sistema de iluminação e do condicionante de ar e também a classificação geral do nível de eficiência energética das edificações. Como a análise foi realizada em etapas, pode se observar os elementos que contribuíram mais ou menos para a eficiência energética das edificações.

3.4 SIMULAÇÃO FOTOVOLTAICA

Após a análise da eficiência energética foi estimada a geração fotovoltaica possível para as referidas edificações. Foram dimensionados os sistemas FV para geração de energia elétrica, conforme disposição na cobertura da edificação. Analisando-se, com isso, a possibilidade de produção de parte, ou toda energia que a edificação consome ou, até mesmo, geração maior de energia, podendo ser o excedente retornado à rede da concessionária, conforme regulamenta a REN 687 (Resolução Normativa 687, de 24 de novembro de 2015) que cria as regras e o sistema que compensa o consumidor pela energia elétrica injetada na rede (INMETRO, 2015).

Devido ao fato das edificações selecionadas estarem localizadas na malha urbana de Santa Maria, fez-se necessária uma análise do sombreamento gerado, principalmente pelas edificações do entorno às edificações estudadas e também por elementos da própria edificação. Esta análise foi realizada utilizando o programa SKETCH UP, onde foram simuladas as edificações estudadas e as edificações no entorno imediato a estas.

Conforme Zomer (2014), sistemas fotovoltaicos integrados a edificações inseridas em meio urbano, tendem a receber sombreamentos parciais tanto do entorno quanto de elementos da própria edificação, além de apresentar limitações para o posicionamento dos módulos (ZOMER, 2014). A aplicação de módulos

fotovoltaicos em regiões sombreadas reduz a capacidade de geração do painel, prejudicando assim, o desempenho do sistema (RÜTHER, 2004).

Foi avaliada a área de cobertura de cada edificação, disponível para distribuição dos módulos, conforme a influência do sombreamento que os edifícios do entorno exercem sobre elas. Foi proposta a distribuição de módulos sobre cada cobertura das edificações, conforme definição das áreas que não são afetadas pelo sombreamento das edificações do entorno, sendo assim estabelecido o número de módulos e por fim, a potência gerada por eles.

Após foi analisado o impacto visual de cada proposta de integração FV, segundo o diagnóstico de Vinagre et al (2016), que tem como objetivo identificar a visibilidade da instalação de módulos fotovoltaicos em cada face do telhado do edifício histórico, classificado como: (1) impacto visual alto, quando a face do telhado é vista por qualquer observador no espaço urbano; (2) o impacto visual moderado, quando a face do telhado é vista por observadores dentro da área do edifício; e (3) impacto visual baixo, quando a face do telhado não pode ser vista por observadores a pé, apenas em vistas aéreas (VINAGRE et al.,2016).

As análises do sombreamento das edificações do entorno às edificações estudadas, foram modeladas e georreferenciadas pelo programa SKETCH UP. Foram considerados os três períodos marcados pela declinação solar durante o ano, que são os solstícios e os equinócios (meses de março, junho e dezembro). O estudo foi realizado considerando três horários, 09 (nove) horas início da manhã, 12 (doze) horas, horário de maior incidência solar e 15 (quinze) horas, considerado como metade da tarde (SALAMONI, 2004).

A análise foi feita nos dias 22 de março, 21 de junho e 22 de dezembro, definidas como, respectivamente, equinócio, solstício de inverno e solstício de verão, para o hemisfério Sul. A área de sombreamento gerada será denominada máscara de sombreamento.

Para ambas as edificações, foram ser utilizados os dados de irradiação disponibilizados no *software* RADIASOL (UFRGS, 2017) desenvolvido pelo Laboratório de Energia Solar da UFRGS (LABSOL), para simulação de sistemas fotovoltaicos e os dados de consumo de energia elétrica pela edificação, verificados junto a concessionária da região.

Para escolha do módulo a ser utilizado na proposta de integração FV na edificação, foi utilizada a tabela do INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia,

Qualidade e Tecnologia), em que é informada a potência de cada módulo. Com o número de módulos e a potência unitária, calcula-se a Potência Real (1), definida pela Equação 1:

$$P_{real} = n * P_{módulo}$$

Equação 1

Onde:

n: número de módulos;

P módulo: potência unitária do módulo.

Este resultado informa a potência a ser gerada pelos módulos. Após será calculada a energia total gerada pelo sistema fotovoltaico, na seguinte Equação 2:

$$E = P_{fv} * H_{tot} * 30 * TD$$

Equação 2

Onde:

E= energia a ser gerada

P_{fv}= Potência dos módulos

H_{tot}= irradiação total

TD= taxa de desempenho do módulo

Neste estudo, não foi pretendido o dimensionamento completo do sistema, e sim uma simulação do posicionamento dos módulos, de modo que possa ser feita uma análise da possibilidade de integração da tecnologia fotovoltaica com as edificações históricas levando em consideração estética, funcionalidade e conforto.

3.5 ANÁLISE DO IMPACTO DA GERAÇÃO SOLAR FV NO NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Ao fim da aplicação da metodologia proposta acima, foi feito um paralelo dos resultados obtidos na classificação quanto ao nível de eficiência energética das edificações, conforme o RTQ-C. Foi analisado se a pontuação obtida na classificação modificou-se, variando, com isso, o nível de eficiência, após a integração de sistemas

fotovoltaicos nas edificações selecionadas. Dessa maneira, pode-se analisar os impactos da presente recomendação quanto ao uso de tecnologias atuais para a geração de energia elétrica em edificações históricas.

4 RESULTADOS

4.1 SELEÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DOS ESTUDOS DE CASO

O Colégio Manoel Ribas e o Palacete Dr. Astrogildo de Azevedo foram selecionadas em razão da sua localização no meio urbano, por ainda estarem sendo utilizadas e por sua grande relevância para o patrimônio arquitetônico da cidade de Santa Maria. Além de serem edificações com caráter arquitetônico e urbano comumente encontradas em outros centros urbanos, elas apresentam similaridade nas suas características construtivas, como espessuras de paredes externas, materiais das aberturas e cobertura. Ambas representam o apogeu da cidade, com a urbanização do início do século XX e a vinda da ferrovia para o município.

4.2 LEVANTAMENTO DE DADOS DAS EDIFICAÇÕES SELECIONADAS

4.2.1 Levantamento de dados históricos - Colégio Manoel Ribas

O edifício do Colégio Estadual Manoel Ribas, está localizado junto à malha urbana da cidade de Santa Maria, RS. Esta edificação foi escolhida para o estudo, por apresentar grande relevância para o patrimônio arquitetônico da cidade, além de ser um edifício representante de uma época significativa para o município, em termos econômicos e culturais. A edificação foi construída originalmente para abrigar uma escola para moças e atualmente encontra-se em atividades, servindo a comunidade como edifício educacional.

A edificação em questão é tombada pelo IPHAE, como patrimônio histórico do estado do RS, através da Portaria número 30, de 26 de outubro de 2000, juntamente com a Mancha Ferroviária. Neste nível de tombamento são permitidas obras de adaptação e restauração, desde que estas sejam previamente aprovadas pelo órgão que realizou o tombamento, neste caso o Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico do Rio Grande do Sul. Conforme o IPHAE/RS, em sua publicação intitulada Cartilha de Tombamento, em bens tombados são permitidas obras de adaptação e restauração, desde que estas sejam previamente aprovadas pelo órgão que realizou o Tombamento (IPHAE/RS, 2019).

O prédio do Colégio Manoel Ribas é tombado a nível municipal pela Lei Municipal 3929/95, e considerado patrimônio histórico do município de Santa Maria.

O transporte ferroviário é o protagonista de uma das fases mais importantes da história do município de Santa Maria. No final do século XIX, instala-se na cidade a direção da Compagnie Auxiliare des Chermins de Fer au Brésil, companhia belga com sede em Bruxelas, que era arrendatária da rede ferroviária do estado (LOPES, 2001). Criam-se trechos de ferrovias que ligam Santa Maria a diversas cidades do estado e a capital, tornando-se assim, a principal rota dos trens de cargas e passageiros da época.

A chegada da ferrovia fez a cidade prosperar e influenciou no desenvolvimento cultural, social e econômico do município. Houve a chegada de um número expressivo de funcionários da Companhia para atuarem em suas atividades (LOPES, 2001). O grande número de operários aqui estabelecidos, faz criar uma demanda até então inexistente. Em 1913, funda-se a Cooperativa de Consumo dos Empregados da Viação Férrea de Santa Maria, CCEVFRGS, cujas realizações estão a criação de armazéns, de fábricas e Colégios, demanda muito grande na época, principalmente para os filhos desses ferroviários (FLORES, 2008).

A Cooperativa, exerceu atividades de comércio, indústria, saúde e educação junto à classe ferroviária do Rio Grande do Sul entre as décadas de 1920 a 1980. Para isso, ocupou uma série de prédios em todo o Estado, construindo um vasto patrimônio material para a Instituição. Importante destacar, as ações da Cooperativa voltadas para a educação, principalmente a criação das Colégios de Artes e Ofícios - Seção Masculina e Seção Feminina, com destaque para essa última, que deu origem ao Colégio Estadual Manoel Ribas, objeto da presente análise.

No início do século XX, a Cooperativa dos Empregados cria a Escola de Artes e Ofícios Hugo Taylor, seção masculina, para a educação dos filhos dos ferroviários. Nesse estabelecimento, ensinava-se carpintaria, estofaria, marcenaria, escultura e alfaiataria, entre outros. Nos anos de 1921, viabilizou a criação de uma escola voltada para educação das moças, em uma casa da Vila Belga, cedida pela diretoria da Viação Férrea. A principal atividade era ensinar técnicas domésticas, as futuras donas de casa (FLORES,2008).

De imediato, a escola ofereceu matrículas para 60 alunas. Logo, o espaço mostrou-se pequeno. A Cooperativa mandou construir um prédio, na Rua Ernesto Beck, nº 2144, que originalmente seria para uma padaria; no entanto, foi emprestado

para sediar a escola das meninas. Diante da enorme procura por vagas, o espaço já nascia insuficiente. Em 1922, constrói-se um novo prédio assobradado localizado na Rua Ernesto Beck, para abrigar a instituição (BELTRANE, 2001), que mais uma vez não apresenta condições de atender a quantidade de alunas matriculadas. Em 1926, inicia-se a obra do novo prédio que seria destinado a internato, externato e ensino profissional. Em 1930, inaugura-se o edifício com estilo eclético, “bem ao gosto dos anos 20 e 30” (BELTRAME, 2001, p.109). Conforme informações obtidas junto a documentos da Cooperativa, a obra da escola foi executada por Rodolfo Schindler (BELTRAME, 2001) (Figura 25).

Figura 25 - Colégio Manoel Ribas, imagem superior na época de sua inauguração, imagem inferior anos 1960.



Fonte: < <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/06.066/409%3E> > Acesso em: 27 nov 2017.

A escola chamava-se Santa Terezinha de Artes e Ofícios - Seção Feminina, era inspirada nas escolas francesas, onde as moças tinham disciplinas profissionalizantes, e também, aulas de canto, bordado, culinária, pintura, música, corte e costura, entre outras atividades. As alunas ingressavam nas séries iniciais e podiam completar o curso complementar, com o direito de exercer o magistério. O auge de sua atuação foram os anos de 1940, quando o número de matrículas na Seção Feminina chegou a aproximadamente 1200 matrículas (FLORES, 2008).

Em 1974, a escola passa a se chamar, primeiramente Ginásio e, após, Colégio Estadual Manoel Ribas, em homenagem ao antigo prefeito de Santa Maria, que muito

contribuiu para o avanço da Cooperativa dos Ferroviários (FLORES, 2007). Em 1977, o governo estadual incorpora por desapropriação sua edificação. No ano de 1995, inicia-se a reforma do edifício, que foi concluída em 1998. No ano de 2000, a edificação é tombada pelo IPHAE (Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico do Estado) juntamente com a Mancha Ferroviária de Santa Maria¹, incluindo os prédios da Vila Belga, Gare da Viação Férrea e o Colégio Manoel Ribas (SCHLEE, 2001).

Atualmente a edificação abriga o Colégio Estadual Manoel Ribas, que atende alunos do Ensino Médio. Esta é administrada pelo governo estadual e conta, segundo a direção da instituição, com aproximadamente 2600 alunos em três turnos, matutino, vespertino e noturno.

Percebe-se, portanto, um exemplar do patrimônio arquitetônico, com relevância para o município. Guarda a memória de uma época e ainda hoje mantém-se em evidência, retratando sua história para as futuras gerações.

4.2.2 Características construtivas - Colégio Manoel Ribas

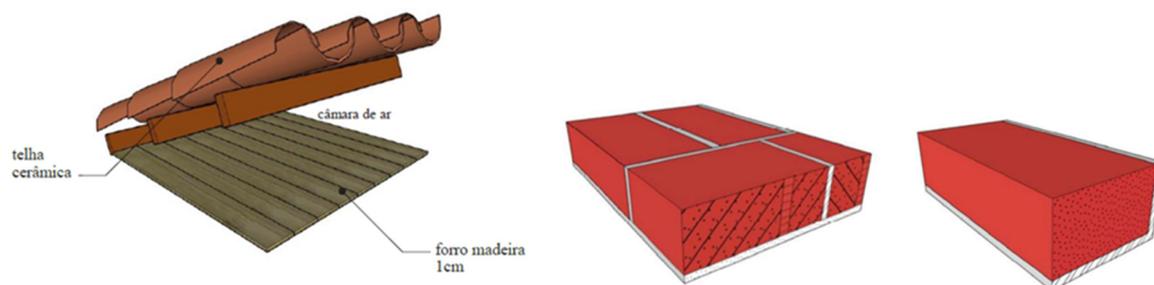
Edificação construída totalmente em alvenaria, tem sua cobertura em telha cerâmica francesa e possui estilo arquitetônico eclético. Tendência que tem, como característica principal, uma mistura de estilos arquitetônicos do passado que juntos, compõe uma nova linguagem arquitetônica (BELTRAMI, 2001).

As paredes externas da edificação são em tijolos maciços com espessura de 45 cm e as paredes internas com espessura de 35 cm. Ambas possuem reboco com revestimento em pintura PVA, conforme observações feitas nas visitas in loco (Figura 26).

As esquadrias são compostas na sua maioria por janelas de duas folhas, em madeira com vidros de 3 mm. A cobertura apresenta telhas cerâmica do tipo francesa e forro em madeira, conforme Figura 26.

¹ Zona de preservação delimitada por um polígono irregular, que engloba edificações no entorno da linha férrea, na cidade de Santa Maria (LOPES, 2001).

Figura 26 - Configuração da cobertura do Colégio Manoel Ribas e paredes externas e internas da edificação, respectivamente.



Fonte: INMETRO, 2013 e Treichel, 2018.

A edificação apresenta planta em formato de "bumerangue", divididas em alas Leste e Oeste. A área total da edificação é de 6.130 m², distribuídas em três pavimentos e um sótão (BELTRAMI, 2001). (Figura 27)

Figura 27 - Implantação do Colégio Manoel Ribas



Fonte: Construtora Urbana, 2018.

Atualmente o Pavimento Térreo abriga as áreas de administração, secretaria, sala de professores e algumas salas de aula. Nele também estão dispostos os sanitários e sala de audiovisual. (Figura 28)

O Segundo Pavimento conta com salas de aula e laboratórios, que atualmente são utilizados pelo Colégio. Localizam-se, neste pavimento, as salas de psicologia e sala de leitura, ambas disponíveis para os alunos da instituição. (Figura 29)

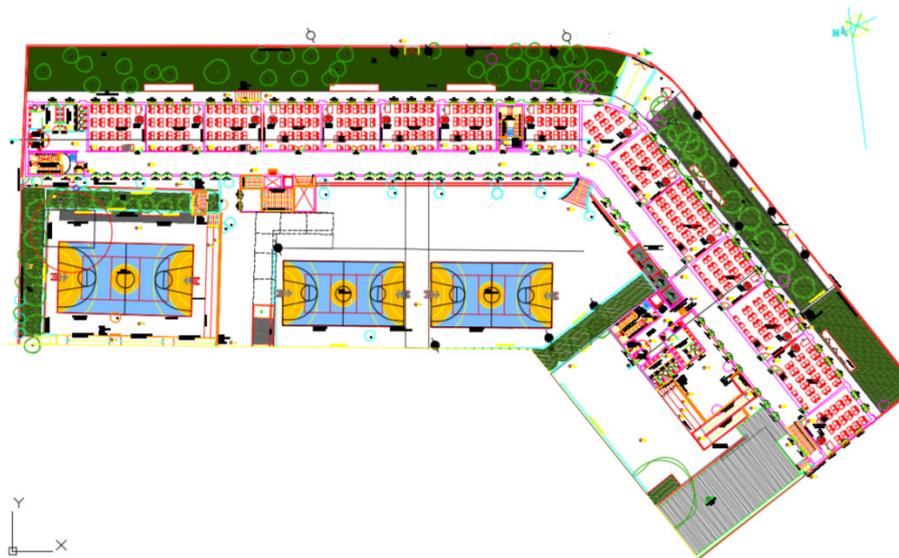
O sótão abriga nos dias atuais, o Memorial Manoel Ribas, a Biblioteca do Colégio, um local para repouso dos alunos em horário de intervalo e um espaço para exposições (Figura 30)

Figura 28 - Planta Baixa Pavimento Térreo



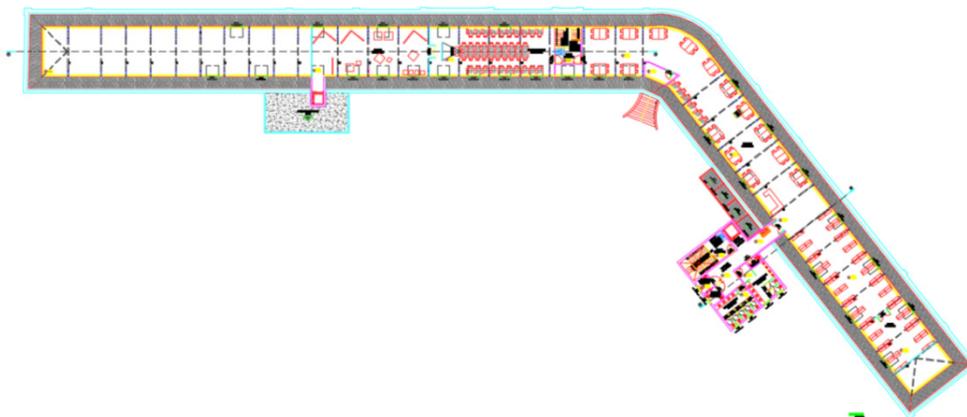
Fonte: Construtora Urbana, 2018.

Figura 29 - Planta Baixa Segundo pavimento



Fonte: Construtora Urbana, 2018.

Figura 30 - Planta Baixa Sótão



Fonte: Construtora Urbana, 2018.

O Colégio possui ainda um subsolo, onde estão dispostas algumas salas de aula, laboratórios de biologia, física e química e salas destinadas à prática de exercícios físicos, denominadas salas de ginástica. Nesse pavimento, encontra-se o salão de eventos da instituição (Figura 31).

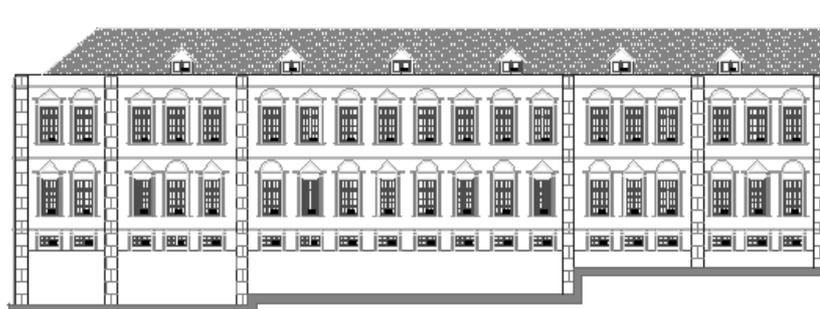
Figura 31 - Planta Baixa do subsolo



Fonte: Construtora Urbana, 2018.

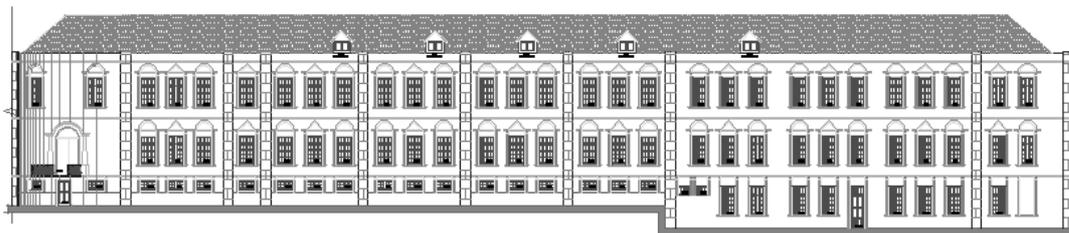
Sua fachada principal tem frente para as Ruas 13 de maio e José do Patrocínio. Expressa características de estilo arquitetônico eclético, as janelas apresentam ornamentos em formato de meio círculo e triângulo. Visualizam-se mansardas por toda a extensão da cobertura, elas fornecem luz natural para o sótão. (Figura 32 e Figura 33).

Figura 32 - Fachada Rua 13 de maio.



Fonte: Construtora Urbana, 2018.

Figura 33 - Fachada Rua José do Patrocínio



Fonte: Construtora Urbana, 2018.

Nas fachadas das Ruas André Marques e Cel. Ernesto Beck, visualiza-se a edificação anexa, que abriga os sanitários. Este anexo foi acrescentado ao edifício principal após a reforma ocorrida em 1997 (BELTRAMI, 2001) (Figura 34).

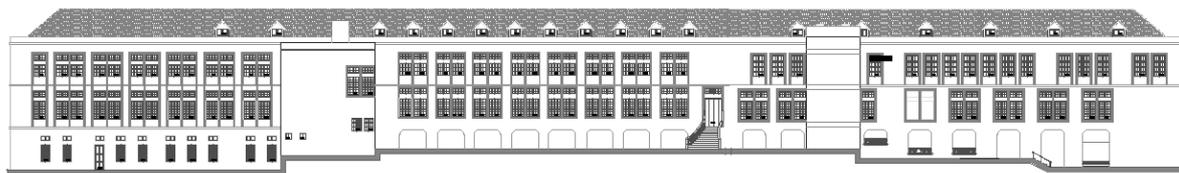
A fachada interna da edificação pode ser visualizada pelo pátio da instituição. Nota-se a presença de mansardas na cobertura e, nesta face, as janelas não possuem ornamentos superiores. (Figura 35)

Figura 34 - Fachadas das Ruas André Marques e Cel. Ernesto Beck, respectivamente.



Fonte: Construtora Urbana, 2018.

Figura 35 - Fachada interna

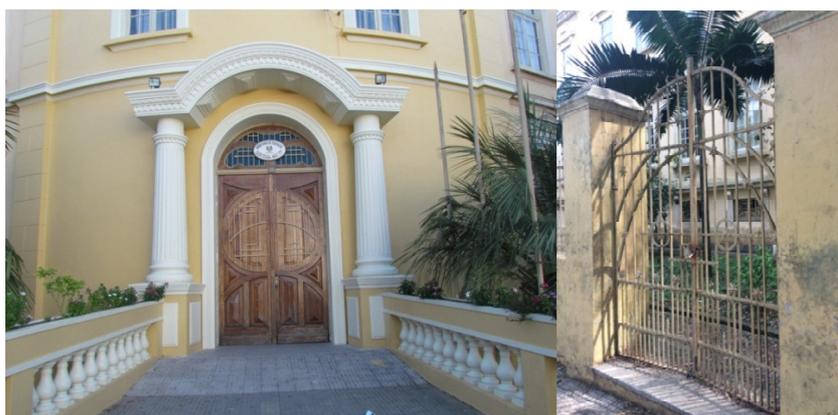


Fonte: Construtora Urbana, 2018.

A rampa que se visualiza junto à porta principal foi uma modificação significativa na fachada da edificação, da data de sua construção, até meados de 1997, quando ocorreu a última intervenção na edificação (BELTRAMI,2001). Anteriormente, o acesso também acontecia pelos portões laterais que adentravam ao jardim e após, a porta principal. Atualmente o acesso ocorre somente por esta rampa (Figura 36)

O uso institucional da edificação garantiu a conservação de suas características espaciais. Mesmo com algumas alterações sofridas para adaptação do espaço interno as necessidades de ensino, sua essência não sofreu alterações significativas, mas o prédio apresentava problemas de manutenção e outros de origem inerente ao uso.

Figura 36 - Rampa de acesso à edificação e portões em ferro com detalhes florais



Fonte: Arquivo pessoal, 2017.

No ano de 1995, a comunidade, professores e alunos do Colégio começam a se mobilizar para sua preservação. O governo do estado designa o IPHAE/RS (Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico do RS) e a Secretaria de Estado da Cultura

do RS para a elaboração de um projeto de Restauro, elencando suas patologias e desenvolvendo, assim, um diagnóstico. As obras de restauro iniciaram-se em 1997 e no ano seguinte o prédio foi devolvido aos santa-marienses (BELTRAMI, 2001) (Figura 37)

Figura 37 - Vista geral da fachada do Colégio Manoel Ribas



Fonte: < <http://manoelribassm.blogspot.com.br/p/divulgacao.html> > Acesso em: 01 out 2017.

O projeto concentrou-se na solução das patologias elencadas e na reorganização e adequação dos espaços internos, mantendo as características formais da edificação. O prédio principal recebeu uma edificação anexa, onde foram localizados os novos sanitários que atendessem a todos os pavimentos, com subdivisão para professores e alunos, pois para este último, o número de sanitários era restrito (BELTRAMI, 2001) (Figura 38). Também recebeu um elevador permitindo acessibilidade a todos os pavimentos.

Observa-se que nesta intervenção a fachada principal da edificação, cobertura e esquadrias foram preservadas, recebendo somente as intervenções necessárias, sem perder sua identidade.

Figura 38 - Edificação anexa onde foram posicionados os sanitários.



Fonte: Arquivo pessoal, 2017.

As esquadrias foram restauradas e mantiveram as características da época de sua construção, como as portas internas da edificação, onde se percebem desenhos talhados na madeira alusivos as formas femininas (ROMERO, 2017) (Figura 39)

Figura 39 - Porta interna com detalhe alusivo a figura feminina.



Fonte: Arquivo pessoal, 2017.

Uma das principais intervenções realizadas com o projeto de restauro foi a utilização do espaço do sótão, que anteriormente era usado como depósito de materiais e sucata. Teve como objetivo ocupar um espaço de alto valor físico, tanto quanto estético (ROMERO, 2017). Atualmente abriga a Biblioteca e o Memorial do Colégio Manoel Ribas (Figura 40).

Figura 40 - Memorial do Colégio Manoel Ribas, localizado no sótão da edificação.



Fonte: < http://www.santamaria.rs.gov.br/cultura_esporte/450-memorial-do-colegio-manoel-ribas >
Acesso em: 15 nov 2017.

Assim observa-se a importância histórica e a importância da eficiência energética para manutenção desta edificação para as futuras gerações.

4.2.3 Dados de consumo de energia elétrica - Colégio Manoel Ribas

Os dados apresentados foram coletados junto à fatura de energia elétrica, fornecida pela concessionária da região. O período de análise compreende os meses de agosto de 2016 a julho de 2017, totalizando doze meses. A Tabela 2 mostra o consumo e o valor mensal da fatura.

Os dados de consumo apresentam-se superior em meses como janeiro, junho, setembro, outubro, novembro e dezembro. Nos meses de fevereiro, março, abril, maio, julho e agosto, o consumo manteve-se entre 6.068 kWh e 8.364 kWh. O mês de fevereiro é o que apresenta menor consumo anual, provavelmente devido ao fato de as férias escolares acontecerem nesse período do ano.

Tabela 2- Dados de consumo de energia elétrica e custo mensal - Colégio Manoel Ribas

Data Fatura	Consumo (kWh)	Valor Total Fatura (R\$)
julho/2017	8.134	5.004,02
junho/2017	9.473	5.997,08
maio/2017	8.323	6.335,10
abril/2017	8.364	6.228,28
março/2017	6.068	5.783,53
fevereiro/2017	7.093	6.021,86
janeiro/2017	12.833	7.933,18
dezembro/2016	10.332	7.200,60
novembro/2016	9.717	6.844,08
outubro/2016	10.127	7.162,01
setembro/2016	10.537	6.684,54
agosto/2016	7.749	6.458,97
Total anual	108.750	77.653,43
Média mensal	9.062,50	

Fonte: Autora, com base nos dados cedidos pela RGE Sul.

Considerando que a eficiência energética deve proporcionar conforto com o menor uso de energia, as edificações históricas podem se adaptar valendo-se de recursos sustentáveis. A geração de energia solar fotovoltaica é uma alternativa viável de geração de energia, provinda de recursos energéticos naturais, o que a torna uma das alternativas promissoras para utilização em edificações históricas, por contribuir com a sustentabilidade e ser de possível integração.

4.2.4 Levantamentos de dados históricos – Palacete Dr. Astrogildo de Azevedo

Projetado originalmente para servir de residência a família e consultório médico do Dr. Astrogildo Cesar de Azevedo. Sua construção data de 1913, e a autoria do projeto é do arquiteto alemão, estabelecido em Santa Maria, Theodor Wiederspahn. A obra foi executada pelo escritório de Rodolfo Ahrons, sediado em Porto Alegre, com filial em Santa Maria (FOLETTTO et al, 2008).

A denominação de palacete era dada, no século XIX, as edificações assobradadas construídas com algum requinte, não somente residências, mas também clubes e agências bancárias. Na cidade, nenhuma outra edificação mereceu esta denominação quanto o sobrado que o Dr. Astrogildo de Azevedo mandou construir para sua residência e consultório médico (BRENNER, 2013).

Astrogildo Cezar de Azevedo nasceu em Porto Alegre em 1867. Formou-se em medicina no Rio de Janeiro, em 1889 e, no ano seguinte, estabeleceu-se em Santa Maria. Conforme Foletto et al (2008), foi fundador do primeiro Hospital de Santa Maria, inaugurado em 1903, onde permaneceu em sua direção por 43 anos, até sua morte em 1946. Intendente municipal de Santa Maria entre 1916 e 1918, em sua gestão tomou medidas para implementar o saneamento básico na cidade, promoveu abertura de rua e melhoria em infraestrutura urbana (água, iluminação e limpeza) (GAKLIK, 2012).

No final do século XIX, a área urbana de Santa Maria expandia-se, principalmente devido às atividades desenvolvidas na cidade. Conforme Foletto et al (2008), em 1900, a população de aproximadamente 14.000 habitantes incluía muitos estrangeiros (alemães, belgas, espanhóis, etc). Destacam-se nessa época, a construção da Companhia Ferroviária, casas comerciais e Colégios, para atender os anseios da população. Como descrito pela autora, a Rua do Acampamento já era uma via importante e urbanizada da cidade, estava dominada por casarões de estilo colonial, a maioria de um pavimento. Ao lado destas construções destacam-se alguns sobrados imponentes, como o Palacete do Dr. Astrogildo de Azevedo, Banco do Comércio (atual Caixa Federal) e o Banco da Província do Rio Grande do Sul (demolido para dar lugar ao edifício que abriga atualmente as instalações do Barrisul) (FOLETTTO et al, 2008). (Figura 41)

De 1964 a 1984, a edificação sediou a Prefeitura Municipal de Santa Maria. A partir de 1985, foi adquirido pela Universidade Federal de Santa Maria passando a ser a sede do Museu Educativo Gama d'Eça. Antes da inauguração do Museu, o edifício passou por reformas que preservaram o aspecto original da construção (FOLETTTO, 2008).

Figura 41 - Rua do Acampamento, 1920. Verifica-se a imponência dos sobrados sob as demais residências.



Fonte: Gaklik, 2012.

O Museu Educativo Gama d'Eça foi criado em 23 de julho de 1968, pelo então reitor da Universidade, José Mariano da Rocha Filho. Ele tinha como sede provisória uma sala no térreo do prédio do Centro de Ciências Pedagógicas (atual Centro de Educação), no campus (UFSM, 2018).

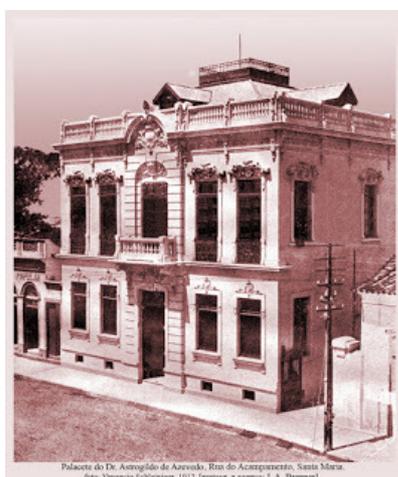
Em 1981, o Museu Victor Bersani, da SUCV (Sociedade União dos Caixeiros Viajantes), foi anexado ao Gama d'Eça, passando a ser denominado de Museu Gama d'Eça e Victor Bersani. Foram aproximadamente 3.500 peças doadas. Atualmente os dois museus ocupam as mesmas instalações (UFSM, 2018).

O Museu educativo Gama d'Eça e Victor Bersani possui um acervo de 12.000 peças divididas em três grandes áreas: História, Ciências e Artes. Atualmente mantém suas atividades no palacete, e é o único museu existente no perímetro urbano (GAKLIK, 2012). Dentre suas atividades, podem-se destacar as visitas guiadas, os cursos e palestras ministrados, o atendimento especial aos grupos escolares que, diariamente, visitam o Museu e as exposições itinerantes, as quais revelam a preocupação do Museu em educar (UFSM, 2018). Esta edificação é pública federal, que deve ser preservada e servir também como instrumento de ensino de eficiência energética e geração solar fotovoltaica. Justifica-se com isto, sua fundamental importância para a população e história da cidade.

4.2.5 Características construtivas - Palacete Dr. Astrogildo de Azevedo

O palacete foi construído em dois pavimentos e segundo Foletto et al (2008), duas salas no térreo serviam ao consultório e uma sala para visitas. Nesse mesmo pavimento, encontravam-se a sala de jantar, a biblioteca, a cozinha, a despensa e o quarto de passar roupa (FOLETTTO et al, 2008, p.93). No pavimento superior, encontravam-se os dormitórios da residência e o quarto de vestir do casal (Figura 42).

Figura 42 - Palacete Dr. Astrogildo de Azevedo, na época de sua construção, 1913.



Fonte: BRENNER, 2013.

Uma reforma empreendida, nos anos noventa, recuperou o sótão que o edifício possuía desde sua construção, mas que fora retirado em uma reforma no ano de 1964. (FOLETTTO e al, 2008). O sobrado possuía 537 metros quadrados, dividido em 20 cômodos.

O estilo insere-se no Eclétismo, movimento predominante na arquitetura, desde meados do século XIX até as primeiras décadas do século XX, que se constituía na composição com elementos de estilos arquitetônicos do passado para a criação de uma nova linguagem (BRENNER, 2013).

As paredes internas possuíam pintura ornamentais. As aberturas, uma escada interna, e o forro foram executados em madeira e não sofreram alterações com o decorrer do tempo, permanecendo os mesmos da época da construção. Poucos elementos da fachada original foram modificados, somente alguns ornamentos florais

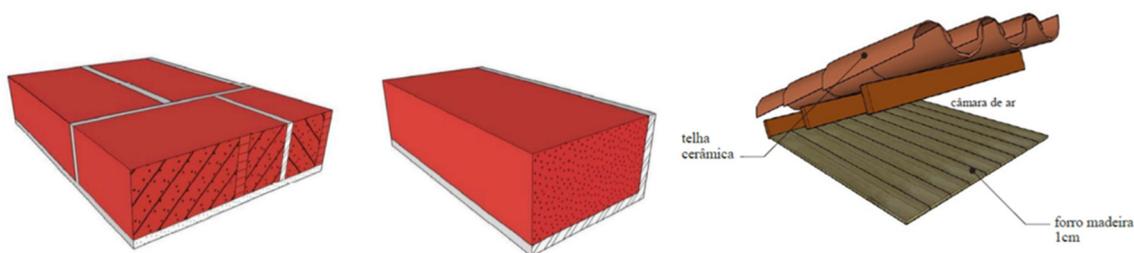
que emolduravam as janelas, mas que ainda podem ser visualizados em alguns ambientes internos (FOLETTTO et al, 2008).

Com o falecimento do DR. Astrogildo de Azevedo, a residência passou, por herança a sua filha e genro, que realizaram algumas reformas, como acréscimo de banheiros, lareira, a cobertura do terraço e ajardinamento do quintal, além de modificações no sistema elétrico e hidráulico. A grande modificação, nesse período, deu-se no pátio, onde houve a inclusão de duas piscinas, uma para crianças e outra para adultos, e a construção de uma miniatura de castelo, que não existe mais, e elementos de diversas tipologias, como balaústres, fontes e espaços de lazer (FOLETTTO et al, 2008).

As paredes externas da edificação são em tijolos maciços com espessura de 43 cm e as paredes internas com espessura de 32 cm. Ambas possuem reboco com revestimento em pintura PVA, conforme observações feitas nas visitas in loco (Figura 43).

As esquadrias são compostas na sua maioria por janelas de duas folhas, em madeira com vidros de 3 mm. A cobertura apresenta telhas cerâmica do tipo capa e canal e forro em madeira, conforme Figura 43.

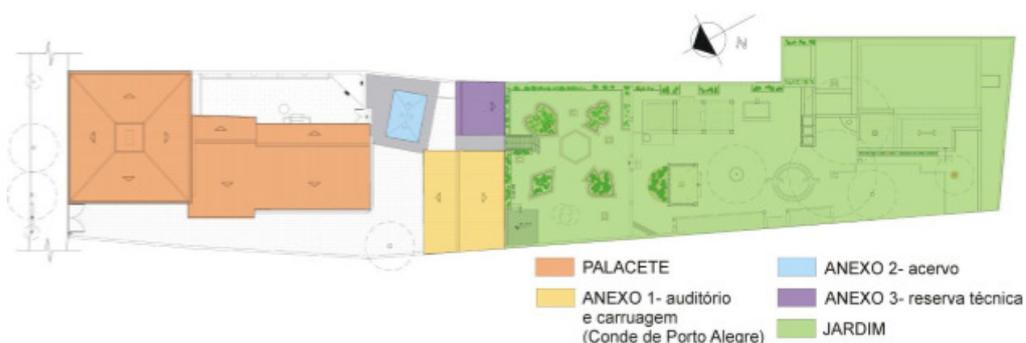
Figura 43 - Configuração das paredes externas e internas da edificação e configuração da cobertura do Colégio Manoel Ribas, respectivamente.



Fonte: Treichel, 2018 e INMETRO, 2013.

O terreno onde está inserido o edifício pertence a Universidade Federal de Santa Maria, e possui 1657,21 m². Atualmente o edifício possui 631, 52 m², distribuídos da seguinte maneira: 311,95 m² no pavimento térreo; 230,22 m² no segundo pavimento; 27,50m² no Anexo 1 e 61,87 m² no Anexo 2 (GAKLIK, 2012) (Figura 44)

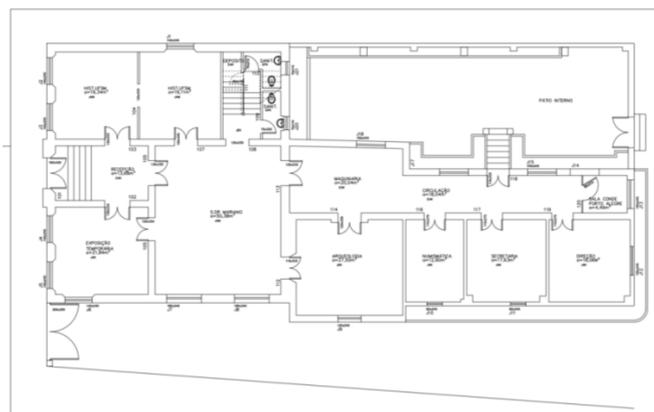
Figura 44 - Implantação do Museu Gama d'Eça e Victor Bersani.



Fonte: Gaklik, 2012.

Na atualidade, o Museu está assim distribuído: térreo, hall de entrada e portaria, Sala de exposições temporárias, Sala Memória/UFSM, Sala "A trajetória de vida de José Mariano da Rocha Filho", Sala de Arqueologia e Etnologia, Sala de Numismática, coleção Victor Bersani, gabinete da Direção, secretaria, cozinha e dois banheiros (Figura 45)

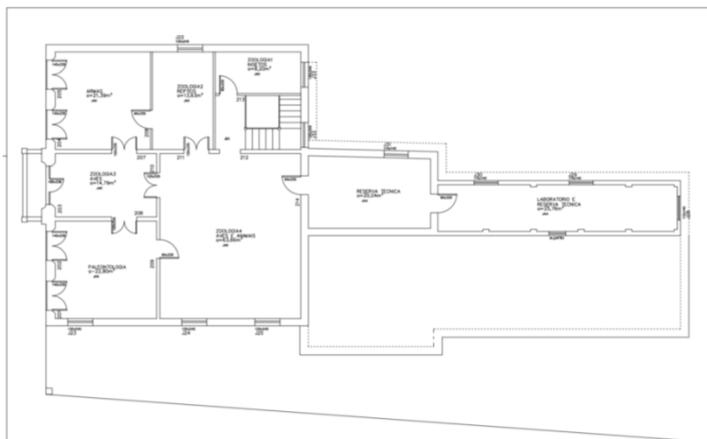
Figura 45- Planta Baixa do térreo



Fonte: UFSM, 2018.

No segundo pavimento, encontram-se: reserva técnica, duas salas de paleontologia, Sala de Armarias e três Salas de Zoologia (GAKLIK, 2012) (Figura 46)

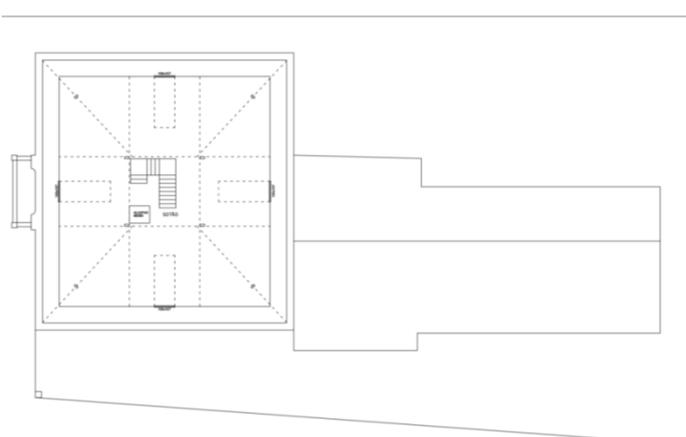
Figura 46 - Planta Baixa Superior



Fonte: UFSM, 2018.

No sótão, acontece o acesso ao terraço existente na edificação, o qual se dá por uma escada em madeira, original da época de construção da edificação (Figura 47).

Figura 47 - Planta Baixa do sótão

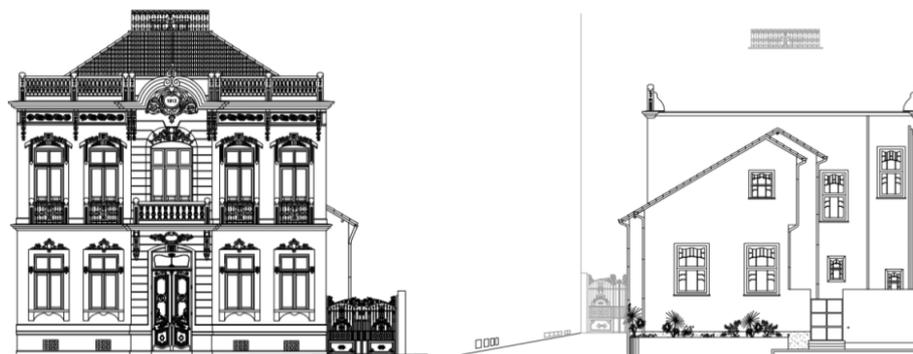


Fonte: UFSM, 2018.

Conforme Foletto et al (2008), a fachada principal expressa características do ecletismo pelo decorativismo e pela estrutura arquitetônica. As janelas frontais são ornadas com elementos florais, que também aparecem nas fachadas laterais, mas menos intensas. Existem medalhões em relevo contornando as portas, em ambos os

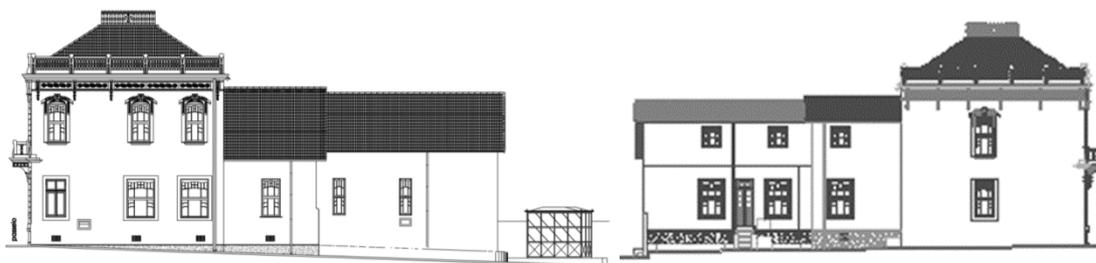
andares da fachada frontal e a abertura central é encimada por arco pleno em alto relevo. Sua platibanda é formada por balaústres em cimento e contorna todo o edifício (FOLETTTO et al, 2008). (Figura 48 e Figura 49).

Figura 48 - Fachada Frontal e Fachada Fundos



Fonte: UFSM, 2018.

Figura 49 - Fachadas Laterais do Palacete Dr. Astrogildo de Azevedo



Fonte: UFSM, 2018.

Dando ênfase ao aspecto nobre da edificação, observa-se a porta principal em madeira esculpida, na qual predominam linhas curvas e figuras em relevo (FOLETTTO et al, 2008) (Figura 50).

Figura 50 - Porta principal da edificação



Fonte: BRENNER, 2013.

Segundo Foletto (2008), o edifício faz parte de um conjunto arquitetônico que, no seu todo, representa a expressão e o requinte de seus primeiros moradores.

Para garantir e preservar a existência de edifícios históricos no meio urbano, a integração de um sistema fotovoltaico, se realizada para potencializar o desempenho energético destas edificações, pode ser uma opção para justificar esta preservação (VINAGRE et al, 2016).

4.2.6 Dados de consumo de energia elétrica – Palacete Dr. Astrogildo de Azevedo

Os dados apresentados foram coletados junto à fatura de energia elétrica, fornecida pela concessionária da região. O período de análise compreende os meses de março de 2017 a fevereiro de 2018, totalizando doze meses. A Tabela 3 mostra o consumo e o valor mensal da fatura.

Tabela 3 - Dados de consumo de energia elétrica e custo mensal Palacete Dr. Astrogildo de Azevedo

Data Fatura	Consumo (kWh)	Valor Total Fatura (R\$)
fevereiro/18	1.656	1.299,41
janeiro/18	2.040	1.592,41
dezembro/17	1.330	1.078,20
novembro/17	1.017	878,20
outubro/17	1.314	1.027,90
setembro/17	2.200	1.661,96
agosto/17	2.404	1.783,80
julho/17	2.792	1.900,77
junho/17	2.050	1.521,75
maio/17	1.366	1.032,78
abril/17	1.626	1.295,42
março/17	2.309	1.886,52
Total anual	22.109	16.958,82
Média mensal	1.842	

Fonte: Autora, com base nos dados cedidos pela RGE Sul, 2018.

Os dados de consumo apresentam-se superior em meses como março, julho, agosto e setembro. Nos demais períodos, o consumo manteve-se entre 2.050 kWh e 1.017 kWh. O mês de novembro é o que apresenta menor consumo anual no ano analisado.

4.3 ANÁLISE QUANTO AO RTQ-C (REGULAMENTO TÉCNICO DA QUALIDADE PARA O NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS COMERCIAIS, DE SERVIÇOS E PÚBLICOS) - MÉTODO PRESCRITIVO

Nesta etapa, as edificações foram analisadas segundo o RTQ-C, levando em consideração três sistemas: envoltória da edificação, sistema de iluminação e sistema de condicionamento do ar. Optou-se pelo método Prescritivo, pois as análises são feitas em etapas e podem-se observar os elementos que melhor contribuem para a eficiência energética das edificações selecionadas. Abaixo, foram descritos

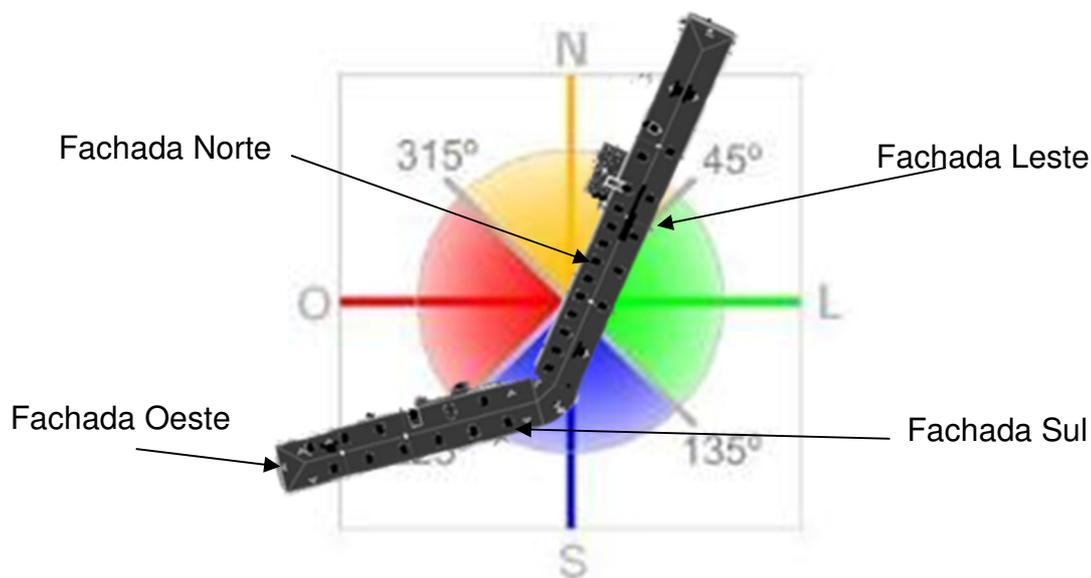
inicialmente, os itens analisados do Colégio Manoel Ribas e posteriormente do Palacete dr. Astrogildo de Azevedo.

4.3.1 Determinação do nível de eficiência da envoltória - Colégio Manoel Ribas

Para definição da orientação solar das fachadas, observou-se a recomendação do regulamento e fez-se a sobreposição da planta baixa do Colégio Manoel Ribas a rosa dos ventos, conforme os quadrantes estabelecidos.

A orientação solar das fachadas ficou definida conforme demonstra a Figura 51. Observa-se que a fachada frontal está orientada a Leste e Sul, a fachada lateral direita e a fachada interna a Norte. As fachadas lateral esquerda e parte da fachada interna estão orientadas a Oeste e, por fim, a fachada lateral direita está orientada a Norte.

Figura 51 - Determinação da orientação das fachadas do Colégio Manoel Ribas



Fonte: Autora, com base no RTQ-C.

Para definição do nível de eficiência da envoltória, iniciou-se pelas informações dos dados relativos aos pré-requisitos, descritos a seguir.

Transmitância da cobertura (U_{cob}): a cobertura da edificação é constituída de telha cerâmica com forro em madeira de 1 cm de espessura. Utilizou-se, como base

para obtenção dos dados, a Portaria Nº 50 do INMETRO de 2013, que determina a transmitância térmica (U) destes materiais em $2,02 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, conforme mostrado anteriormente na Figura 26.

Transmitância das paredes (U_{par}): as vedações da envoltória do Colégio Manoel Ribas são compostas de tijolos maciços com revestimento de argamassa e acabamento em pintura acrílica. Suas espessuras são 45 cm e 35 cm. Como referência para obtenção dos dados de transmitância térmica nestas espessuras, utilizou-se o trabalho desenvolvido por Treichel (2018), que calculou os valores para as vedações de casas pomeranas em São Lourenço do Sul, RS. Os valores estabelecidos estão expressos na Tabela 4 e Tabela 5.

Tabela 4 - Valores de transmitância para paredes de 45 cm de espessura.

Paredes 45 cm			
	Área (m ²)	Total U (W/m ² k)	U ponderado (W/m ² k)
P1 (Fachada Sul)	1942,92	3536,114	1,626727146
P2(Fachada Leste)	230,84	420,1288	0,193272854
Total	2173,76		1,82

Fonte: Autora, 2018.

Tabela 5 - Valores de transmitância para paredes de 35 cm de espessura.

Paredes 35 cm			
	Área (m ²)	Total U (W/m ² k)	U ponderado (W/m ² k)
P3(Fachada Oeste)	264,59	566,2226	0,27259985
P4(Fachada Norte)	1812,53	3878,8142	1,86740015
Total	2077,12		2,14

Fonte: Autora, 2018.

Como resultado final da ponderação entre os valores de transmitância térmica das paredes do Colégio Manoel Ribas, obteve-se o valor de $U = 1,97 \text{ W}/\text{m}^2\text{k}$. Os cálculos para definição desse valor estão descritos no Apêndice A.

Percentual de abertura zenital (PAZ): não foi considerado, pois a edificação não possui aberturas zenitais. Nesse caso, informa-se 0 (zero).

Absortância da cobertura (α_{cob}): esse valor foi definido com base na NBR 15220-2, que especifica a absorvância do material que compõe a cobertura da edificação. A cobertura do Colégio Manoel Ribas é constituída de telhas cerâmicas, em sua cor natural. O valor for definido em $0,80 \text{ W/m}^2\text{k}$, conforme a NBR 15220-2/2005.

Capacidade térmica das paredes (CT_{par}): para a Zona Bioclimática² 2, a qual a cidade de Santa Maria está inserida; esse item não é considerado para o cálculo da eficiência da envoltória (ABNT, 2005).

Absortância das paredes (α_{par}): para definição do valor de absortância das paredes externas da edificação, tomou-se por base o trabalho desenvolvido por Dorneles (2008), que determinou a absortância solar de tintas látex e PVA. As paredes externas do Colégio Manoel Ribas recebem acabamento em tinta PVA fosca, na cor palha. Todas as fachadas recebem a mesma cor, o que não necessita de um ponderamento para obtenção do valor desse item. O valor foi definido conforme Tabela 6.

Tabela 6 - Absortância de tintas PVA.

62		Amarelo Canário	25,2
63		Areia	35,7
64		Azul Profundo	76,0
65		Branco Neve	16,2
66		Branco Gelo	28,1
67		Camurça	53,2
68		Cerâmica	65,3
69		Concreto	71,6
70		Flamingo	44,4
71		Marfim	24,5
72		Palha	26,4
73		Pérola	22,9
74		Pêssego	29,8
75		Preto	97,4
76		Vanila	27,7
77		Verde Musgo	79,8
78		Vermelho Cardinal	63,3

Fonte: Dorneles, 2008.

² Zona Bioclimática: divisão do território brasileiro, conforme as características climáticas das diversas áreas. Não obedece ao mapeamento político ou divisão em estados. O Brasil está dividido em 8 zonas bioclimáticas. Fonte: LabEEE, 2019.

Após definição dos pré-requisitos da envoltória, analisaram-se os dados dimensionais da edificação que são: Atot (Área Total Construída), Apcob (Área de Projeção da Cobertura), Ape (Área de Projeção do Edifício), Vtot (Volume Total) e Aenv (Área da Envoltória).

Quanto as características das aberturas são foram consideradas os itens elencados abaixo:

Fator solar (FS): considera-se a espessura do vidro para definição do fator solar das aberturas. O vidro utilizado nas aberturas externas do Colégio Manoel Ribas possui espessura de 3 mm, é considerado como vidro comum. O FS para o vidro de 3 mm é 0,87, conforme o INMETRO.

Percentual de abertura de fachada Total (PAFt): este valor é determinado pela razão entre a soma de todas as aberturas envidraçadas de cada fachada e a área total de fachada. Como valor do percentual, obtiveram-se 16%. Definiu-se, também o valor do Percentual de Abertura da Fachada Oeste, como 11%. Os valores relativos a esses itens estão expressos no Apêndice B.

Ângulo Vertical de Sombreamento (AVS): ângulo formado por anteparos posicionados na posição horizontal na fachada que possam produzir sombreamento na edificação. O Colégio Manoel Ribas não possui anteparos na posição horizontal em suas fachadas, por este motivo considera-se 0 (zero).

Ângulo Horizontal de sombreamento (AHS): são ângulos obtidos medidos em planta baixa, entre a abertura e o anteparo mais próximo. As fachadas Leste, e Sul do Colégio Manoel Ribas não apresentam AHS, pois não possuem anteparos que produzam sombreamento nas aberturas. O valor encontrado para o AHS da edificação é de $31,3^\circ$ e seus cálculos estão expressos nos Apêndice C.

Consequente a definição dos dados, utilizou-se o WebPrescritivo para determinação da classificação da envoltória do Colégio Manoel Ribas. A Figura 52 mostra a tela do WebPrescritivo com os dados.

Figura 52 - WebPrescritivo com os dados relativos a envoltória do Colégio Manoel Ribas.

Fonte: LabEEE, 2018.

Como resultado da análise da envoltória da edificação obteve-se classificação E, em razão da alta transmitância térmica da cobertura da edificação. A transmitância térmica específica a facilidade que o calor passa através do material. Esse índice obtido como resultado, reflete a alta transmissibilidade de calor dos materiais que compõem a cobertura da edificação (telhas cerâmica e forro de madeira).

4.3.2 Análise do sistema de iluminação – Colégio Manoel Ribas

Para análise do sistema de iluminação do Colégio Manoel Ribas, fez-se necessário um levantamento quantitativo das luminárias e lâmpadas, bem como do tipo e potência de cada uma delas. Esse levantamento foi realizado através de visitas *in loco*.

O sistema de iluminação do Colégio Manoel Ribas é caracterizado pela utilização predominante de lâmpadas fluorescentes, representando um valor de 45.550 W de carga de iluminação instalados (Figura 53). O levantamento realizado da quantidade e disposição das lâmpadas e luminárias do edifício, bem como das potências individuais e totais estão apresentados no Apêndice D deste trabalho.

Figura 53 – Algumas luminárias e lâmpadas do Colégio Manoel Ribas.



Fonte: Arquivo pessoal, 2018.

O método utilizado para análise do sistema de iluminação foi o de áreas do edifício, em virtude da edificação possuir um único uso, o de estabelecimento escolar/universidade, conforme o RTQ-C.

Quanto aos pré-requisitos do sistema de iluminação, a divisão de circuitos é atendida, pois verificou-se que todos os ambientes possuem comandos de acionamento individual da iluminação e estão posicionados de forma visível, conforme é especificado no regulamento. O pré-requisito de contribuição da luz natural não é atendido, pois fileiras de luminárias mais próximas das janelas não possuem o acionamento independente, não contemplando assim este item. Quanto ao desligamento automático, esse critério se aplica aos ambientes com área superior a 250 m², pois a edificação não possui nenhum ambiente interno com essa configuração, portanto, este pré-requisito não se aplica.

A Figura 54 apresenta a ferramenta WebPrescritivo com os dados de análise do sistema de iluminação do Colégio Manoel Ribas.

Figura 54 - Dados de análise do sistema de iluminação no WebPrescritivo.

Iluminação

Por áreas do edifício Por atividades do edifício

Pré-Requisitos de todos os ambientes

Divisão de circuitos Atende Não atende

Contribuição da luz natural Atende Não atende Não se aplica

Desligamento automático Atende Não atende Não se aplica

Atividade	Nº. de Unidades	Pré-Requisitos por ambientes			Potência [W]	Área [m ²]
		Divisão de circuitos	Contribuição da luz natural	Desligamento automático		
1 Escola/Universidade	- 1 +	Atende	Não atende	Não se aplica	45.550	5032.21

Calcular Eficiência Limpar

 C

* Desde que observados os pré-requisitos de divisão dos circuitos

Fonte: LabEEE, 2019.

Após preenchimento de todos os dados exigidos, o nível de eficiência do sistema de iluminação do Colégio Manoel Ribas foi classificado com nível C. Algumas melhorias podem ser efetivadas para modificação desse índice como, por exemplo, a substituição de lâmpadas fluorescente tubulares, por lâmpadas LED. Outra contribuição que pode acarretar a melhoria na classificação do índice do sistema de iluminação é a adaptação dos circuitos para contemplar a bonificação de contribuição da luz natural, deixando as luminárias próximas às janelas com acionamento independente das demais.

4.3.3 Análise do sistema de condicionamento do ar – Colégio Manoel Ribas

A análise do sistema de condicionamento de ar do Colégio Manoel Ribas baseou-se em levantamento realizado in loco, para quantificar e verificar a potência de cada aparelho de ar condicionado, instalado nos ambientes do Colégio. Observou-se que todos os aparelhos condicionadores de ar instalados na edificação são do tipo Split, em um total de e 41 (quarenta e um) aparelhos. Desses, somente uma unidade não apresenta etiqueta do INMETRO, indicando sua classificação energética, os demais são etiquetados.

A Figura 55 mostra alguns dos aparelhos de ar condicionado instalados na edificação.

Figura 55 - Aparelhos condicionadores de ar do tipo Split, instalados no Colégio Manoel Ribas.



Fonte: Arquivo pessoal, 2018.

Dados relativos à eficiência energética dos aparelhos de ar condicionado foram retirados da Tabela de Consumo/Eficiência Energética de Ar Condicionados do INMETRO. A Tabela 7 apresenta os dados de quantificação e eficiência dos aparelhos instalados no Colégio.

Tabela 7 - Quantidades e características dos aparelhos condicionadores de ar do Colégio Manoel Ribas.

Condicionador de ar	Condicionamento do Ar				
	Quantidade	Eficiência (W/W)	Pot. Total (W)	Nível de eficiência.	Equiv. Numérico
Comfee MSM-12 CR 12000 btus	15	2,89	1210	C	3
Consul CBX22A 22000 btus	4	3,24	1989	A	1
Electrolux PI24R 24 000 btus	20	2,81	2504	D	4
Midea 42 MLQC30 M5 30 000 btus	1	2,82	3118	C	3
Comforterm AS-22HR2 FFV 22 000 btus	1		3212		

Fonte: Autora, 2018.

A relação de aparelho por ambiente, suas quantidades e modelos estão demonstradas no Apêndice E desta dissertação.

A Figura 56 apresenta a ferramenta WebPrescritivo com os dados de análise do sistema de condicionamento do ar do Colégio Manoel Ribas.

Como uma unidade de aparelho condicionador de ar não é etiquetado pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem, os dados precisaram ser informados em separado. Foram informadas também a área útil da edificação e a área condicionada. Assim sendo, a classificação do sistema de condicionamento de ar no Colégio Manoel Ribas atingiu nível C de eficiência energética (Figura 57).

Figura 56 - Dados de análise do sistema de condicionamento do ar, WebPrescritivo.

Condicionamento do Ar						
Pré-Requisitos Gerais						
<input checked="" type="radio"/> Possui isolamento de tubulações <input type="radio"/> Não possui isolamento de tubulações						
Condicionadores de ar etiquetados						
	- Ambiente +	Nº. de Unidades	Tipo	Capacidade [BTU/h]	Eficiência [W/W]	Etiqueta
1	sala de aula	- 14 +	split ▼	12000	2.89	C
			split ▼	12000	2.89	C
			split ▼	12000	2.89	C
			split ▼	12000	2.89	C
			split ▼	12000	2.89	C
			split ▼	12000	2.89	C
			split ▼	12000	2.89	C
			split ▼	12000	2.89	C
			split ▼	12000	2.89	C
			split ▼	12000	2.89	C
			split ▼	12000	2.89	C
			split ▼	12000	2.89	C
			split ▼	12000	2.89	C
			2	laboratório e sala de aula	- 4 +	split ▼
split ▼	22000	3.24				A
split ▼	22000	3.24				A
split ▼	22000	3.24				A
3	laboratórios	- 20 +	split ▼	24000	2.81	D
			split ▼	24000	2.81	D
			split ▼	24000	2.81	D
			split ▼	24000	2.81	D
			split ▼	24000	2.81	D
			split ▼	24000	2.81	D
			split ▼	24000	2.81	D
			split ▼	24000	2.81	D
			split ▼	24000	2.81	D
			split ▼	24000	2.81	D
			split ▼	24000	2.81	D
			split ▼	24000	2.81	D
			split ▼	24000	2.81	D
			split ▼	24000	2.81	D
			split ▼	24000	2.81	D
			4	sala professores	- 1 +	split ▼

Fonte: Adaptado de WebPrescritivo, 2018.

Figura 57 - Dados do sistema de condicionamento do ar

Condicionadores de ar não etiquetados						
-	Condicionador de ar	+	Capacidade [BTU/h]	Nível de eficiência	Pré-requisitos	Classe de eficiência
					<input checked="" type="checkbox"/> Visualizar Cálculo de carga térmica Atende ▼ Controle de temperatura por zona Não Atende ▼ Faixa de temperatura de controle Atende ▼ Aquecimento suplementar Atende ▼ Aquecimento e resfriamento simultâneo Atende ▼ Sistema de desligamento automático Atende ▼ Isolamento de zonas Não Atende ▼ Controles e dimensionamento do sistema de ventilação Não Atende ▼ Controles de sistema de ventilação para áreas com altas taxas de ocupação Não Atende ▼ Controles e dimensionamento dos sistemas hidráulicos Atende ▼ Sistemas de vazão de líquido variável Atende ▼ Isolamento de bombas Atende ▼ Controles de reajuste da temperatura de água gelada e quente Atende ▼ Equipamento de rejeição de calor Atende ▼ Controle de velocidade do ventilador Atende ▼	B
1	Comforterm AS-22HR2 FFV 22 0		22000	B		

AU m²

AC m²

O Colégio Manoel Ribas conta com um elevador hidráulico, que está desativado por falta de manutenção preventiva. Mas o equipamento não pôde ser considerado como bonificação, por sua classificação não ser nível A, conforme a norma VDI 4707³, segundo especificado pelo RTQ-C.

Para obtenção da classificação geral da edificação foram informados, a área de passagem transitória, a área não condicionada e o equivalente numérico atingido após a análise dos demais itens da envoltória, do sistema de iluminação e do sistema de condicionamento do ar. Assim sendo, a classificação de etiqueta Geral da edificação, obteve nível C, com pontuação final de 2.54. A Figura 58 demonstra o WebPrescritivo com os dados relativos à Etiqueta Geral da edificação e pontuação final.

Figura 58 - Classificação da Etiqueta Geral do Colégio Manoel Ribas.

Etiqueta Geral

APT	1240.140	m ²	?
ANC	1794.76	m ²	?
EqNumV	1		?
b	0		?

Calcular Eficiência Limpar

Pontuação: 2.54

C

Fonte: LabEEE, 2018.

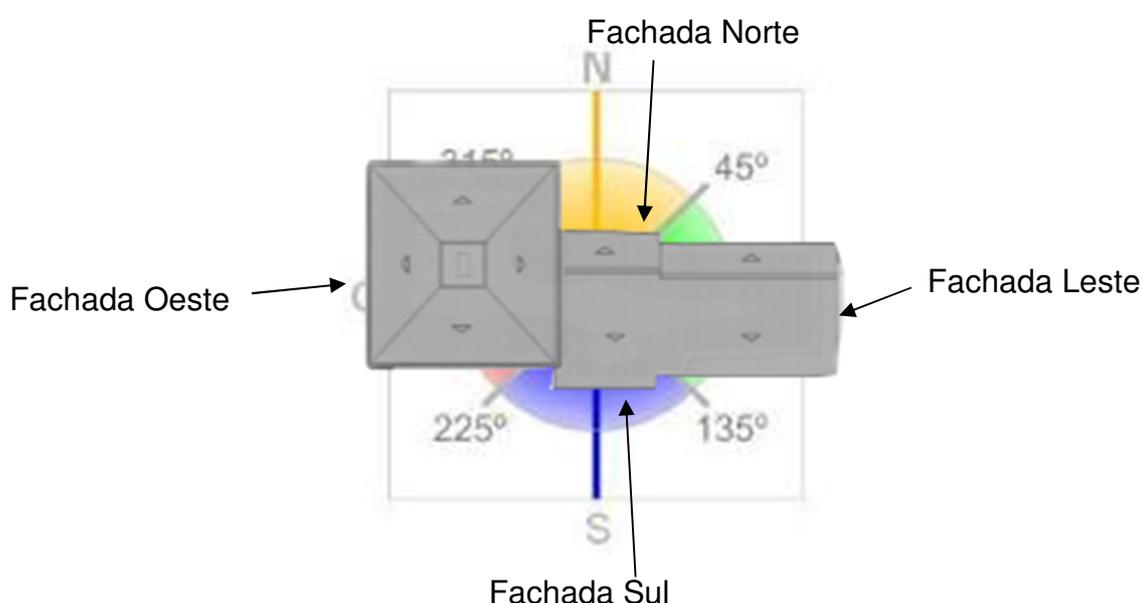
4.3.5 Análise do nível de eficiência da envoltória - Palacete Dr. Astrogildo de Azevedo

³ A norma VDI 4707 é uma norma específica para elevadores inspirada na classificação energética dos eletrodomésticos e desenvolvida por uma associação independente de engenheiros alemães. A norma define 7 classes de consumo que vão desde a A até à G em relação ao desempenho energético do elevador, sendo a A o sistema mais eficiente. Fonte: <https://www.orona-group.com/portugal/pt/secciones/somos-a-rona/ecoeficiencia/index.php>. Acesso em 10/01/2019.

Para definição da orientação solar das fachadas, observou-se a recomendação do regulamento e fez-se a sobreposição da planta baixa do Palacete Dr. Astrogildo de Azevedo à rosa dos ventos, conforme os quadrantes estabelecidos.

A orientação solar das fachadas ficou definida conforme demonstra a Figura 59. Observa-se que a fachada frontal está orientada a Oeste, a fachada lateral direita a Sul. A fachada lateral esquerda está orientada a Norte e por fim, a fachada a fachada dos fundos está orientada a Leste.

Figura 59 - Determinação da orientação das fachadas do Palacete Dr. Astrogildo de Azevedo.



Fonte: Autora, com base no RTQ-C.

Para definição do nível de eficiência da envoltória do Palacete Dr. Astrogildo de Azevedo, iniciou-se pelas informações dos dados relativos aos pré-requisitos, descritos a seguir.

Transmitância da cobertura (U_{cob}): a cobertura da edificação é constituída de telha cerâmica com forro em madeira de 1 cm de espessura. Utilizou-se como base para obtenção dos dados, a Portaria Nº 50 do INMETRO de 2013, que determina a transmitância térmica (U) destes materiais em $2,02 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Transmitância das paredes (U_{par}): as vedações da envoltória da Palacete dr. Astrogildo de Azevedo são compostas de tijolos maciços com revestimento de argamassa e acabamento em pintura acrílica, observados em visitas in loco. Suas espessuras são 44 cm e 32 cm. Como referência para obtenção dos dados de

transmitância térmica nessas espessuras, utilizou-se o trabalho desenvolvido por Treichel (2018), que calculou os valores para as vedações de casas pomeranas em São Lourenço do Sul, RS. Os valores estabelecidos estão expressos na Tabela 8 e Tabela 9.

Tabela 8 - Valores de transmitância para paredes de 44 cm de espessura.

Paredes de 44 cm			
	Área (m ²)	Total U	U ponderado
P1 (Fachada Sul)	140,8	256,256	0,479844206
P2 (Fachada Leste)	170,8	310,856	0,582083739
P3 (Fachada Norte)	140,8	256,256	0,479844206
P4 (Fachada Oeste)	81,64	148,5848	0,278227848
Total	534,04		1,82

Fonte: Autora, 2018.

Tabela 9 - Valores de transmitância para paredes de 32 cm de espessura.

Paredes de 32 cm			
	Área (m ²)	Total U	U ponderado
P1 (Fachada Sul)	155,03	331,7642	0,941896488
P2 (Fachada Oeste)	77,92	166,7488	0,473408852
P3 (Fachada Norte)	119,28	255,2592	0,72469466
Total	352,23		2,14

Fonte: Autora, 2018.

Como resultado final da ponderação entre os valores de transmitância térmica das paredes do Palacete Dr. Astrogildo de Azevedo, obteve-se o valor de $U = 1,97 \text{ W/m}^2\text{k}$. Os cálculos deste valor estão descritos no Apêndice A.

Percentual de abertura zenital (PAZ): não foi considerado, pois o Palacete não possui aberturas zenitais. Nesse caso, informa-se 0 (zero).

Absortância da cobertura (α_{cob}): este valor foi definido com base na NBR 15220-2, que especifica a absorvância do material que compõe a cobertura da edificação. A cobertura do Palacete Dr. Astrogildo de Azevedo é constituída de telhas

cerâmica, em sua cor natural. A Figura 60 mostra a cobertura da edificação. O valor de absorvância foi definido em $0,80 \text{ W/m}^2\text{k}$, conforme NBR 15220-2/2005. (ABNT, 2005)

Figura 60 - Cobertura do Palacete Dr. Astrogildo de Azevedo



Fonte: UFSM, 2008.

Capacidade térmica das paredes (CT_{par}): para a Zona Bioclimática 2, a qual a cidade de Santa Maria está inserida, não é considerado a capacidade térmica das paredes da edificação, para o cálculo da eficiência da envoltória, conforme a NBR 15220 (ABNT, 2005).

Absorvância das paredes (α_{par}): para definição do valor de absorvância das paredes externas da edificação, tomou-se por base o trabalho desenvolvido por Dorneles (2008), que determinou a absorvância solar de tintas látex e PVA. As paredes externas do Palacete Dr. Astrogildo de Azevedo recebem acabamento em tinta PVA fosca, em duas tonalidades, marfim e cerâmica. Houve uma ponderação entre as duas cores para obtenção do valor de absorvância das paredes da edificação. O valor obtido foi 1,23%. Os demonstrativos para atingir esse valor encontram-se no Apêndice F deste trabalho.

Após definição dos pré-requisitos da envoltória, analisam-se os dados dimensionais da edificação que são: A_{tot} (Área Total Construída), A_{pcob} (Área de Projeção da Cobertura), A_{pe} (Área de Projeção do Edifício), V_{tot} (Volume Total) e A_{env} (Área da Envoltória).

Quanto às características das aberturas são consideradas os itens elencados abaixo:

Fator solar (FS); considera-se a espessura do vidro para definição do fator solar das aberturas. O vidro utilizado nas aberturas externas do Palacete possui espessura de 3 mm, considerado comercialmente como vidro comum. O FS para o vidro de 3 mm é 0,87, conforme o INMETRO.

Percentual de abertura de fachada Total (PAFt): este valor é determinado pela razão entre a soma de todas as aberturas envidraçadas de cada fachada e a área total de fachada. Como valor do percentual, obtiveram-se 9,78%, e como Percentual de Abertura da Fachada Oeste, 7,5%. Os valores relativos a esses itens estão expressos no Apêndice G.

Ângulo Vertical de Sombreamento (AVS): ângulo formado por anteparos posicionados na posição horizontal na fachada que possam produzir sombreamento na edificação. O Palacete Dr. Astrogildo de Azevedo não possui anteparos na posição horizontal em suas fachadas, por esse motivo considera-se 0 (zero).

Ângulo Horizontal de sombreamento (AHS): são ângulos obtidos medidos em planta baixa, entre a abertura e o anteparo mais próximo. No Palacete, a Fachada Leste não apresenta AHS, pois não possui anteparos que produzam sombreamento nas aberturas. O valor encontrado para o AHS da edificação é de $19,7^\circ$ e seus cálculos estão expressos nos Apêndice H.

Consequente à definição dos dados, utilizou-se o WebPrescritivo para determinação da classificação da envoltória do Colégio Manoel Ribas. A Figura 61 mostra a tela do WebPrescritivo com os dados da edificação.

Como resultado da análise da envoltória do Palacete, obteve-se classificação E, em razão da alta transmitância térmica da cobertura da edificação, pois devido a sua composição (telha cerâmica e forro de madeira) a transmissão de calor é elevada.

Figura 61 - WebPrescritivo com os dados relativos a envoltória do Palacete Dr. Astrogildo de Azevedo.

Envoltória		Dados Dimensionais da Edificação		Características das Aberturas	
Localização		Zona Bioclimática ZB 2		Cidade Santa Maria RS	
<input checked="" type="checkbox"/> Pré-requisitos		A_{TOT} 542.17 m ²		FS 0.87	
U_{COB-AC} 2.02 W/(m ² K)	ρ_{COB} 0.8 %	A_{PCOB} 335.59 m ²	PAF_T 9.78 %	PAF_O 7.54 %	AVS 0 °
$U_{COB-ANC}$ 2.02 W/(m ² K)	CT_{PAR} 0 kJ/(m ² K)	A_{PE} 313.33 m ²	V_{TOT} 2973.1 m ³	AHS 19.7 °	
U_{PAR} 1.94 W/(m ² K)	ρ_{PAR} 1.23 %	A_{ENV} 930.35 m ²			
PAZ 0 %	FS 0				

* O nível de eficiência alcançado foi limitado pela transmitância térmica da cobertura dos ambientes condicionados.

Calcular Eficiência Limpar

■ ■ ■ ■ ■ E

Fonte: LabEEE, 2018.

4.3.6 Análise do sistema de iluminação – Palacete Dr. Astrogildo de Azevedo

A partir das visitas in loco, identificou-se que o sistema de iluminação da edificação é caracterizado pela utilização de lâmpadas fluorescentes, mas algumas já foram substituídas por lâmpadas de LED. A carga de iluminação instaladas no Palacete representa um valor de 7.740 W de potência. O levantamento realizado da quantidade e disposição das lâmpadas e luminárias da edificação, bem como das potências individuais e totais está apresentado no Apêndice I deste trabalho. (Figura 62).

Figura 62 - Luminária e lâmpadas do Palacete Dr. Astrogildo de Azevedo



Fonte: Arquivo pessoal, 2018.

O método utilizado para análise do sistema de iluminação foi o de áreas do edifício, em virtude da edificação possuir um único uso, o de museu, conforme o RTQ-C.

Quanto aos pré-requisitos do sistema de iluminação, a divisão de circuitos é atendida, pois se verificou que todos os ambientes possuem comandos de acionamento individual da iluminação e estão posicionados de forma visível, conforme especificado no regulamento. O pré-requisito de contribuição da luz natural não é atendido, pois fileiras de luminárias mais próximas das janelas não possuem o acionamento independente, não contemplando este item. Quanto ao desligamento automático, este critério se aplica a ambientes com área superior a 250 m², e a edificação não possui nenhum ambiente interno com esta configuração; portanto, esse pré-requisito não se aplica.

A Figura 63 apresenta a ferramenta WebPrescritivo com os dados de análise do sistema de iluminação do Palacete Dr. Astrogildo de Azevedo.

Figura 63 - Dados de análise do sistema de iluminação no WebPrescritivo.

Iluminação

Por áreas do edifício Por atividades do edifício

Pré-Requisitos de todos os ambientes

Divisão de circuitos Atende Não atende

Contribuição da luz natural Atende Não atende Não se aplica

Desligamento automático Atende Não atende Não se aplica

	- Atividade +	Nº. de Unidades	Pré-Requisitos por ambientes			Potência [W]	Área [m ²]
			Divisão de circuitos	Contribuição da luz natural	Desligamento automático		
1	Museu	1	Atende	Não atende	Não se aplica	7740	441.69

Calcular Eficiência Limpar

E

* Desde que observados os pré-requisitos de iluminação.

Fonte: LabEEE, 2019.

Após preenchimento de todos os dados exigidos, o nível de eficiência do sistema de iluminação do Palacete Dr. Astrogildo de Azevedo foi classificado com nível E. Ainda que, algumas lâmpadas da edificação tenham sido substituídas por lâmpadas LED, as lâmpadas fluorescentes tubulares instaladas representam uma grande carga, o que possivelmente levou a classificação a esse nível. Em aproximadamente 80 por cento dos ambientes do Palacete, ainda são utilizadas

lâmpadas fluorescentes, somente 18 por cento foram substituídas por lâmpadas mais eficientes.

4.3.7 Análise do sistema de condicionamento do ar – Palacete Dr. Astrogildo de Azevedo

A análise do sistema de condicionamento de ar do Palacete Dr. Astrogildo de Azevedo baseou-se em levantamento realizado in loco, para quantificar e verificar a potência de cada aparelho condicionador de ar, instalado nos ambientes da edificação. Observou-se que os aparelhos instalados no local são do tipo Split e de janela. A edificação possui 6 (seis) aparelhos instalados ao todo, mas já há previsão de ampliação para 8 (oito) aparelhos. Não foi possível considerá-los nos cálculos do sistema condicionador de ar, pois ainda não estavam em funcionamento. Os aparelhos tipo Split, apresentam etiqueta do INMETRO, indicando sua classificação energética; os demais não são etiquetados. A Figura 64 mostra alguns dos aparelhos condicionadores de ar instalados na edificação.

Figura 64 - Aparelhos condicionadores de ar instalados no Palacete Dr. Astrogildo de Azevedo.



Fonte: Arquivo pessoal, 2018.

Dados relativos à eficiência energética dos aparelhos de ar condicionado foram retirados da Tabela de Consumo/Eficiência Energética de Ar Condicionados do INMETRO (INMETRO,2017). A Tabela 10 apresenta os dados de quantificação e eficiência dos aparelhos instalados no Palacete dr. Astrogildo de Azevedo.

Tabela 10 - Quantidades e características dos aparelhos condicionadores de ar do Palacete Dr. Astrogildo de Azevedo

Modelo	Quantidade	Eficiência (W/W)	Pot. Total (W)	Nível de eficiência	Equiv. Numérico
Split 18.000	1	3,24	1529	A	5
Split 30.000	1	2,82	2852	C	3
Split 9.000	1	3,21	858	A	5
Janela 18.000	1	2,88	1830	A	5
Elgin 18.000	1	2,91	1848	A	5
Electrolux 18.000	1		2183	A	5
			11100		

Fonte: Autora, 2018.

A relação de aparelho por ambiente, suas quantidades e modelos estão demonstradas no Apêndice J desta dissertação.

A Figura 65 apresenta a ferramenta WebPrescritivo com os dados de análise do sistema de condicionamento do ar da edificação.

Figura 65 - Dados de análise do sistema de condicionamento do ar, WebPrescritivo.

	- Ambiente +	Nº. de Unidades	Tipo	Capacidade [BTU/h]	Eficiência [W/W]	Etiqueta
1	exposição	- 1 +	split ▼	18000	3.24	A
2	sala Dr.Mariano	- 1 +	split ▼	30000	2.82	C
3	direção	- 1 +	split ▼	9000	3.21	B
4	reserva técnica	- 1 +	janela ▼	18000	2.88	A
5	reserva téc. e lab.	- 1 +	janela ▼	18000	2.91	A

Fonte: Adaptado de WebPrescritivo, 2018.

Observa-se, com a análise do sistema de condicionamento de ar, que a área não condicionada pode não apresentar conforto, o que eventualmente pode ter interferido na avaliação do método prescritivo. Se a análise ocorresse pelo método de simulação, com auxílio de programas computacionais para determinação do nível de

eficiência, poderia se chegar a uma avaliação diferente. Aponta-se este item como uma limitação deste estudo.

Como um aparelho condicionador de ar não é etiquetado pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem, os dados precisaram ser informados em separado. Foram informados também a área útil da edificação e a área condicionada. Assim sendo, a classificação do sistema de condicionamento de ar no Palacete Dr. Astrogildo de Azevedo, atingiu nível B de eficiência energética, o que se dá devido à classificação energética dos aparelhos de ar condicionado. (Figura 66)

Figura 66 - Dados do sistema de condicionamento do ar

Condicionador de ar		Capacidade [BTU/h]	Nível de eficiência	Pré-requisitos	Classe de eficiência
-				<input checked="" type="checkbox"/> Visualizar	
				Cálculo de carga térmica	Atende ▼
				Controle de temperatura por zona	Não Atende ▼
				Faixa de temperatura de controle	Atende ▼
				Aquecimento suplementar	Não Atende ▼
				Aquecimento e resfriamento simultâneo	Não Atende ▼
				Sistema de desligamento automático	Atende ▼
				Isolamento de zonas	Atende ▼
				Controles e dimensionamento do sistema de ventilação	Atende ▼
				Controles de sistema de ventilação para áreas com altas taxas de ocupação	Atende ▼
				Controles e dimensionamento dos sistemas hidráulicos	Atende ▼
				Sistemas de vazão de líquido variável	Atende ▼
				Isolamento de bombas	Não Atende ▼
				Controles de reajuste da temperatura de água gelada e quente	Atende ▼
				Equipamento de rejeição de calor	Não Atende ▼
				Controle de velocidade do ventilador	Atende ▼
1	Electrolux 18000 reverso	18000	B		B

AU m² ?

AC m² ?

B A C D

Fonte: LabEEE, 2018.

Esta classificação dá-se em razão de grande parte dos aparelhos de ar condicionado apresentarem etiqueta A e B. A classificação do sistema de condicionamento do ar pode influenciar positivamente o valor final de Pontuação Total, devido ao peso maior deste item, que é de 40%.

4.3.8 Análise da Pontuação Final da classificação do Palacete Dr. Astrogildo de Azevedo

Para determinação da classificação geral, é necessário que seja verificado se existem bonificações que possam aumentar a eficiência energética de edificação.

No levantamento feito no local, verificou-se que o museu não possui sistemas e equipamento que racionalizem o uso de águas. A edificação não conta com nenhum sistema de aquecimento de água, pois não apresenta demanda para tal. Não há sistemas ou fontes renováveis de energia para geração da demanda e a edificação, não possui nenhum sistema de cogeração de energia que proporcione redução do consumo energético. A edificação não possui elevador.

Para obtenção da classificação geral da edificação são informados, a área de passagem transitória, a área não condicionada e o equivalente numérico atingido após a análise dos demais itens da envoltória, do sistema de iluminação e do sistema de condicionamento do ar. Assim sendo, a classificação de etiqueta Geral da edificação, obteve nível C, com pontuação final de 3.30. A Figura 67 demonstra o WebPrescritivo com os dados relativos a Etiqueta Geral da edificação e pontuação final.

Figura 67 - Classificação da Etiqueta Geral do Colégio Manoel Ribas.

Etiqueta Geral

APT m² (?)

ANC m² (?)

EqNumV (?)

b (?)

Pontuação: 3.30

C

Fonte: LabEEE, 2018.

Com o término das análises dos sistemas do Colégio Manoel Ribas e do Palacete dr. Astrogildo de Azevedo, observou-se que algumas alterações nestes poderiam contribuir para melhoria da classificação, tanto nos sistemas isolados, como

na Pontuação Total. O sistema de iluminação e o de condicionamento do ar apresentam-se como os mais acessíveis de serem modificados, pois em ambas as edificações poderiam ser substituídas lâmpadas, luminárias e aparelhos condicionadores de ar. Estas soluções apresentam-se como as que menor impacto nas edificações, pois as alterações ocorreriam somente na parte interna, sem alteração das características construtivas das edificações.

Modificações nas envoltórias trariam um impacto maior para as edificações, devido ao fato de necessitarem de adaptações de maior relevância, e muitas vezes mais complexas de serem executadas em edificações históricas. Além de serem modificações certamente mais onerosas por envolverem mão de obra qualificada e uma intervenção de maior porte nas edificações.

4.4 SIMULAÇÃO FOTOVOLTAICA

Para dimensionamento do sistema solar fotovoltaico para as edificações selecionadas como estudo de caso neste trabalho, foram consideradas as análises de áreas de sombreamento ocasionadas nas coberturas dos prédios. Essa análise determinou as áreas onde seriam mais indicadas a disposição dos módulos fotovoltaicos, pois receberiam maior radiação solar.

Grande parte de edificações históricas tiveram seu entorno modificado, recebendo edifícios em altura para poder se adaptar às novas demandas de ocupação do solo. As análises de sombreamento tornam-se importantes para se verificar qual a influência do sombreamento nos módulos, e se é viável a implantação de sistemas fotovoltaicos nestas edificações, já que a falta de radiação solar prejudica o funcionamento dos módulos.

Para simulação de um sistema FV hipotético instalado na cobertura das edificações, foi sugerido um modelo de módulo FV e disposto na cobertura das edificações, conforme área disponível. O módulo selecionado apresenta potência de 270 Wp e dimensões de 1650 mm X 992 mm (altura X largura), fabricado em Silício Monocristalino. A justificativa da escolha do material dá-se em razão da facilidade de manuseio e fixação dos módulos, por ser de alta potência e dimensões relativamente pequenas.

Com relação à integração com o patrimônio arquitetônico, existem, atualmente no mercado, outras tecnologias que podem se adaptar melhor às edificações, como o silício amorfo, pois podem apresentar acabamentos que se integrem melhor aos materiais utilizados na construção das edificações históricas. Esse material apresenta desvantagens, como menor eficiência em comparação às células monocristalinas.

Em virtude de almejar uma maior geração dos sistemas hipotéticos integrados nas edificações selecionadas, optou-se pelo módulo com maior facilidade de fixação dos módulos, em razão de suas dimensões, pois a fixação na cobertura dar-se-ia de forma racional devido à menor necessidade de furação para colocação.

As características do módulo sugerido para a proposição do sistema hipotético são apresentadas na Tabela 11.

Tabela 11 - Características do módulo fotovoltaico.

MODELO CANADIAN CS6K-270	
Fabricante: Canadian Solar Brasil Serviços de consultoria em energia solar Ltda.	
Material: Si-Mono (Silício Monocristalino)	
Dimensões: 1650 mm X 992 mm	
Potência: 270W	
Classificação: A	

Fonte: Autora, com base em INMETRO, 2017.

4.4.1 Análise de sombreamento e simulação FV- Colégio Manoel Ribas

A análise de sombreamento foi geolocalizada pelo SCKETCH UP, simulada conforme solstícios e equinócio, em dias e horários determinados, conforme descritos anteriormente no item 3.4 da Metodologia.

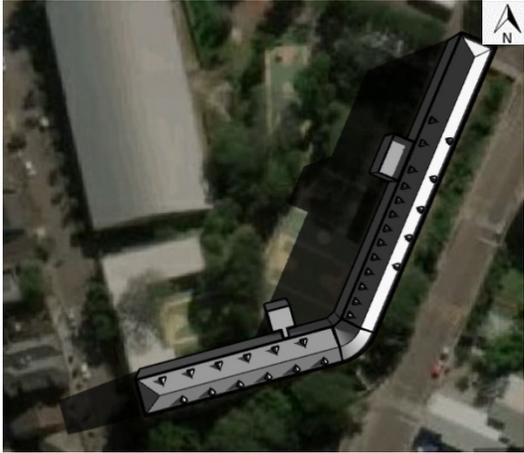
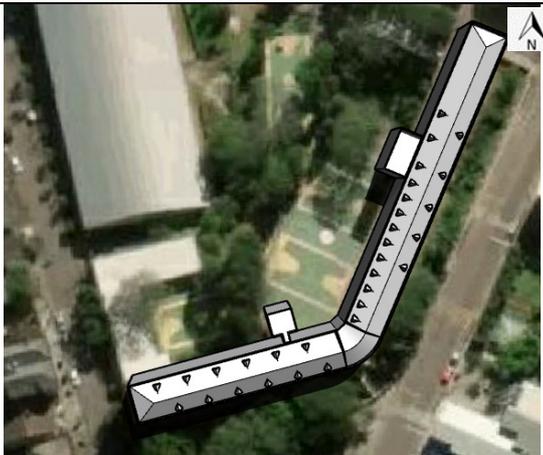
De acordo com as tabelas a seguir, que demonstram as máscaras de sombreamento na cobertura do Colégio Manoel Ribas, as sombras geradas, são exclusivamente ocasionados por elementos da própria edificação. O Colégio Manoel Ribas não possui, em seu entorno, edificações que possam ocasionar sombreamento, pois está localizada de forma isolada no lote.

Observa-se que no horário das 12h (meio-dia), horário de maior incidência solar, em todos os dias analisados, a cobertura da edificação permaneceu totalmente exposta à radiação solar, o que favorece a instalação de um sistema fotovoltaico no local. Os elementos da edificação não geraram sombreamento no período analisado.

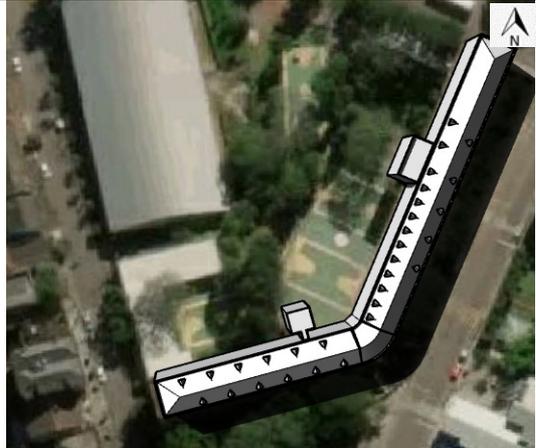
Os demais horários apresentaram *máscaras de sombreamento* ocasionadas pela própria cobertura da edificação e pelas mansardas localizadas no prédio, conforme podem ser observados na Tabela 12, Tabela 13 e Tabela 14.

Tabela 12 - Análise de sombreamento dia 22 de março

(continua)

Dia 22 de março Equinócio	
09h	Análise
	Neste horário. percebe-se sombreamento na parte noroeste da cobertura. As mansardas, localizadas na parte Sudoeste, ocasionam pequeno sombreamento na cobertura.
12h	
	Este horário não apresenta sombreamento na cobertura da edificação, em função do sol estar na posição mais alta (maior incidência solar) e, não possuir edificações no entorno.
15h	

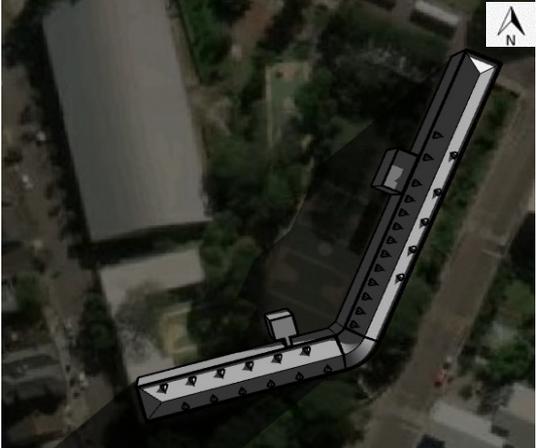
(conclusão)

	<p>Nota-se um sombreamento na parte Sudeste da cobertura da edificação, ocasionado por elementos da própria edificação.</p>
---	---

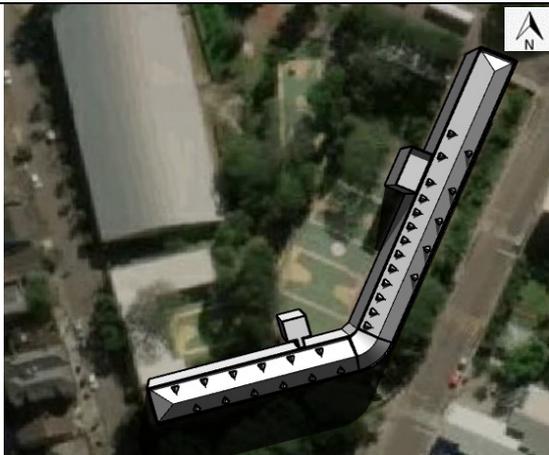
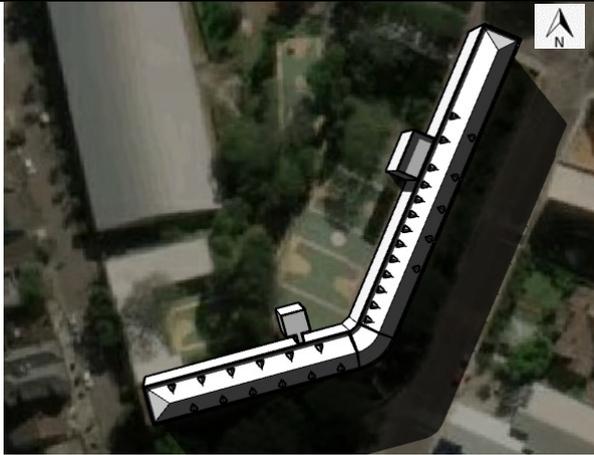
Fonte: Autora, com base no SCKETCH UP.

Tabela 13 - Análise de sombreamento dia 21 de junho

(continua)

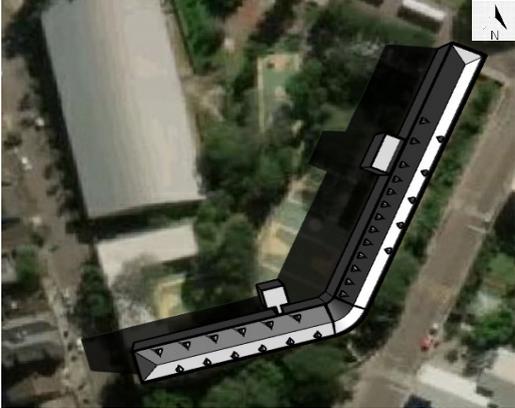
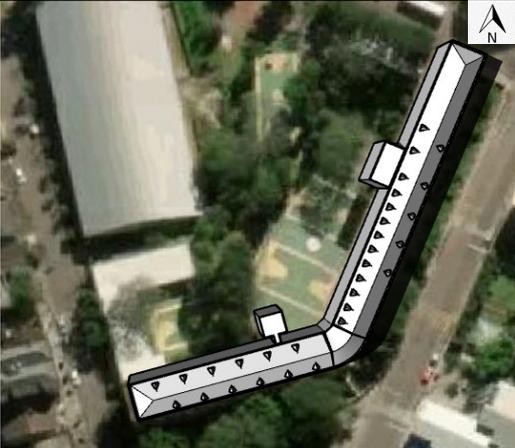
Dia 21 de junho Solstício de Inverno	
09h	Análise
	<p>No solstício de inverno, a terra inclina-se em relação ao sol, fazendo com que a irradiação solar seja menor. Percebe-se, em razão disso, um sombreamento mais intenso na porção Noroeste da cobertura.</p>
12h	

(conclusão)

	<p>Nota-se sombreamentos ocasionados pelas mansardas na porção Nordeste e a parte Sudoeste apresenta sombreamento mais relevante.</p>
<p>15h</p>	
	<p>Neste horário analisado, as porções Sudeste e Sudoeste apresentam sombreamento mais expressivo.</p>

Fonte: Autora, com base no SCKETCH UP.

Tabela 14 - Análise de sombreamento dia 22 de dezembro

Dia 22 de dezembro Solstício de Verão	
09h	Análise
	Esta data marca o início do solstício de verão, período em que o Hemisfério Sul inclina-se em relação ao sol, recebendo maior radiação solar. Observa-se sombreamento na parte Noroeste da cobertura da edificação.
12h	
	Este horário não apresenta sombreamento na cobertura da edificação.
15h	
	Observa-se pequeno sombreamento na porção Sudeste da cobertura da edificação

Fonte: Autora, com base no SCKETCH UP.

Como conclusão da análise, percebeu-se que a cobertura do Colégio Manoel Ribas apresenta poucas áreas afetadas pelo sombreamento, e é indicada a disposição de módulos por toda a extensão da cobertura. Em alguns horários analisados, a cobertura da edificação não apresenta áreas sombreadas.

Para o dimensionamento do sistema do Colégio Manoel Ribas, foram encontrados os ângulos formados pelas inclinações e orientações da cobertura da edificação. Utilizou-se a inclinação do módulo a 38° , inclinação que corresponde à da cobertura da edificação. Os desvios azimutais da edificação estão descritos na Tabela 15. Desvios azimutais são os ângulos formados entre o alinhamento da cobertura e o Norte Geográfico. Foram definidas quatro situações, descritas como situação A, B, C e D, demonstradas na Tabela 16.

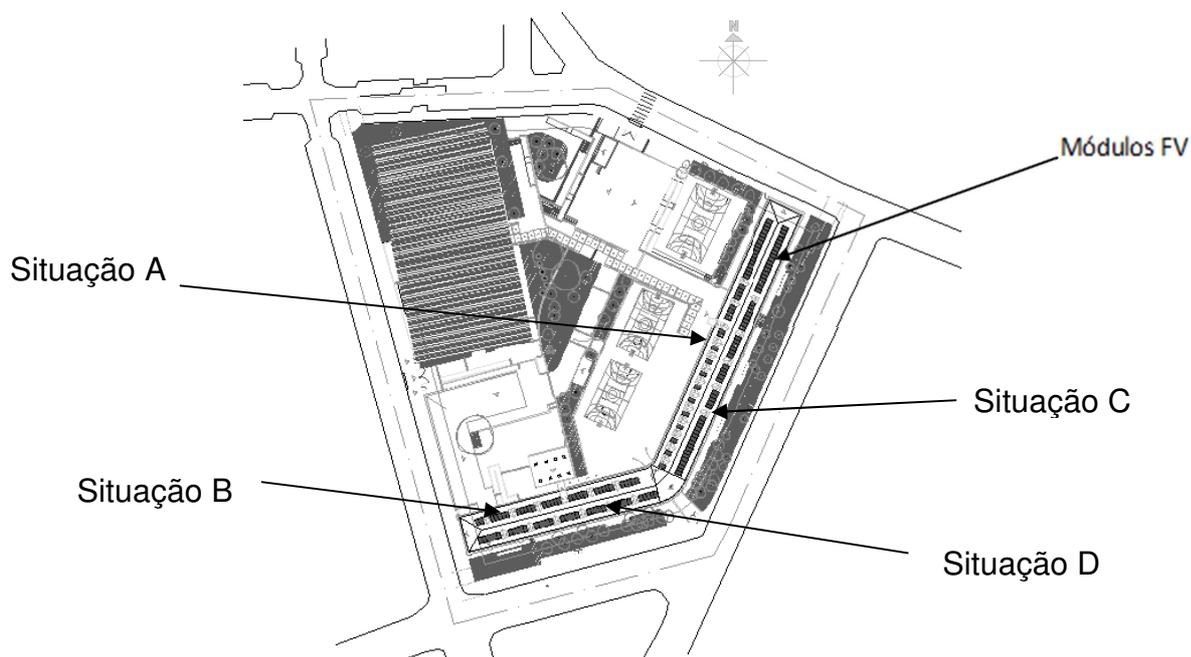
Tabela 15 - Descrição das situações da cobertura da edificação.

	Desvio azimutal	Inclinação
Situação A	-66°	38°
Situação B	-15°	38°
Situação C	165°	38°
Situação D	114°	38°

Fonte: Autora.

Foi realizada a distribuição dos módulos na área disponível de cobertura, para verificar se em posições e inclinações diferentes ainda seria possível a geração total da demanda da edificação (Figura 68).

Figura 68 - Implantação geral do Colégio Manoel Ribas com proposição de instalação do sistema FV.



Fonte: Adaptado de AUTOCAD, 2017.

Os módulos foram distribuídos, conforme área disponível na cobertura do edifício, em um total de 336 módulos, na seguinte proposição descrita na Tabela 16. Para determinação da potência, utilizou-se a Equação 1 em cada uma das situações.

Equação 1

$$P \text{ real} = n * P_{\text{módulo}}$$

Tabela 16 - Potência total conforme módulos distribuídos na área disponível de cobertura

		Potência Total (kW)
Situação A	74*0,270 (W)	19,98
Situação B	70*0,270 (W)	18,9
Situação C	70*0,270 (W)	18,9
Situação D	122*0,270 (W)	32,94
Total	336	90,72

Fonte: Autora, 2018.

Para definição da energia gerada pelos módulos, utilizou-se a Equação 2 e os resultados encontrados, para as quatro situações, estão expostos na Tabela 17. Os dados de irradiação mensal nas 4 situações foram coletados junto ao Radiasol (UFRGS, 2017).

Tabela 17 - Dados de irradiação e energia gerada em cada situação, no Colégio Manoel Ribas.

Meses	Situação A		Situação B		Situação C		Situação D	
	Irradiação (KWh/m ²)	Energia (kWh)						
Jan	5,80	2781,22	2,28	1034,2	5,41	2453,9	4,07	3217,5
Fev	5,18	2483,91	2,28	1034,2	4,31	1955,0	4,29	3391,5
Mar	4,72	2263,33	1,97	893,59	3,09	1401,6	4,59	3628,6
Abr	3,72	1783,81	2,17	984,31	1,85	839,16	4,14	3272,9
Mai	3,23	1548,85	2,43	1102,2	1,12	508,03	3,99	3154,3
Jun	2,59	1241,96	2,27	1029,6	0,91	412,78	3,54	2798,5
Jul	2,84	1361,84	2,33	1056,8	1,05	476,28	3,72	2940,8
Ago	3,39	1625,57	2,09	948,02	1,50	680,40	4,01	3170,1
Set	4,12	1975,62	2,12	961,63	2,38	1079,5	4,26	3367,7
Out	4,85	2325,67	2,31	1047,8	3,65	1655,6	4,16	3288,7
Nov	5,60	2685,31	2,25	1020,6	4,91	2227,1	3,86	3051,5
Dez	5,79	2776,42	2,34	1061,4	5,69	2580,9	4,14	3272,9
Soma	51,83	24853,5	26,84	12174,	35,87	16270,	48,77	38555,
		2						
Média Anual	4,32	2071,13	2,24	1014,5	2,99	1355,8	4,06	3212,9
Somatório Total (situação A, B, C, D) = 91.854,38 kWh, com média mensal de 7.654,53 kWh								

Fonte: Autora, 2018.

Na situação A (cobertura orientada a Noroeste) a geração total de energia atingiu 24.853,52 KWh. Na situação B (cobertura orientada a Oeste) a geração de energia obtida pelos módulos atingiu 12.174,62 KWh. Em se tratando da Situação C (cobertura orientada a Leste), a geração de energia atingida foi de 16.270,63 KWh. E como análise final, a Situação D (cobertura orientada a Sudoeste), apresentou geração de 38.555,61 KWh. Esses resultados estão relacionados ao número de módulos dispostos em cada face da cobertura da edificação, conforme especificados na Tabela 18, que demonstra as situações e a geração de energia.

Tabela 18 - Geração dos módulos distribuídos na cobertura do Colégio Manoel Ribas.

	Nº módulos	Potência Total (kW)	Geração (kWh)
Situação A	74	19,98	24.853,52
Situação B	70	18,9	12.174,62
Situação C	70	18,9	16.270,63
Situação D	122	32,94	38.555,61
Total	336	90,72	91.854,38

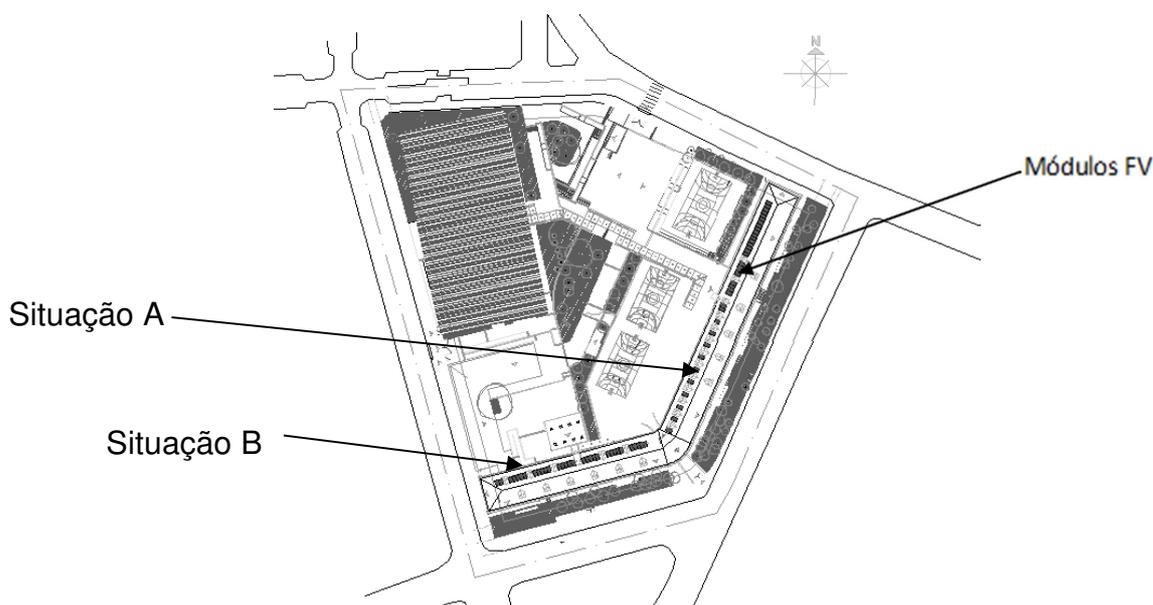
Fonte: Autora, 2019.

Como resultado total obtido pela soma dos valores de geração de energia, obteve-se o valor de 91.854,38 KWh. Esse é o somatório total da energia a ser gerada, se os módulos FV fossem distribuídos nas quatro faces da cobertura. O resultado apresentado com esse cenário, atingiu 84% da demanda total de energia a ser consumida anualmente pela edificação. O valor indica que o sistema não supre a demanda total, já que os dados coletados junto à concessionária indicam um consumo anual de 108.750 KWh, mas seria uma grande contribuição.

Nessa distribuição, o impacto visual observado é o de nível alto, pois os módulos ficariam visíveis da fachada principal, sendo a cobertura onde estão dispostos (situação C e D), vistas pelo observador no espaço urbano.

Outro cenário possível de ser implantado, seria a distribuição de módulos somente nas Situações A e B, pois dessa maneira o impacto visual da integração FV seria considerado de nível moderado, pois a face do telhado onde estariam os módulos seria vista somente por observadores dentro da área do edifício. Nesta circunstância, o valor de geração de energia seria de 37.028,15 kWh, atingindo 34 % da demanda de edificação. A Figura 69 demonstra esta proposição.

Figura 69- Implantação geral do Colégio Manoel Ribas com proposição de instalação do sistema FV.



Fonte: Adaptado de AUTOCAD, 2017.

4.4.2 Análise de sombreamento e simulação FV - Palacete Dr. Astrogildo De Azevedo

A análise de sombreamento foi geolocalizada pelo SKETCH UP, simulada conforme solstícios e equinócio, de acordo com as imagens a seguir.

Pode-se notar que, por estar inserida em um local onde o seu entorno possui edifícios em altura, a cobertura do Palacete Dr. Astrogildo de Azevedo é bastante prejudicada com o sombreamento que estes edifícios proporcionam. O sombreamento ocasionado pelas edificações do entorno diminui consideravelmente o potencial de aproveitamento da energia solar. Isso ocorre em grandes centros urbanos, onde muitas vezes as edificações históricas estão localizadas.

Em grande parte dos dias e horários analisados a cobertura do palacete Dr. Astrogildo de Azevedo possui sombreamento. Observa-se que, nos dias 22 de março e 21 de junho, a cobertura apresenta-se completamente sombreada e, no dia 21 de junho, em dois horários, respectivamente, 12h (meio-dia) horário de maior incidência solar, e às 15h (quinze horas).

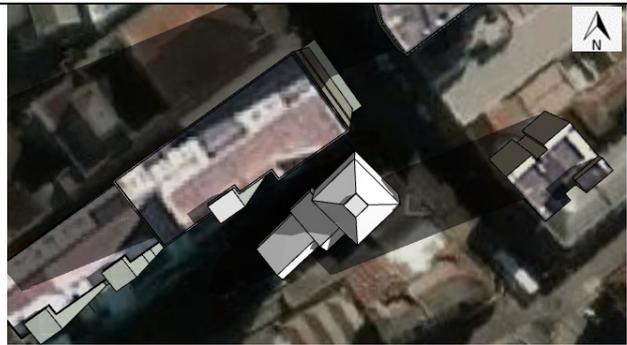
Grande parte deste sombreamento deve-se às edificações do entorno, pois o palacete está localizado no centro da malha urbana da cidade de Santa Maria. Em alguns horários analisados, percebe-se também o sombreamento ocasionado por elementos da própria edificação.

Como resultado da análise de sombreamento da edificação, percebe-se que todos os horários analisados geraram máscaras de sombreamento. Esse resultado demonstra que não seria viável a instalação de um sistema fotovoltaico em toda a extensão da cobertura do Palacete. As análises mostram que a área frontal da cobertura, localizada na fachada principal, é a que mais demonstrou receber radiação solar, com isto, sendo a indicada a receber os módulos. As demais áreas da cobertura, recebem pouca radiação, não sendo indicado utilizá-las para disposição do sistema FV.

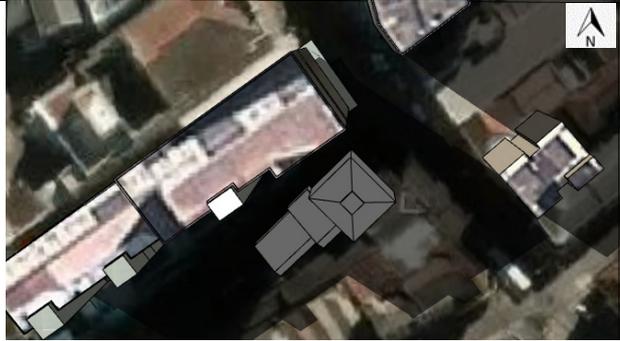
As Tabelas 19, Tabela 20 e Tabela 21 mostram as máscaras de sombreamento geradas na cobertura do Palacete Dr. Astrogildo de Azevedo.

Tabela 19 - Análise de sombreamento dia 22 de março

(continua)

Dia 22 de março Equinócio	
09h	Análise
	Observa-se pouco sombreamento ocasionado pelas edificações do entorno ao Palacete. Percebe-se sombreamento ocasionado por elementos da própria edificação.
12h	
	Percebe-se pequeno sombreamento ocasionado pelas edificações do entorno, lateral e frontal ao Palacete.

(conclusão)

15h	
	<p>Neste horário analisado, observa-se o sombreamento total da área disponível de cobertura.</p>

Fonte: Autora, com base no SCKETCH UP.

Tabela 20 - Análise de sombreamento dia 21 de junho

(continua)

Dia 21 de junho Solstício de Inverno	
09h	Análise
	<p>Observa-se, neste horário de análise, que o sombreamento resultante das edificações do entorno ao Palacete, um sombreamento bastante relevante, ocupando grande parte da cobertura.</p>
12h	
	<p>No solstício de inverno, a terra inclina-se em relação ao sol, fazendo com que a irradiação solar seja menor. Neste horário, percebe-se o sombreamento total na cobertura analisada.</p>
15h	

(conclusão)

	<p>Neste horário analisado, observa-se o sombreamento total da área disponível de cobertura.</p>
---	--

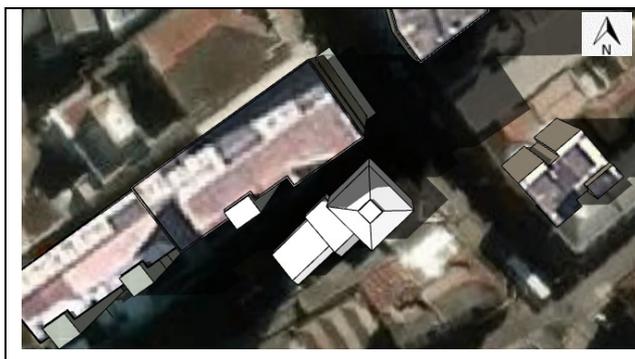
Fonte: Autora, com base no SCKETCH UP.

Tabela 21 - análise de sombreamento dia 22 de dezembro

(continua)

Dia 22 de dezembro Solstício de Verão	
09h	Análise
	<p>Esta data analisada marca o início do solstício de verão, período em que o Hemisfério Sul inclina-se em relação ao sol, recebendo maior radiação solar. A cobertura apresenta sombreamento de elementos da própria edificação.</p>
12h	
	<p>Observa-se, que neste horário analisado, o sombreamento das edificações do entorno ao Palacete não é perceptível, e a cobertura fica totalmente exposta a radiação solar.</p>
15h	

(conclusão)



percebe-se que, neste horário, o sombreamento ocupa uma pequena parte da cobertura e, é ocasionado pelos edifícios do entorno.

Fonte: Autora, com base no SCKETCH UP.

No Palacete Dr. Astrogildo de Azevedo, o sombreamento ocasionado pelas edificações do entorno, diminuem consideravelmente a área de cobertura para disposição dos módulos FV. Em alguns horários analisados, essa cobertura é totalmente encoberta pelo sombreamento. As análises demonstram que somente a parte frontal da cobertura seria indicada para posicionamento de módulos, pois foi a que recebeu maior radiação solar nos períodos analisados.

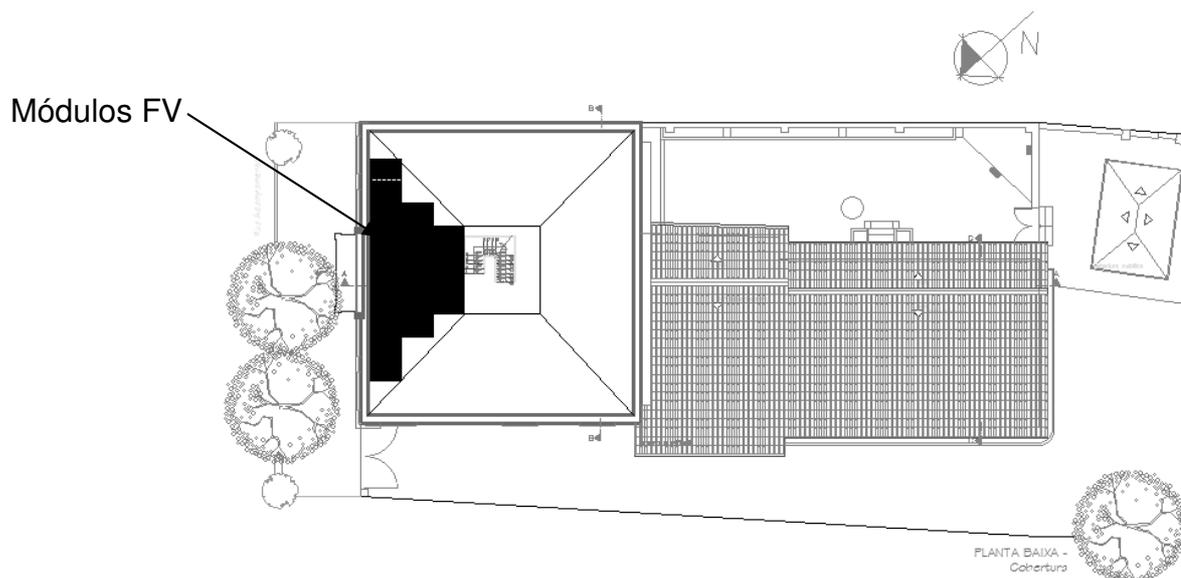
Para cálculo do dimensionamento do sistema FV para o Palacete Dr. Astrogildo de Azevedo, foram encontrados os ângulos formados pelas inclinações e orientações da cobertura da edificação. Utilizou-se a inclinação do módulo a 29° , inclinação que corresponde a da cobertura da edificação. O desvio azimutal da cobertura do Palacete Dr. Astrogildo de Azevedo, em relação ao Norte geográfico é de 42° .

Levou-se em consideração a análise de sombreamento, que mostrou a área frontal da cobertura como a indicada para a disposição dos módulos FV, pois foi a que recebeu maior radiação solar em grande parte dos horários analisados.

Do mesmo modo, nesta proposta, a intenção é a maior geração solar fotovoltaica, por este motivo optou-se por módulos que tenham maior potência. O módulo selecionado apresenta potência de 270 Wp e dimensões de 1650 mm X 992 mm (altura X largura), fabricado em Silício Monocristalino segundo especificações apresentadas na Tabela 11.

A cobertura da edificação recebeu 20 módulos, dispostos conforme Figura 70.

Figura 70 - Distribuição dos módulos na cobertura da edificação.



Fonte: Autocad, 2018.

Para cálculo da potência dos módulos, utilizou-se a Equação 1:

Equação 1

$$P_{real} = n * P_{módulo}$$

$$P_{real} = 20 * 0,270 \text{ (W)}$$

$$P_{real} = 5,4 \text{ KWp}$$

A Tabela 22

Tabela 22 apresenta a irradiação solar da edificação, segundo o Radiasol e a energia gerada mensalmente. Para cálculo da energia total gerada pelo sistema, utilizou-se a Equação 2:

Equação 2

$$E = P_{fv} * H_{tot} * 30 * TD$$

Tabela 22 - Dados de irradiação e energia gerada no Palacete Dr. Astrogildo de Azevedo.

(continua)

Meses	Irradiação (KWh/m ²)	Energia (kWh)
Janeiro	5,95	771,12

(conclusão)

Fevereiro	5,47	708,91
Março	5,14	666,14
Abril	4,14	536,54
Maio	3,6	466,56
Junho	2,93	379,72
Julho	3,17	410,83
Agosto	3,73	483,40
Setembro	4,36	565,05
Outubro	5,08	658,36
Novembro	5,75	745,2
Dezembro	5,97	773,71
Total	55,29	7165,58
Média	4,60	597,13

Fonte: Autora, 2018.

O valor gerado de energia atingiu 597,13 kWh, o que representa 32% da demanda da edificação. Em alguns períodos do ano, a cobertura do Palacete Dr. Astrogildo de Azevedo é totalmente encoberta pelo sombreamento proporcionado pelas edificações do entorno, sendo então, necessário dividir o valor encontrado de energia total gerada pela metade, pois a radiação solar ocorre somente na parte da manhã. Pode-se considerar, nessa situação, uma geração ocasionada pela radiação difusa, proveniente da reflexão da luz solar nas paredes das edificações do entorno, o que poderia ocasionar um ganho no desempenho dos módulos. Mas ainda assim, não supriria a demanda da edificação.

Assim, como valor total de geração de energia, temos então $E = 298,56$ kWh. Este valor corresponde a 16% da demanda da edificação, que é de 1.842 kWh/ mês. O baixo percentual apresentado dá-se ao fato de não dispor de área maior de cobertura para a disposição dos módulos FV. Edificações inseridas em locais densos tende a ser prejudicadas pelo sombreamento do entorno, o que dificulta a disposição dos módulos e o potencial de geração destes.

Nesta situação o impacto visual da integração FV apresenta-se como impacto visual baixo, pois a face do telhado onde estariam dispostos os módulos não pode ser vista por observadores a pé, apenas em vistas aéreas.

4.5 ANÁLISE DO IMPACTO DA GERAÇÃO SOLAR FV NO NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Empreendendo uma análise representativa das edificações estudadas, quanto a sua classificação do nível de eficiência energético, segundo o RTQ-C, percebe-se que ambas obtiveram níveis de classificação bem próximos. Isto pode ser devido ao fato de o material de suas construções serem análogos. Os sistemas construtivos de edificações históricas diferenciam-se das construções atuais, o que pode influenciar negativamente na classificação do nível de eficiência. Tanto o Colégio Manoel Ribas, quanto o Palacete Dr. Astrogildo de Azevedo obtiveram nível E na envoltória devido a transmitância de sua cobertura, o que significa que há uma troca muita grande de calor com o exterior. Níveis mais baixos de transmitância são desejados para que não aconteça trocas de calor, isso seria possível com a substituição dos materiais da cobertura ou do forro, desde que não descaracterizassem as edificações. Como, por exemplo, a instalação de manta térmica entre a cobertura e o forro em madeira, permitindo com isto, um isolamento e evitando trocas de calor nos ambientes

Quanto ao sistema de iluminação o Colégio Manoel Ribas atingiu nível C enquanto o Palacete Dr. Astrogildo de Azevedo obteve nível E. Este fato está relacionado a carga de iluminação instalada nas edificações. A razão das somas das cargas pela área dos ambientes condiciona este item. Melhorias podem ser realizadas para ampliar este índice, como substituição de cabos e fios elétricos, lâmpadas e luminárias. Essas ações, muitas vezes, são de fácil execução em edificações históricas, pois não necessitam de grandes intervenções na edificação, e podem auxiliar na diminuição do consumo energético da edificação.

O condicionamento de ar é um item que tem bastante influência na Pontuação Geral da edificação, pois representa 40% dela. Em ambas as edificações analisadas, percebe-se a presença de aparelhos mais eficientes e menos eficientes, segundo a classificação de eficiência do INMETRO. Entende-se que este não foi um fator relevante para a escolha dos aparelhos, que se fosse observado, a classificação poderia ser diferente.

Como classificação geral, as edificações obtiveram nível C de eficiência. A Tabela 23 demonstra o comparativo do nível de eficiência atingido pelas edificações analisadas neste estudo.

Tabela 23 - Nível de eficiência energética atingido pelas edificações analisadas.

	Colégio Manoel Ribas	Palacete Dr. Astrogildo de Azevedo
Envoltória	E	E
Sistema de iluminação	C	E
Sistema de ar condicionado	C	B
Geral	C	C

Fonte: Autora, 2019.

Quanto à análise de sombreamento do entorno às edificações estudadas, é possível afirmar que edificações inseridas em áreas muito densas, tendem a ser prejudicadas com o sombreamento de edifícios do entorno, já edificações localizadas em lotes isolados, ou locais menos densos, não são prejudicadas com o sombreamento excessivo do entorno. No caso do Palacete Dr. Astrogildo de Azevedo, sua localização em meio urbano, apresenta sombreamento demasiado de sua cobertura, o que diminui o potencial de aproveitamento de sua área para instalação de módulos FV. O Colégio Manoel Ribas por estar inserida em lote isolado, apresenta maior potencial de aproveitamento da radiação solar.

Quanto à disposição dos módulos na cobertura, o Colégio Manoel Ribas desfruta de toda a área de cobertura, que conforme a análise de sombreamento, possui mais horas de insolação. O Palacete Dr. Astrogildo de Azevedo dispõe da área frontal de sua cobertura, devido ao sombreamento das edificações do entorno, que ocorre na maior parte dos horários analisados nas demais áreas.

Foram dispostos 336 módulos na cobertura do Colégio Manoel Ribas, o que geraria 84% da demanda de energia elétrica da edificação. Esta situação foi considerada de alto impacto visual, devido ao fato das faces do telhado onde foram propostos a disposição dos módulos, serem vistas por qualquer observador no espaço urbano. Como alternativa à situação, poderia se dispor os módulos somente nas faces da cobertura visíveis da área interna do edifício. Deste modo, a análise de impacto visual, seria classificada como impacto moderado, pois as faces do telhado onde seriam posicionados os módulos seriam vistas apenas por observadores dentro da área do edifício. Esse cenário atingiria 34% da demanda da edificação e estariam dispostos 144 módulos FV na cobertura.

No Palacete Dr. Astrogildo de Azevedo, os módulos dispostos na cobertura totalizariam 20 unidades e atingiriam 16% da demanda da edificação. Esse cenário torna-se pouco atrativo, pois o tempo de retorno seria muito grande em relação ao investimento. Nessa situação, a análise de impacto visual seria classificada como nível baixo, pois a face do telhado onde estariam dispostos os módulos, não pode ser vista por observadores a pé, apenas em vistas aéreas.

O RTQ-C considera como bonificações, as iniciativas extras que gerem economia no consumo de energia. As fontes renováveis de energia, como eólica e fotovoltaica são consideradas estratégias e podem acrescentar pontos no nível de classificação de eficiência energética da edificação. O regulamento apresenta como condicionante, que o sistema garanta uma redução mínima de 10% no consumo anual de eletricidade. Como o sistema dimensionado nas edificações em estudo supera o índice imposto pelo regulamento, fez-se uma simulação junto ao WebPrescritivo para verificar se esta bonificação alteraria a classificação final das edificações.

Ambas as edificações atingiriam uma redução superior a 10% exigido pelo regulamento, fato que bonifica em 1 ponto na pontuação geral. A Tabela 24 apresenta os níveis atingidos com bonificações.

Tabela 24 - Níveis atingidos nas edificações com bonificação na classificação da Etiqueta Geral.

	Nível sem bonificação	Nível com bonificação FV
Colégio Manoel Ribas	C	B
Palacete Dr. Astrogildo de Azevedo	C	B

Fonte: Autora, 2019.

Observa-se que a instalação de um sistema fotovoltaico nas edificações aumentaria a eficiência energética e ambas apresentariam Etiqueta Geral de classificação nível B. A Figura 71 e Figura 72 demonstram os resultados do WebPrescritivo.

Figura 71 - Bonificações para o Colégio Manoel Ribas.

Bonificações	
Sistemas e equipamentos que racionalizem o uso de água.	Economia : 0 %
Sistemas ou fontes renováveis de energia (aquecimento de água).	Economia : 0 %
Sistemas ou fontes renováveis de energia (energia eólica ou fotovoltaica).	Economia : 84 %
Sistemas de cogeração e inovações técnicas ou de sistemas.	Economia : 0 %
Elevadores.	Classificação VDI 4707 : - ▾

Etiqueta Geral	
APT	1240.140 m ² (?)
ANC	1794.76 m ² (?)
EqNumV	1 (?)
b	1 (?)
<input type="button" value="Calcular Eficiência"/> <input type="button" value="Limpar"/>	
Pontuação: 3.54	

Fonte: LabEEE, 2019.

Figura 72 - Bonificações para o Palacete dr. Astrogildo de Azevedo.

Bonificações	
Sistemas e equipamentos que racionalizem o uso de água.	Economia : 0 %
Sistemas ou fontes renováveis de energia (aquecimento de água).	Economia : 0 %
Sistemas ou fontes renováveis de energia (energia eólica ou fotovoltaica).	Economia : 16 %
Sistemas de cogeração e inovações técnicas ou de sistemas.	Economia : 0 %
Elevadores.	Classificação VDI 4707 : - ▾

Etiqueta Geral	
APT	37.9 m ² (?)
ANC	254.899999999 m ² (?)
EqNumV	5 (?)
b	1 (?)
<input type="button" value="Calcular Eficiência"/> <input type="button" value="Limpar"/>	
Pontuação: 4.30	

Fonte: LabEEE, 2019.

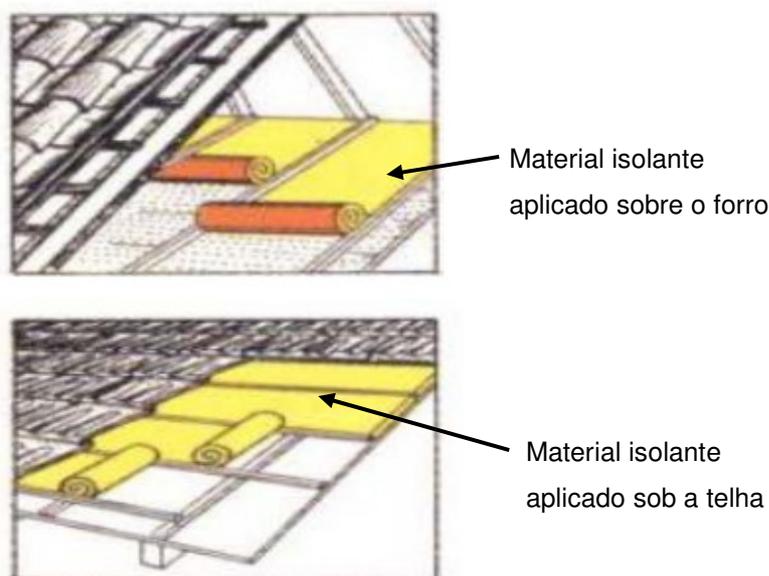
A análise demonstrou que a instalação de sistemas FV nas edificações estudadas, acarretaria melhoria na classificação da Pontuação Geral do nível de eficiência energética.

Dentre as alternativas de intervenção para beneficiar a classificação das edificações quanto ao nível de eficiência energética, segundo o RTQ-C, podemos elencar melhorias na envoltória, como substituição de materiais de cobertura, revestimento, aberturas, etc.

Uma alternativa para diminuir a transmitância térmica da cobertura das edificações é a instalação de um material isolante acima do forro em madeira, que pode ser aplicado sem prejuízo estético à edificação. O material pode ser composto de isolantes fibrosos como lã de rocha ou lã de vidro. Principais características apresentadas pelo material, são incombustíveis, resistente ao fogo e possuem alta absorção acústica (LAMBERTS, 201?)

A aplicação pode acontecer diretamente sob o forro em madeira ou podem ser aplicadas sob as telhas de cobertura, conforme Figura 73.

Figura 73 - Sugestão de aplicação de material isolante na cobertura.



Fonte: Lamberts, (201?).

No Colégio Manoel Ribas poderá ser aplicado sob a telha cerâmica que compõe a cobertura, e no Palacete Astrogildo de Azevedo pode ser colocado diretamente sobre o forro em madeira.

Como melhorias no sistema de iluminação podemos considerar a troca de luminárias e lâmpadas. A substituição de fios e cabos elétricos, também seriam ações que viriam a contribuir com a ampliação da classificação do nível de eficiência.

Nesta proposta foi feita somente a substituição do tipo de lâmpada e sua potência, por uma equivalente em LED. Não foram analisados fatores como sua eficiência luminosa, que são de extrema importância para o bom desempenho da atividade desenvolvida no ambiente. Neste estudo, preocupou-se apenas com a diminuição da potência instalada em Watts, para se conseguir melhor classificação no nível de iluminação da edificação.

As tabelas a seguir demonstram as potências instaladas nos ambientes do Colégio Manoel Ribas, e suas equivalências em LED (Tabela 25, Tabela 26, Tabela 27 e Tabela 28). A relação completa de lâmpadas instaladas atualmente na edificação encontra-se no Apêndice D deste trabalho.

Tabela 25 - Equivalência de lâmpadas LED primeiro pavimento Colégio Manoel Ribas

(continua)

Ambiente	Potência Instalada (W)	Equivalência lâmpadas LED (W)
Recepção	225	75
Secretaria	720	360
Lab. Informática	640	320
dep. Pessoal RH	160	80
Vice direção e SOE	480	240
Sala dos professores	960	480
Supervisão Escolar	480	240
Sup. Escolar e sala memorial	480	240
Escada canto esquerda	160	80
Direção	320	160
Tesouraria	160	80
Depósito	75	25
Escada biblioteca	160	80
Sala aula 1	720	360
Sala aula 2	720	360
Sala aula 3	720	360
Sala aula 4	720	360
Sala aula 5	640	320

(conclusão)

Sala aula 6	640	320
Sala aula 7	640	320
Audiovisual	480	240
Circulação	2240	1120
Sanitários masc.	240	120
Sanitários fem.	240	120
Circulação sanit.	150	50
Total (W)	13170	6510

Fonte: Autora, 2019.

Tabela 26 - Equivalência de lâmpadas LED segundo pavimento Colégio Manoel Ribas

(continua)

Ambiente	Potência (W)	Equivalência lâmpadas LED (W)
Escada biblioteca	160	80
Lab. Inform.	480	240
Audiovisual	320	160
Sala aula 8	720	360
Sala aula 9	720	360
Sala aula 10	720	360
Sala aula 11	720	360
Sala aula 12	720	360
Sala aula 13	720	360
Sala aula 14	640	320
Sala aula 15	640	320
Sala aula 16	480	320
Sala aula 17	640	320
Sala aula 18	480	240
Sala aula 19	640	320
Sala aula 20	720	360
Sala aula 21	720	360
Escada canto esq.	80	40
Circulação	2160	1080
Sala psicólogas	160	80
Sanitários masc.	240	120

(conclusão)

Sanitários fem.	240	120
Circulação sanitários	150	50
Total (W)	13270	6690

Fonte: Autora, 2019.

Tabela 27 - Equivalência de lâmpadas LED terceiro pavimento Colégio Manoel Ribas

Ambiente	Potência (W)	Equivalência lâmpadas LED (W)
Hall biblioteca	800	400
	240	120
Biblioteca	1200	600
	800	400
Arquivo	1600	800
	240	120
Memorial	2400	1200
	880	440
Total (W)	8160	4080

Fonte: Autora, 2019.

Tabela 28 - Equivalência de lâmpadas LED subsolo Colégio Manoel Ribas

(continua)

Ambiente	Potência (W)	Equivalência lâmpadas LED (W)
Salão nobre	1440	720
Palco	480	240
Camaram	80	40
Camarote	160	80
Sala de aula 22	480	240
Sala de aula 23	480	240
Sala prof. Ed. Física	400	200
Sala ginástica 1	480	240
Manutenção	80	40
Depósito	80	40
Cozinha	480	240

(conclusão)

Xerox	320	160
Sala 45	160	80
Sala 46	320	160
Sala de artes	640	320
Sala ginástica 2	800	400
Lab. Biologia	720	360
Lab. Física	480	240
Lab. Química	560	280
Circulação 1	1040	520
Circulação 2	320	160
Circulação 3	160	80
Escadas	160	80
Sanitários masc.	240	120
Sanitários fem.	240	120
Circulação sanit.	150	50
Total (W)	10950	5450

Fonte: Autora, 2019.

Substituindo-se todas as lâmpadas do Colégio Manoel Ribas a potência instalada reduz aproximadamente 50%, ficando definida conforme Tabela 29.

Tabela 29 - Equivalência das lâmpadas instaladas no Colégio Manoel Ribas

	Potência instalada (W)	Lâmpadas LED (W)
Primeiro Pavimento	13170	6510
Segundo pavimento	13270	6690
Terceiro pavimento	8160	4080
Subsolo	10950	5450
Total	45550	22730

Fonte: Autora, 2019.

Com o novo valor de potência instalada, foi mantido o nível C de classificação no sistema de iluminação da edificação, conforme Figura 74.

Figura 74 - Simulação de modificação do sistema de iluminação do Colégio Manoel Ribas.

-Iluminação-

Por áreas do edifício Por atividades do edifício

Pré-Requisitos de todos os ambientes

Divisão de circuitos Atende Não atende

Contribuição da luz natural Atende Não atende Não se aplica

Desligamento automático Atende Não atende Não se aplica

	- Atividade +	Nº. de Unidades	Pré-Requisitos por ambientes			Potência [W]	Área [m ²]
			Divisão de circuitos	Contribuição da luz natural	Desligamento automático		
1	Escola/Universidade	- 1 +	Atende	Não atende	Não se aplica	22730	5032.21

Calcular Eficiência

■ ■ ■ ■

* Desde que observados os pré-requisitos de divisão dos circuitos

Fonte: LABEEE, 2018.

A diminuição da potência instalada na edificação não alterou o resultado do nível de classificação do sistema de iluminação, pois os pré-requisitos não foram modificados. Observa-se então, que mesmo diminuindo o consumo, a alteração do nível de eficiência somente ocorrerá com modificações estruturais nas instalações elétricas da edificação.

No Palacete Astrogildo de Azevedo, as potências instaladas nos ambientes e suas respectivas equivalências estão demonstradas na Tabela 30 e Tabela 31. A relação completa de lâmpadas instaladas atualmente na edificação encontra-se no Apêndice I deste trabalho.

Tabela 30 - Equivalência de lâmpadas LED no Primeiro pavimento do Palacete Dr. Astrogildo de Azevedo.

(continua)

Ambiente	Potência (W)	Equivalência em LED
Portaria	10	10
Sala UFSM	640	320
Sala UFSM	640	320
Exp. Temporária	30	30
Sala Dr. Mariano	60	60
Sanitário	40	15
Escada	40	15
Arqueologia	40	15

(conclusão)

Numismática	320	160
Secretaria	640	320
Direção	640	320
Sala Conde Poa	40	15
Circulação/ Inst. e maq.	800	400
TOTAL (W)	3940	2000

Fonte: Autora, 2019.

Tabela 31 - Equivalência de lâmpadas LED no segundo pavimento do palacete Astrogildo de Azevedo.

Ambiente	Potência (W)	Equivalência em LED
Armaria	640	320
Zoologia III	640	320
Zoologia I	160	80
Paleontologia I	320	160
Paleontologia II	640	320
Zoologia II	960	480
Reserva Técnica	320	160
Reserva Tec. e Lab.	120	60
TOTAL	3800	1900

Fonte: Autora, 2019.

Algumas lâmpadas instaladas atualmente no palacete Dr. Astrogildo de Azevedo são LED. Substituindo-se as demais lâmpadas da edificação, a potência instalada reduz aproximadamente 50%, ficando definida conforme Tabela 32.

Tabela 32 – Potências equivalentes no Palacete Dr. Astrogildo de Azevedo

	Potência Instalada (W)	Lâmpadas LED (W)
Primeiro Pavimento	3940	2000
Segundo Pavimento	3800	1900
Total (W)	7740	3900

Fonte: Autora, 2019.

Com o novo valor de potência instalada, foi atingido o nível C de classificação no sistema de iluminação da edificação, que anteriormente era nível E, conforme Figura 75. Observa-se, que neste caso, a mudança é válida, mas maiores níveis de certificação somente seriam atingidos com alterações no sistema elétrico do edifício.

Figura 75 - Simulação de modificação do sistema de iluminação do Palacete Dr. Astrogildo de Azevedo.

Iluminação

Por áreas do edifício Por atividades do edifício

Pré-Requisitos de todos os ambientes

Divisão de circuitos Atende Não atende

Contribuição da luz natural Atende Não atende Não se aplica

Desligamento automático Atende Não atende Não se aplica

	- Atividade +	Nº. de Unidades	Pré-Requisitos por ambientes			Potência [W]	Área [m ²]
			Divisão de circuitos	Contribuição da luz natural	Desligamento automático		
1	Museu	- 1 +	Atende	Não atende	Não se aplica	3900	441.69

Calcular Eficiência Limpar

■ ■ **C** ■ ■

* Desde que observados os pré-requisitos de divisão dos circuitos

Fonte: LABEEE, 2018.

No sistema de ar condicionado, pode-se considerar como melhoria a troca dos aparelhos de ar por unidades mais eficientes e com selo de classificação A, conforme análise do INMETRO, índice que contribui para a ampliação da classificação. O sistema de condicionamento do ar tem peso maior na classificação da pontuação geral das edificações, o que poderia contribuir consideravelmente com o aumento da eficiência energética. Para esta substituição seria necessário também, um cálculo de potência ideal para cada ambiente e dimensionamento térmico, o que viria a trazer benefícios para a classificação do nível do sistema de condicionamento do ar.

5 CONCLUSÕES

O presente estudo analisou duas edificações históricas do município de Santa Maria quanto à eficiência energética e à integração com sistemas fotovoltaicos.

Apontam-se algumas limitações quanto à obtenção de dados relativos aos edifícios, principalmente em relação as suas envoltórias. Itens como transmitância das paredes e da cobertura necessitam de análises mais aprimoradas e, em alguns casos, ensaios em laboratório, o que em edificações históricas são ainda mais específicas de serem analisadas, pois até mesmo a coleta de pequenas amostras pode ser considerada como descaracterização das suas qualidades originais e dano ao patrimônio.

A avaliação das edificações por meio do RTQ-C permitiu verificar que o método prescritivo realiza uma análise onde é possível perceber os itens que comprometem a edificação, quanto à classificação do nível de eficiência. Mas apresenta-se como uma limitação ao estudo, pois o método de simulação é mais completo a medida que permite a inserção de dados variados e a relação entre as características do edifício e o clima durante as várias horas do dia.

Ambas as edificações analisadas obtiveram níveis de classificação muito próximos, e o Colégio Manoel Ribas e o Palacete Dr. Astrogildo de Azevedo foram classificadas como nível C, na Etiqueta Geral da classificação do nível de eficiência energética.

No Colégio Manoel Ribas e no Palacete Dr. Astrogildo de Azevedo, observou-se que sua classificação foi prejudicada pela transmitância da cobertura, o que fez com que as edificações atingissem nível E de classificação no sistema da envoltória. Esse fato tem relação com os materiais que compõem a cobertura de ambas as edificações, telhas de barro e forro em madeira. Alterações nesses materiais podem vir a contribuir com uma nova classificação no nível de eficiência energética. Mas, muitas vezes, a simples substituição pode vir a descaracterizar os edifícios, ficando muito perceptível. Uma alternativa para diminuir a transmitância térmica da cobertura das edificações é a instalação de um material isolante acima do forro em madeira, que pode ser aplicado sem prejuízo estético à edificação.

Na avaliação do sistema de iluminação, o Colégio Manoel Ribas obteve nível C, enquanto o Palacete Dr. Astrogildo de Azevedo alcançou nível E. Esse fato está relacionado à carga de iluminação instalada na edificação. A partir das visitas in loco,

identificou-se que o Palacete Dr. Astrogildo de Azevedo já utiliza-se de lâmpadas LED, o que se fez somente substituindo algumas luminárias em ambientes onde foram instaladas as lâmpadas.

Foi simulada a substituição das lâmpadas da edificação por lâmpadas LED. No Colégio Manoel Ribas a classificação do nível de eficiência no sistema de iluminação manteve-se C, não observando alteração neste índice. Mesmo diminuindo o consumo, a provável alteração desta classificação só ocorreria com modificações estruturais nas instalações elétricas da edificação.

No Palacete Dr. Astrogildo de Azevedo a classificação do sistema de iluminação variou de E para C com a substituição de todas as lâmpadas do edifício por LED. Observa-se, neste caso, que a mudança é válida, mas maiores níveis de certificação somente seriam atingidos com alterações no sistema elétrico. .

Quanto ao sistema de condicionamento de ar, o Colégio Manoel Ribas e o Palacete Dr. Astrogildo obtiveram níveis C e B, respectivamente.

Alterações nos sistemas de iluminação e ar condicionado apresentam-se como os mais indicados para ampliar a classificação do nível de eficiência energética, pois são os que podem oferecer menor custo de intervenção e grande benefício. Intervenções na envoltória podem vir a descaracterizar a edificação histórica e devem ser aprovadas pelos órgãos de defesa do patrimônio, que analisa caso a caso e dá parecer favorável ou não as alterações.

Nas edificações históricas, as alterações de características construtivas são mais limitadas e dependem da tipologia arquitetônica, já que podem comprometer sua percepção visual. Dessa forma, para que essas edificações tornem-se eficientes, uma alternativa seria a implantação de medidas de conservação de energia, como alterações nas rotinas de uso e ocupação dos ambientes, intervenções ou substituição de equipamentos existentes, conforme indica Mendonça (2014), em seu estudo.

Quanto à simulação fotovoltaica, constatou-se que a análise de sombreamento vem a ser uma importante verificação a ser feita, anteriormente a proposição do sistema fotovoltaico. Principalmente se a edificação está inserida em meio urbano denso. Muitas edificações históricas atualmente estão inseridas em meio urbano, e o seu entorno veio sendo modificado ao longo do tempo. Nas edificações selecionadas para estudo, o Palacete Dr. Astrogildo de Azevedo se encontra no meio urbano, constatando-se um sombreamento provindo de edifícios do entorno, o que prejudica a proposição do sistema fotovoltaico, pois limita a área disponível de cobertura para

disposição deste. Já o edifício do Colégio Manoel Ribas, que está implantado em lote isolado, não foi prejudicado com o sombreamento de edificações do entorno. Nele, observa-se somente sombreamento ocasionado por elementos da própria edificação, o que não vem a comprometer a disposição dos módulos FV na cobertura.

Quanto à disposição dos módulos na cobertura, o Colégio Manoel Ribas desfruta de toda a área de cobertura, que conforme a análise de sombreamento, possui mais horas de insolação. Por sua vez o Palacete Dr. Astrogildo de Azevedo dispõe somente da área frontal de sua cobertura, devido ao sombreamento ocasionado pelas edificações do entorno, que ocorre na maior parte dos horários analisados nas demais áreas.

A integração de um sistema fotovoltaico na cobertura do Colégio Manoel Ribas supriria 84 % da demanda de energia elétrica da edificação, mas a disposição de módulos ficaria visível da fachada principal. Trata-se de uma proposição de alto impacto visual. Algumas alternativas podem ser propostas para que a integração de sistemas FV sejam de menor impacto visual, como a disposição dos módulos somente em locais onde não sejam visíveis da fachada principal, ou até a escolha de um outro local para implantação do sistema. Ela possui outras edificações em seu conjunto que podem ser utilizadas, basta uma análise para verificar a possibilidade. O Colégio Manoel Ribas já passou por intervenções anteriores, incluindo anexos em sua construção, o que não descaracterizou a edificação.

No Palacete Dr. Astrogildo de Azevedo o sistema FV proposto supriria apenas 16% da demanda da edificação. Seu funcionamento em apenas parte do dia, comprometeria o tempo de retorno do investimento. Sendo assim, acredita-se que simples ações como melhoria do sistema de iluminação, substituição de lâmpadas e cabos elétricos poderiam reduzir o consumo energético da edificação, o que poderia acarretar em um aumento no percentual de geração por parte do sistema FV.

Chiabrando et al (2009) indicam que a percepção visual dos módulos tem difícil aceitação com edificações históricas. Os autores ressaltam que essa limitação é essencialmente pela estética visual, ou seja, se forem utilizadas de forma não perceptível das fachadas, ou então com o uso de tecnologias que mimetizem aos materiais das edificações, poderiam ter impacto visual menor nas edificações. Chivelet e Solla, (2010) indicam que as integrações com melhor aceitação são aquelas em que o módulo fotovoltaico não é visível no edifício, ou não é notado a partir da visualização de suas fachadas.

No Colégio Manoel Ribas, poderiam ser utilizadas as faces internas da cobertura, somente visíveis do pátio da edificação e no Palacete Dr. Astrogildo de Azevedo a platibanda que acompanha a parte frontal da edificação cobriria grande parte dos módulos. A integração de novas tecnologias, em edificações históricas, deve ser analisada pelos órgãos de preservação do patrimônio, seja na esfera federal, estadual ou municipal.

Fontes renováveis de energia (energia solar fotovoltaica) são consideradas pelo RTQ-C como bonificações (INMETRO, 2017). Supondo a instalação de um sistema fotovoltaico para geração de energia elétrica nas edificações, os níveis de eficiência energética de ambas seriam modificados. As duas edificações selecionadas para análise, atingiriam nível B na Etiqueta Geral.

Esse índice representa o desempenho das edificações históricas, levando em consideração o fato destas ainda manterem algumas características da época de sua construção, como telhas cerâmicas na cobertura, janelas em madeira sem vedação adequada e ambientes com forro em madeira. As edificações passaram por reformas, mas nunca visando à eficiência energética e adaptação às reais necessidades de diminuição de consumo energético. É possível pensar em estratégias que visem ao desempenho energético destes edifícios, como as ações citadas, que não descaracterizem o patrimônio e não interfiram no impacto visual das edificações.

Acredita-se que a eficiência energética nos edifícios históricos analisados não atingiu níveis mais satisfatórios, devido ao fato dessas edificações ainda não apresentarem preocupação com a eficiência energética, o que segundo Lamberts et al (2014), deveria ser um atributo intrínseco à edificação, capaz de possibilitar conforto térmico, acústico e visual aos seus usuários, com baixo consumo de energia.

Conclui-se que várias mudanças são possíveis, desde de que observadas as intenções dos projetistas e a análise dos órgãos de preservação do patrimônio.

A utilização de novas tecnologias e a preocupação com a eficiência energética são intervenções possíveis de serem realizadas em edifícios históricos sem, com isto, descaracterizar a edificação. Resultam em propostas que visem minimizar o impacto ambiental, já que mantem as edificações em uso, sem necessidade de novas construções, e faz com que os edifícios históricos continuem desempenhando seu papel no contexto urbano: representar a herança cultural e a memória de um povo.

6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Ao término da pesquisa, busca-se sugerir considerações sobre trabalhos futuros relativos à eficiência energética, geração fotovoltaica e edifícios históricos. A partir deste trabalho, sugere-se que trabalhos futuros abordem:

- Classificação das edificações selecionadas, quanto ao nível de eficiência energética, pelo Método de Simulação do RTQ-C;
- Verificação de possíveis alterações na classificação da eficiência energética, decorrentes do uso de lâmpadas LED nas edificações;
- Análise de outras edificações históricas, segundo o Método Prescritivo do RTQ-C.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220: Desempenho térmico de edificações**. Rio de Janeiro, 2005.

ANEEL. Cadernos Temáticos ANEEL 2015. **Micro e Minigeração Distribuída**. Sistema de compensação de Energia Elétrica. 2ª Edição. Brasília, DF, 2016. Disponível em <http://www.aneel.gov.br/documents/656877/14913578/Caderno+tematico+Micro+e+Minigera%C3%A7%C3%A3o+Distribuida+-+2+edicao/716e8bb2-83b8-48e9-b4c8-a66d7f655161>. Acesso em 10/mar/2018.

ANEEL. **REN 482**. Disponível em <<http://biblioteca.aneel.gov.br/index.html>>. Acesso em 19 de novembro de 2017.

_____. **REN 687**. Disponível em <<http://biblioteca.aneel.gov.br/index.html>>. Acesso em 19 de novembro de 2017

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-3, Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social**. 2013 Disponível em http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/projetos/normalizacao/Termica_parte3_S ET2004.pdf. Acesso em 10/mar/2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1, Edificações Habitacionais Desempenho. Parte 1, Requisitos gerais**. 2008. Disponível em <https://www.abntcatalogo.com.br/curs.aspx?ID=157> Acesso em 10/mar/2017.

BEN. **Balanco Energético Nacional**, 2018. Disponível em: <http://epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2018>. Acesso em 05/jan/2019.

BELTRAMI, A. M. **Projeto de Restauração do Colégio Manoel Ribas**, in Anais do Seminário Território, Patrimônio e Memória. ICOMOS/ UFSM, 2001.

BRAGA, M. (Org.) **Conservação e Restauo: Arquitetura**. Livro 03. Rio de Janeiro: Ed. Rio, 2003. 128 p.

BRANDI, C. **Teoria da Restauração**. Tradução Beatriz Mugayar Kuhl. Cotia, S.P. Ateliê Editorial, 2005. 261 p.

BRASIL. **Decreto Lei nº 25** de 30 de novembro de 1937. Organiza a proteção do patrimônio histórico e artístico nacional, 2018. Disponível em: http://portal.iphan.gov.br/uploads/legislacao/Decreto_no_25_de_30_de_novembro_d_e_1937.pdf. Acesso em 10/mar/2017.

BRASIL. **Lei 10295/2001**. Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, 2001. Disponível em: http://www.inmetro.gov.br/painelsetorial/palestras/Eficiencia_Energetica_Edificacoes_Procel_Edifica_Fernando_Dias_Perrone.PDF. Acesso em 10/mar/2017.

BRASIL. **Instrução Normativa nº 2 de 04 de junho de 2014**. Dispõe sobre regras para a aquisição ou locação de máquinas e aparelhos consumidores de energia pela Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional, e uso da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) nos projetos e respectivas edificações públicas federais novas ou que recebam retrofit, 2014. Disponível em: <https://www.comprasgovernamentais.gov.br/index.php/legislacao/instrucoes-normativas/304-instrucao-normativa-n-2-de-04-de-junho-de-2014>. Acesso em 10/mar/2017.

BRENNER, J. A. **Brenner de Santa Maria**. Disponível em <http://brennerdesantamaria.blogspot.com.br/2013/12/palacete-astrogildo-de-azevedo-um.html> . Acesso em 28/fev/18.

CHIABRANDO, R.; FABRIZIO, E.; GARNERO, G. **The territorial and landscape impacts of photovoltaic systems**: Definition of impacts and assessment of the glare risk. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* [S.l.], v. 13, n. 9, p. 2441-2451, 2009.

CHIVELET, N. M.; SOLLA, I. F. **Técnicas de vedação fotovoltaica na arquitetura**. Tradução de Salvaterra, A. Porto Alegre: Bookman, 2010.

CONSTRUTURA URBANA. **Documentos relativos a reforma do Colégio Manoel Ribas**, Santa Maria RS. Porto Alegre, 2018.

DALTROZO, J. G. **Análise comparativa das avaliações do RTQ-C e do RTQ-R para uma edificação hoteleira**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2018.

DORNELLES, K., A. **Absortância solar de superfícies opacas**: métodos de determinação e base de dados para tintas látex, acrílica e PVA. 2008. Tese (Doutorado - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo). Universidade Estadual de Campinas, SP, 2008.

FLORES, J. R .A. **Fragmentos da história ferroviária brasileira**. Santa Maria: Editora Pallotti, 2007.

_____, **Os trabalhadores da V.F.R.G.S**: profissão mutualismo, cooperativismo. Santa Maria: Editora Pallotti, 2008.

FOLETTTO, V. (org.) **Apontamentos sobre a história da arquitetura de Santa Maria**. Santa Maria: Editora Pallotti, 2008.

GAKLIK, E. S. **Jardim Histórico do palacete do Dr. Astrogildo de Azevedo**: mapeamento de manifestação patológicas e métodos de limpeza. 2012. 185 p. Dissertação (Mestrado Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Preservação Ambiental) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2012.

GASPARY, F .P. **O retrofit sustentável como uma estratégia para a reabilitação consciente do patrimônio cultural arquitetônico**. 2012. 131 p. Dissertação

(Mestrado em Patrimônio Cultural) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2012.

GELLER, H. S. **Revolução energética: políticas para um futuro sustentável**. Rio de Janeiro. Editora Relume Dumará, 2003.

GHIRARDELLO, N. & SPISSO, B.(org.) **Patrimônio histórico: como e por que preservar**. Colaboradores: Gerson Geraldo Mendes Faria [et al.]. - Bauru, SP: Canal 6, 2008.

GONÇALVES, M. A .L. **Eficiência energética em edifícios históricos**. 2015. 343 p. Dissertação (Mestrado Integrado em Arquitetura) – Instituto Superior Técnico, Lisboa, Portugal, 2015.

GUIMARÃES, M. E. **Uma análise para retrofit da envoltória tombada visando a eficiência energética do Aeroporto Santos Dumont** - Rio de Janeiro. 2017. 158 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo - Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2017.

IEA. **International Energy Agency**, 2016. Disponível em <http://www.iea.org>. Acesso em 21 de novembro de 2017.

_____. **PV database. IEA PVPS task 10**, 2016. Disponível em: <<http://www.pvdatabase.org/index.php>> Acesso em 19 de setembro de 2017.

INMETRO - **Manual de Aplicação dos Requisitos Técnicos da Qualidade – RTQ-C e Regulamento de Avaliação da Conformidade RAC-C**. Eletrobrás, 2010a.

INMETRO, **Manual de aplicação do RTQ-C**. Versão 4, 2017. Disponível em http://pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/comercial/downloads/manualv02_1.pdf. Acesso em 01/ago/2018.

INMETRO, **Portaria nº50 de 01 de fevereiro de 2013**. Disponível em <http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC001961.pdf> Acesso em 01/ago/2018.

_____. **Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos**, RTQ-C. Eletrobrás, 2010b.

_____, **Tabela de Eficiência Energética**. Sistema de Energia Fotovoltaica, Módulos - Edição 2017, disponível em http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/tabela_fotovoltaiico_modulo.pdf.

IPHAN, Instituto do Patrimônio Artístico e Histórico. **Cartas Patrimoniais**. Disponível em <http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/226>. Acesso em 25/fev/2018.

IPHAN, Instituto do Patrimônio Artístico e Histórico. **Manual de elaboração de projetos**. Programa Monumenta. Cadernos Técnicos. Brasília, DF 2005. Disponível em

http://portal.iphan.gov.br/uploads/publicacao/CadTec1_Manual_de_Elaboracao_de_Projetos_m.pdf. Acesso em 25/fev/2018.

IPHAE-RS, Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Estadual. **Patrimônio Edificado** - Considerações sobre sua preservação. 2ª edição, 2009.

_____. **Cartilha Tombamento IPHAE/RS.** Disponível em <http://www.iphae.rs.gov.br/Main.php?do=DownloadDetalhesAc&item=51100> .Acesso em 05/abr/2019.

KNOP, S. **Comportamento termo energético de edificação histórica com novo uso na cidade de Pelotas:** O Caso do Casarão 02 – Secretaria Municipal da Cultura. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo. UFPEL, Pelotas, 2012.

KÜHL, B. M. **Notas sobre a Carta de Veneza.** In. Anais do Museu Paulista, 2010, vol.18, n.2, pp. 287-320.

LAMBERTS, R., DUTRA L., PEREIRA F. **Eficiência energética na arquitetura,** 3ª Edição, Editora: ELETROBRAS/PROCEL, 2014.

LAMBERTS, R. **Desempenho Térmico de edificações** Aula 9: Desempenho térmico de paredes e coberturas. ECV 5161. UFSC, FLORIANÓPOLIS, 201?. Disponível em <<http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/Aula-desempenho%20termico%20paredes%20e%20coberturas.pdf>>. Acesso em 05/abr/2019.

LABEEE. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. WebPrescritivo. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2018. Disponível em <<http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/webprescritivo/index.html>>

LIRA, F .B., **Por uma agenda de discussões sobre a conservação da Arquitetura Moderna,** artigo, 2008.

LOPES, C. E. J. **A vila Belga.** in Anais do Seminário Território, Patrimônio e Memória. ICOMOS/ UFSM, 2001.

MENDONÇA, A. M. de. **Caracterização do estoque de edificações históricas de uso institucional ou público localizadas em Florianópolis com relação ao consumo de eletricidade.** Dissertação (Mestrado Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2014.

MMA. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Eficiência Energética:** guia para etiquetagem de edifícios: Volume 2. Brasília: MMA, 2015. 70 p.

_____. **Guia Prático de Eficiência Energética:** Reunindo a experiência prática do projeto de etiquetagem. Ministério do Meio Ambiente e Ministério da Cultura. Brasília: MMA, 2014. 93 p.

NORCIA, E. **Sala das audiências pontifícias Pier Luigi Nervi**. 2014. Disponível em <http://www.archidiap.com/opera/aula-delle-udienze-pontificie/>. Acesso em 01/05/2018.

OLIVEIRA, A. R. **A reforma do Reichstag. Transparência e acessibilidade pública em um edifício energeticamente eficiente**. *Drops*, São Paulo, ano 06, n. 012.06, Vitruvius, ago. 2005 Disponível em <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/drops/06.012/1661>. Acesso em 26/abr/2018.

PEREIRA, E. B., MARTINS, F.R., ABREU, S.L., RÜTHER, R. **Atlas brasileiro de energia solar**. – 2ª Edição – São José dos Campos: INPE, 2017.

PINHO, J. T., & GALDINO, M. A. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: CEPEL – CRESESB, 2014. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf>. Acesso em 19/set/2017.

REIS, L. B. dos, FADIGAS, E. A. A, CARVALHO, C. E. **Energia, recursos naturais e a prática do desenvolvimento sustentável**. Barueri, São Paulo. Editora Manole Ltda. 2ª Edição, 2009.

REN 21, 2018. **Renewables 2018 Global Status Report** (Paris: REN21 Secretariat). ISBN 978-3-9818911-3-3. Disponível em http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2018/06/17-8652_GSR2018_FullReport_web_final_.pdf. Acesso em 05/jan/2019.

ROMERO, M. H. N. **O memorial do Colégio Manoel Ribas um diagnóstico para o planejamento museológico**. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2017.

RÜTHER, R. **Edifícios solares fotovoltaicos: o potencial da geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligada à rede elétrica pública no Brasil**. Florianópolis: LABSOLAR, 2004.

SALAMONI, I. T. **Metodologia para cálculo de geração fotovoltaica em áreas urbanas aplicada a Florianópolis e Belo Horizonte**. Dissertação (Mestrado - Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

SANTA MARIA. **Prefeitura Municipal de Santa Maria**. Disponível em: <<https://www.santamaria.rs.gov.br/noticias/8311-conselho-municipal-de-patrimonio-historico-e-cultural-de-santa-maria-atua-com-nova-diretoria>>. Acesso em 07/mar/2018.

SANTOS, I. P. **Desenvolvimento de ferramenta de apoio à decisão em projetos de integração solar fotovoltaica à arquitetura**. 2013. Tese (Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2013.

SCHLEE, A. R. **A mancha ferroviária de Santa Maria**, in Anais do Seminário Território, Patrimônio e Memória. ICOMOS/ UFSM, 2001.

SERPA, F. B. **A segurança contra incêndio como abordagem de Conservação do patrimônio histórico edificado**: a aplicação do sistema de projeto baseado em desempenho em edifícios históricos em Florianópolis, SC. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC - Florianópolis, SC, 2009.

SILVA, M. E. **Impacto do novo uso do microclima e no estado de conservação de edificações históricas recicladas**. 2017. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, 2017.

SOUZA, F. G. de; ROCCA G. A. D.; FERREIRA. F. C.S; STEFENON, S. F.; ARRUDA. P. **Análise de viabilidade econômica da substituição de lâmpadas comuns por econômicas e tecnologia LED em residências**. Revista Espacios. Vol. 38 (Nº 51) Ano 2017. Pág. 17. ISSN 0798 1015, 2017.

TREICHEL. S. Z. **Avaliação do desempenho térmico da arquitetura pomerana da Serra dos Tapes**: estudo no quarto distrito de São Lourenço do Sul – RS, 2018 Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) — Programa de Pós-Graduação Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Pelotas, 2018.

UFRGS. **Radiasol. Laboratório de Energia Solar**. Colégio de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em <http://www.solar.ufrgs.br>. Acesso em 20 de junho de 2017.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA. **Museu Gama d'Eça**. Santa Maria, 2018. Disponível em:< <http://coral.ufsm.br/mgd/intro.html>>. Acesso em 02/mar/2018.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA. **PROINFRA**. Pro Reitoria de Infraestrutura, Santa Maria, RS. 2018.

VIANNA, E. O. **Integração de tecnologia fotovoltaica em edifícios públicos**: O caso do fórum de Palmas, TO. Universidade de Brasília, DF, 2010.

VINAGRE, M. V. A., LONGO, F. M. V., NASCIMENTO A. C., BLASQUES L. C. M., FRANÇA, F. R.R. **Energia solar fotovoltaica em edifícios históricos em Belém do Pará**, Periódico Cadernos de Arquitetura e Urbanismo, 2016. Disponível em <<http://periodicos.pucminas.br/index.php/Arquiteturaeurbanismo/article/view/15692>>. Acesso em 07/mar/2018.

ZOMMER, C. D. **Método de estimativa da influência do sombreamento parcial na geração energética de sistemas solares fotovoltaicos integrados em edificações**. Tese (Doutorado) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2014.

APÊNDICE A - PONDERAÇÃO DA TRANSMITÂNCIA DAS PAREDES EXTERNAS DO COLÉGIO MANOEL RIBAS

$U = \text{área fachada} * U_{par} / \text{área total paredes}$

$A_1 = 2173,76 \text{ m}^2$

$A_2 = 2077,12 \text{ m}^2$

Transmitância total = $((A_1 * U_1) + (A_2 * U_2)) / (A_1 + A_2)$

$U = 1,976362541$

APÊNDICE B - PERCENTUAL DE ABERTURA DA FACHADA DO COLÉGIO MANOEL RIBAS

Aberturas Fachada Oeste			
Número	Dimensões	Quantidade	Total (m ²)
J14	1,00 X 0,70	9	6,3
J04	1,20 X 2,45	3	8,82
J15	1,20 X 2,45	2	5,88
J17	1,20 X 0,70	1	0,84
J19	1,20 X 2,45	3	8,82
			30,66

Aberturas Fachada Sul			
Número	Dimensões	Quantidade	Total (m ²)
J03	1,35 X 0,80	37	39,96
J16	1,35 X 2,45	46	152,145
J20	1,35 X 2,45	47	155,4525
J01	1,20 x 2,45	8	23,52
J02	1,20 X 0,80	2	1,92
J23	1,15 X 0,75	11	9,4875
PO32	1,30 X 2,10	1	2,73
PO33	1,80 X 3,70	1	6,66
PO02	1,10 X 3,45	1	3,795
			395,67

Aberturas Fachada Norte			
Número	Dimensões	Quantidade	Total (m ²)
J11	1,05 X 1,95	9	18,4275
J18	1,35 x 2,05	44	121,77
J22	1,35 X 1,40	45	85,05
J12	0,75 X 0,50	2	0,75
J13	1,10 X 1,50	2	3,3
J23	1,15 X 0,75	18	15,525
PO03	1,10 X 2,85	1	3,135
PO34	2,00 X 3,45	1	6,9
			254,8575

Aberturas Fachada Leste			
Número	Dimensões	Quantidade	Total (m ²)
J12	0,75 X 0,50	2	0,75
J18	1,35 X 2,05	2	5,535
J22	1,35 X 1,40	2	3,78
			10,065

Ponderações

Fachada Oeste	
Área (m ²)	264,59
Aberturas (m ²)	30,66
Percentual 1	0,1158774

Fachada Sul	
Área (m ²)	1942,92
Aberturas (m ²)	395,67
Percentual 2	0,203647

Fachada Norte	
Área (m ²)	1812,53
Aberturas (m ²)	254,8575
Percentual 3	0,140609

Fachada Leste	
Área (m ²)	230,84
Aberturas (m ²)	10,065
Percentual 4	0,043601629

Área Total de fachada (m²) = 4250,88

PAF = $\frac{\text{área abertura total}}{\text{área de fachada total}}$

PAF = $\frac{691,2525}{4250,88}$

PAF total	0,162614
PAF Oeste	0,115877

APÊNDICE C - RELAÇÃO DE ÂNGULOS HORIZONTAIS DE SOMBREAMENTO DO COLÉGIO MANOEL RIBAS

1º Pavimento				
Abertura	Âng de sombr (°)	Área abert (m ²)	Orientação solar	AHS*Aabertura*Qtidade
1	12,72	2,77	Norte	35,20
2	21,29	2,77	Norte	58,92
3	21,59	2,77	Norte	59,75
4	22,05	2,77	Norte	61,02
5	22,41	2,77	Norte	62,02
6	22,93	2,77	Norte	63,46
7	23,29	2,77	Norte	64,46
8	23,85	2,77	Norte	66,00
9	24,23	2,77	Norte	67,06
10	24,84	2,77	Norte	68,74
11	25,25	2,77	Norte	69,88
12	25,91	2,77	Norte	71,71
13	26,36	2,77	Norte	72,95
14	41,26	2,77	Norte	114,19
15	36,75	2,77	Norte	101,69
16	32,19	2,77	Norte	89,09
17	30,34	2,77	Norte	83,97
18	28,52	2,77	Norte	78,93
19	27,72	2,77	Norte	76,70
20	26,91	2,77	Norte	74,46
21	26,61	2,77	Norte	73,64
22	26,38	2,77	Norte	73,01
23	26,37	2,77	Norte	72,98
24	26,54	2,77	Norte	73,44
25	26,68	2,77	Norte	73,82
26	27,04	2,77	Norte	74,83
27	27,35	2,77	Norte	75,68
28	27,94	2,77	Norte	77,31
29	28,37	2,77	Norte	78,50
Total 1		80,26		2113,40

1º Pavimento				
Abertura	Âng de sombr (°)	Área abert (m ²)	Orientação solar	AHS*Aabertura*Qtidade
30	47,33	2,77	Norte	131,10
31	50,49	2,77	Norte	139,86
32	57,55	2,77	Norte	159,41

33	46,75	2,77	Norte	129,50
34	39,27	2,77	Norte	108,78
35	38,67	2,77	Norte	107,12
36	37,51	2,77	Norte	103,90
37	36,95	2,77	Norte	102,35
38	35,88	2,77	Norte	99,39
39	35,36	2,77	Norte	97,95
40	34,33	2,77	Norte	95,09
41	33,89	2,77	Norte	93,88
	Total 2	33,24		1368,32

2º Pavimento

Abertura	Âng de sombr (°)	Área abert (m ²)	Orientação solar	AHS*Abertura*Qtade
42	12,72	1,89	Norte	24,04
43	21,29	1,89	Norte	40,24
44	21,59	1,89	Norte	40,81
45	22,05	1,89	Norte	41,67
46	22,41	1,89	Norte	42,35
47	22,93	1,89	Norte	43,34
48	23,29	1,89	Norte	44,02
49	23,85	1,89	Norte	45,08
50	24,23	1,89	Norte	45,79
51	24,84	1,89	Norte	46,95
52	25,25	1,89	Norte	47,72
53	25,91	1,89	Norte	48,97
54	26,36	1,89	Norte	49,82
55	41,26	1,89	Norte	77,98
56	36,75	1,89	Norte	69,45
57	32,19	1,89	Norte	60,84
58	30,34	1,89	Norte	57,34
59	28,52	1,89	Norte	53,90
60	27,72	1,89	Norte	52,38
61	26,91	1,89	Norte	50,85
62	26,61	1,89	Norte	50,29
63	26,38	1,89	Norte	49,86
64	26,37	1,89	Norte	49,84
65	26,54	1,89	Norte	50,15
66	26,68	1,89	Norte	50,42
67	27,04	1,89	Norte	51,11
68	27,35	1,89	Norte	51,68
69	27,94	1,89	Norte	52,80
70	28,37	1,89	Norte	53,61
	Total 3	54,81		1443,30

2º Pavimento

Abertura	Âng de sombr (°)	Área abert (m ²)	Orientação solar	AHS*Aabertura*Qtidade
71	49,93	1,89	Norte	94,37
72	55,21	1,89	Norte	104,34
73	46,89	1,89	Norte	88,62
74	41,19	3,31	Norte	136,24
75	40,35	3,31	Norte	133,46
76	39,52	3,31	Norte	130,71
77	38,75	3,31	Norte	128,17
78	37,97	3,31	Norte	125,59
79	37,24	3,31	Norte	123,17
80	36,54	3,31	Norte	120,86
81	35,24	3,31	Norte	116,56
82	34,56	3,31	Norte	114,31
83	33,94	3,31	Norte	112,26
84	32,75	3,31	Norte	108,32
85	32,20	3,31	Norte	106,50
Total 4		45,36		1743,45

Subsolo

Abertura	Âng de sombr (°)	Área abert (m ²)	Orientação solar	AHS*Aabertura*Qtidade
86	20,97	2,05	Norte	42,94
87	21,40	2,05	Norte	43,82
88	22,59	2,05	Norte	46,25
89	23,09	2,05	Norte	47,28
90	23,78	2,05	Norte	48,69
91	25,44	2,05	Norte	52,09
92	31,66	2,05	Norte	64,82
93	52,45	2,05	Norte	107,39
94	73,28	2,05	Norte	150,04
Total 5		18,43		603,32

AHS* Área abertura	7271,79
Área abertura total	232,1
AHS Total	31,33041792

APÊNDICE D - RELAÇÃO DE LÂMPADAS E LUMINÁRIAS, POR AMBIENTES, DO COLÉGIO MANOEL RIBAS.

Primeiro Pavimento			
Ambiente	Área (m ²)	Tipo de lâmpada	Potência (W)
Recepção	42,95	3 fluorescentes compacta 75 W cada	225
Secretaria	46,04	9 conj. 2 lamp. Fluoresc. Tubulares 40 W cada	720
Lab. Informática	56,56	8 conj. 2 lamp. Fluoresc.tubulares 40 W cada	640
dep. Pessoal RH	16,88	2 conj. 2 lamp. Fluoresc. Tubulares 40 W cada	160
Vice direção e SOE	53,77	6 conj. 2 lamp.fluoresc. Tubulares 40 W cada	480
Sala dos professores	66,24	12 conj. Lamp. Fluoresc. Tubulares 40 w cada	960
Supervisão Escolarr	51,17	6 conj. 2 lamp.fluoresc. Tubulares 40 W cada	480
Sup. Escolar e sala memorial	38,43	6 conj. 2 lamp.fluoresc. Tubulares 40 W cada	480
Escada canto esquerda	19,74	2 conj. 2 lamp. Fluoresc. Tubulares 40 W cada	160
Direção	49,1	4 conj. Lamp. Fluoresc. Tubulares 40 W cada	320
Tesouraria	16,47	2 conj. 2 lamp. Fluoresc. Tubulares 40 W cada	160
Depósito	6,66	1 lamp. Fluorescente compacta 75 W	75
Escada biblioteca	14,83	2 conj. 2 lamp. Fluoresc. Tubulares 40 W cada	160
Sala aula 1	49,1	9 conj. 2 lamp. Fluoresc. Tubulares 40 W cada	720
Sala aula 2	49,91	9 conj. 2 lamp. Fluoresc. Tubulares 40 W cada	720
Sala aula 3	49,11	9 conj. 2 lamp. Fluoresc. Tubulares 40 W cada	720
Sala aula 4	49,72	9 conj. 2 lamp. Fluoresc. Tubulares 40 W cada	720
Sala aula 5	52	8 conj. 2 lamp. Fluoresc.tubulares 40 W cada	640
Sala aula 6	52,33	8 conj. 2 lamp. Fluoresc.tubulares 40 W cada	640
Sala aula 7	52,33	8 conj. 2 lamp. Fluoresc.tubulares 40 W cada	640
Audiovisual	81,83	6 conj. 2 lamp.fluoresc. Tubulares 40 W cada	480

Circulação	390,87	28 conj. 2 lamp. Fluoresc. Tubulares 40 W cada	2240
Sanitários masc.	12,5	3 conj. 2 lamp. Fluoresc. Tubulares 40 W cada	240
Sanitários fem.	12,88	3 conj. 2 lamp. Fluoresc. Tubulares 40 W cada	240
Circulação sanit.	5,6	2 lamp. Fluorescente compacta 75 W cada	150
Área total	1337,02	Potência total	13170

Segundo pavimento

Ambiente	Área (m ²)	Tipo de lâmpada	Potência (W)
Escada biblioteca	23,72	2 conj. 2 lamp. Fluoresc. Tubulares 40 W cada	160
Lab. Inform.	50,24	6 conj. 2 lamp. fluoresc. Tubulares 40 W cada	480
Audiovisual	42,25	4 conj. Lamp. Fluoresc. Tubulares 40 W cada	320
Sala aula 8	53,91	9 conj. 2 lamp. Fluoresc. Tubulares 40 W cada	720
Sala aula 9	52,73	9 conj. 2 lamp. Fluoresc. Tubulares 40 W cada	720
Sala aula 10	52,73	9 conj. 2 lamp. Fluoresc. Tubulares 40 W cada	720
Sala aula 11	52,14	9 conj. 2 lamp. Fluoresc. Tubulares 40 W cada	720
Sala aula 12	53,5	9 conj. 2 lamp. Fluoresc. Tubulares 40 W cada	720
Sala aula 13	51,33	9 conj. 2 lamp. Fluoresc. Tubulares 40 W cada	720
Sala aula 14	51,52	8 conj. 2 lamp. Fluoresc. tubulares 40 W cada	640
Sala aula 15	51,52	8 conj. 2 lamp. Fluoresc. tubulares 40 W cada	640
Sala aula 16	56,42	6 conj. 2 lamp. fluoresc. Tubulares 40 W cada	480
Sala aula 17	65	8 conj. 2 lamp. Fluoresc. tubulares 40 W cada	640
Sala aula 18	53,38	6 conj. 2 lamp. fluoresc. Tubulares 40 W cada	480
Sala aula 19	59,28	8 conj. 2 lamp. Fluoresc. tubulares 40 W cada	640
Sala aula 20	44,48	9 conj. 2 lamp. Fluoresc. Tubulares 40 W cada	720
Sala aula 21	48,51	9 conj. 2 lamp. Fluoresc. Tubulares 40 W cada	720
Escada canto esq.	9,54	1 conj. 2 lamp. Fluoresc. Tubulares 40 W cada	80
Circulação	390,87	27 conj. 2 lamp. Fluoresc. Tubulares 40 W cada	2160
Sala psicólogas	19,61	2 conj. 2 lamp. Fluoresc. Tubulares 40 W cada	160

Sanitários masc.	12,5	3 conj. 2 lamp. Fluoresc. Tubulares 40 W cada	240
Sanitários fem.	12,88	3 conj. 2 lamp. Fluoresc. Tubulares 40 W cada	240
Circulação sanit.	5,6	2 lamp. Fluorescente compacta 75 W cada	150
Área Total	1313,66	Potência Total	13270

Terceiro Pavimento (Sótão)			
Ambiente	Área (m ²)	Tipo de lâmpada	Potência (W)
Hall biblioteca	140	4 conj. 2 Lamp. Fluoresc. Tubulares 100 W cada	800
		3 conj. 2 Lamp. Fluoresc. Tubulares 40 W cada	240
Biblioteca	259,95	6 conj. 2 lamp. Fluoresc. Tubulares 100 W cada	1200
		10 conj. 2 lamp. Fluoresc. Tubulares 40 W cada	800
Arquivo	307,96	8 conj. 2 lamp. Fluoresc. Tubulares 100 W Cada	1600
		3 conj. 2 Lamp. Fluoresc. Tubulares 40 W cada	240
Memorial	431,03	12 conj. 2 lamp. Fluoresc. Tubulares 100 W Cada	2400
		11 conj. 2 Lamp. Fluoresc. Tubulares 40 W cada	880
Área total	1138,94	Potência total	8160

Subsolo			
Ambiente	Área (m ²)	Tipo de lâmpada	Potência (W)
Salão nobre	244,66	18 conj. 2 lamp. Fluoresc. Tubulares 40 W cada	1440
Palco	36,33	6 conj. 2 Lamp. Fluoresc. 40 W cada	480
Camarim	8,2	1 conj. 2 lamp. Fluoresc. Tubulares 40 W cada	80
Camarote	23,76	2 conj. 2 lamp. Fluoresc. Tubulares 40 W cada	160
Sala de aula 22	47,82	6 conj. 2 lamp.fluoresc. Tubulares 40 W cada	480
Sala de aula 23	46,92	6 conj. 2 lamp.fluoresc. Tubulares 40 W cada	480
Sala prof. Ed. Física	48,78	5 conj. 2 lamp. Fluoresc. Tubulares 40 W cada	400
Sala ginástica 1	47,04	6 conj. 2 lamp.fluoresc. Tubulares 40 W cada	480
Manutenção	10,18	1 conj. 2 lamp. Fluoresc. Tubulares 40 W cada	80
Depósito	10,33	1 conj. 2 lamp. Fluoresc. Tubulares 40 W cada	80

Cozinha	45,48	6 conj. 2 lamp.fluoresc. Tubulares 40 W cada	480
Xerox	38,46	4 conj. Lamp. Fluoresc. Tubulares 40 W cada	320
Sala 45	14,22	2 conj. 2 lamp. Fluoresc. Tubulares 40 W cada	160
Sala 46	24,94	4 conj. Lamp. Fluoresc. Tubulares 40 W cada	320
Sala de artes	50,75	8 conj. 2 lamp. Fluoresc.tubulares 40 W cada	640
Sala ginástica 2	71,57	10 conj. 2 lamp. Fluoresc. Tubulares 40 W cada	800
Lab. Biologia	46,98	9 conj. 2 lamp. Fluoresc. Tubulares 40 W cada	720
Lab. Física	51,04	6 conj. 2 lamp.fluoresc. Tubulares 40 W cada	480
Lab. Química	53,18	7 conj. 2 lamp.fluoresc. Tubulares 40 W cada	560
Circulação 1	184,5	13 conj. Lamp. Fluoresc. Tubulares 40 W cada	1040
Circulação 2	58,25	4 conj. Lamp. Fluoresc. Tubulares 40 W cada	320
Circulação 3	20,12	2 conj. 2 lamp. Fluoresc. Tubulares 40 W cada	160
Escadas	28,1	2 conj. 2 lamp. Fluoresc. Tubulares 40 W cada	160
Sanitários masc.	12,5	3 conj. 2 lamp. Fluoresc. Tubulares 40 W cada	240
Sanitários fem.	12,88	3 conj. 2 lamp. Fluoresc. Tubulares 40 W cada	240
Circulação sanit.	5,6	2 lamp. Fluorescente compacta 75 W cada	150
Área Total	1242,59	Potência Total	10950

Área Total do Edifício (m ²)	5032,21
Potência Total instalada (W)	45550

APÊNDICE E - RELAÇÃO DE APARELHOS DE AR CONDICIONADO POR AMBIENTE, QUANTIDADES E MODELOS, INSTALADOS NO COLÉGIO MANOEL RIBAS.

Áreas Condicionadas (AC) Térreo			
Ambiente	Área (m ²)	Modelo	Quantidade
Secretaria	46,04	Comfee	1
Lab. Informática	56,56	Comfee e Electrolux	2
dep. Pessoal RH	16,88	Comfee	1
Vice direção e SOE	53,77	Comfee	1
Sala dos professores	66,24	Comfee	2
Supervisão Colégior	51,17	Comfee	1
Sup. Colégior e sala memorial	38,43	Comfee	1
Direção	49,1	Comfee	1
Tesouraria	16,47	Comfee	1
Sala aula 1	49,1	Electrolux	1
Sala aula 2	49,91	Electrolux	1
Sala aula 3	49,11	Electrolux	1
Sala aula 4	49,72	Electrolux	1
Sala aula 5	52	Electrolux	1
Sala aula 6	52,33	Electrolux	1
Sala aula 7	52,33	Electrolux	1
Sala 8 audiovisual	81,83	Comfee e Electrolux	2
TOTAL	830,99		20

Áreas condicionadas (AC) 2º Pavimento			
Ambiente	Área (m ²)	Modelo	Quantidade
Sala psicólogas	19,61	Comfee	1
Sala aula 9 robóticas	53,91	Electrolux	1
Sala aula 10	52,73	Electrolux	1
Sala aula 11	52,73	Electrolux	1
Sala aula 12	52,14	Electrolux	1
Sala aula 13	53,5	Electrolux	1
Sala aula 14	51,33	Electrolux	1
Sala aula 15	51,52	Electrolux	1
Sala aula 16	51,52	Electrolux	1
Sala audiovisual 17	42,25	Electrolux	1
Lab. Inform.	50,24	Consul	1
Sala aula 18	56,42	Electrolux	1
Sala aula 19	65	Comfee	2
Sala aula 20	53,38	Consul	1

Sala aula 21	59,28	Consul	1
Sala de aula 22	44,48	Consul	1
Sala de leitura 23	48,51	Electrolux	1
TOTAL	858,55		18

Áreas Condicionadas 3º Pavimento (Sótão)			
Ambiente	Área (m ²)	Modelo	Quantidade
Biblioteca	259,95	Midea e Comforterm	2
TOTAL	259,95		2

Áreas Condicionadas Subsolo			
Ambiente	Área (m ²)	Modelo	Quantidade
Sala aula 24	47,82	Comfee	1
TOTAL	47,82		1

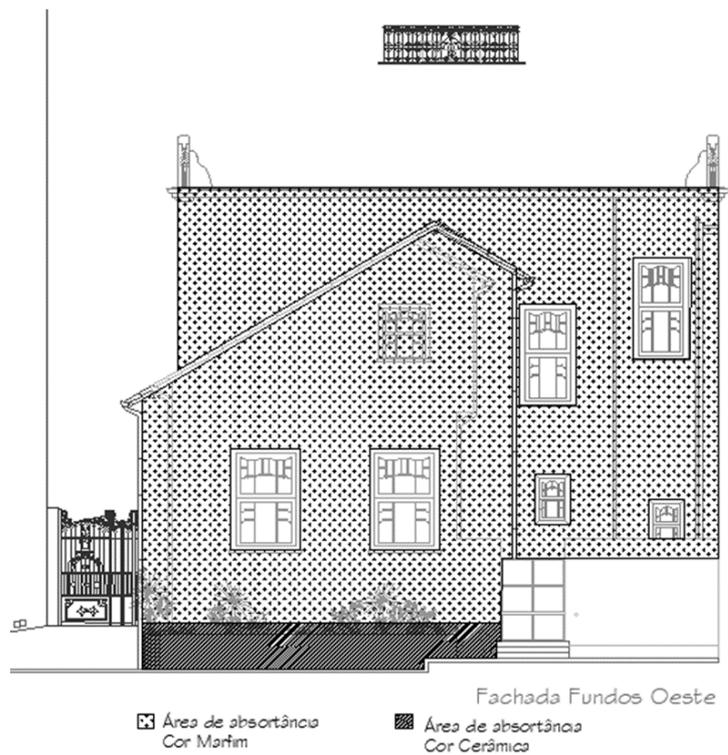
	AC (m ²)	ANC (m ²)
Térreo	830,99	456,42
2º Pavimento	858,55	455,11
Sótão	259,95	878,99
Subsolo	47,82	1194,77
TOTAL	1997,31	2985,29

APÊNDICE F - DEFINIÇÃO DA ABSORTÂNCIA DAS PAREDES DO PALACETE DR. ASTROGILDO DE AZEVEDO.

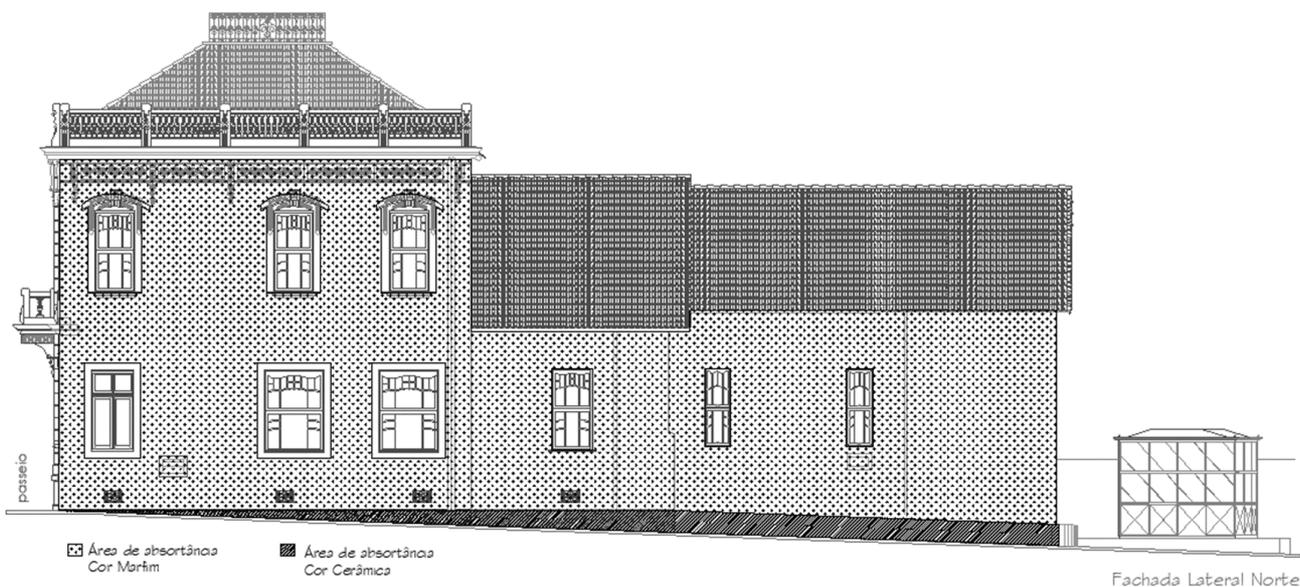
Fachada Leste		Área (m ²)	166,82	
Cor	Absortância	Área	Total absort.	Valor Ponder.
Marfim	0,245	77,16	18,9042	0,11
Cerâmica	0,653	115,72	75,56516	0,45
				0,57



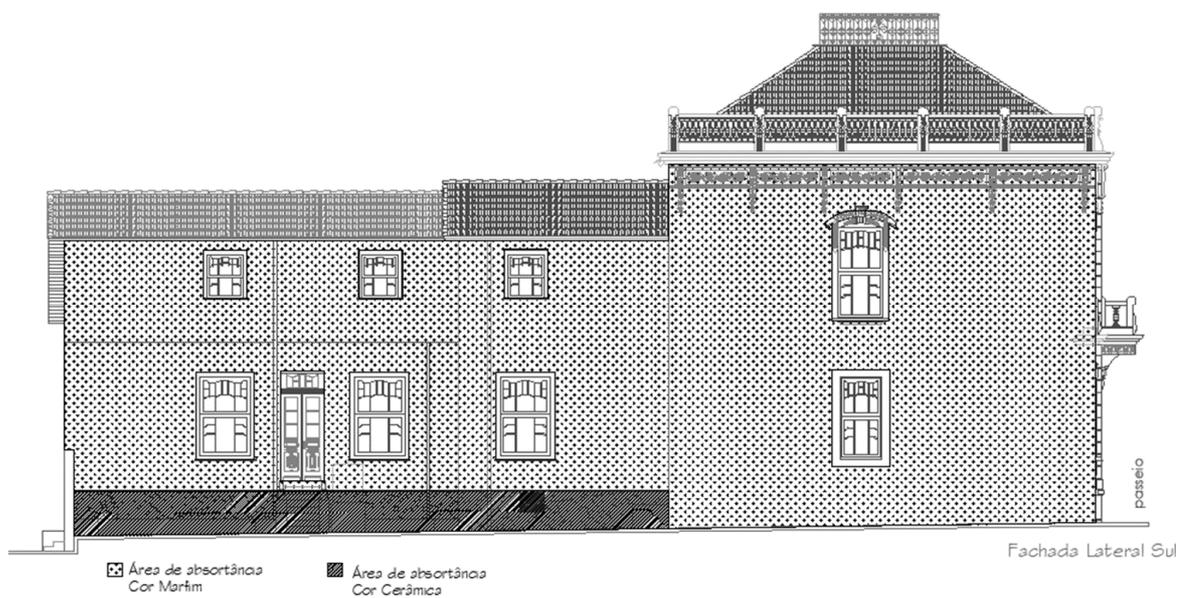
Fachada Oeste		Área(m ²)	176,59	
Cor	Absortância	área	Total absort.	Valor Ponder.
Marfim	0,245	134,17	32,87165	0,19
Cerâmica	0,653	10,33	6,74549	0,04
				0,22



Fachada Norte		Área(m ²)	273,35	
Cor	Absortância	área	Total absort.	Valor Ponder.
Marfim	0,245	203,58	49,8771	0,18
Cerâmica	0,653	13,94	9,10282	0,03
				0,22



Fachada Sul		Área (m ²)	313,59		
Cor	Absortância	Área	Total absort.	Valor Ponder.	
Marfim	0,245	234,59	57,47455	0,18	
Cerâmica	0,653	21,69	14,16357	0,05	
				0,23	



APÊNDICE G - DETERMINAÇÃO DO PERCENTUAL DE ABERTURA DE FACHADA DO PALACETE DR. ASTROGILDO DE AZEVEDO.

Aberturas Fachada Norte		
Dimensões (m ²)	Quantidade	Total (m ²)
3,18	1	3,18
4,64	2	9,28
2,78	1	2,78
1,62	2	3,24
3,01	3	9,03
		27,51

Aberturas Fachada Sul		
Dimensões (m ²)	Quantidade	Total (m ²)
1,34	3	4,02
3,52	3	10,56
2,92	1	2,92
3,55	1	3,55
		21,05

Aberturas Fachada Leste		
Dimensões (m ²)	Quantidade	Total (m ²)
3,19	4	12,76
3,05	4	12,2
4,17	1	4,17
		29,13

Aberturas Fachada Oeste		
Dimensões (m ²)	Quantidade	Total (m ²)
2,75	2	5,5
1,07	1	1,07
2,67	2	5,34
0,71	2	1,42
		13,33

Ponderações

Fachada Norte	
Área (m ²)	273,35
Aberturas (m ²)	27,51
Percentual 2	0,10064

Fachada Sul	
Área (m ²)	313,59
Aberturas (m ²)	21,05
Percentual 4	0,067126

Fachada Leste	
Área (m ²)	166,82
Aberturas (m ²)	29,13
Percentual 1	0,17461935

Fachada Oeste	
Área (m ²)	176,59
Aberturas (m ²)	13,33
Percentual 3	0,07548559

Área Total de fachada (m²) 930,35

PAF = $\frac{\text{área abertura total}}{\text{área de fachada total}}$

PAF = $\frac{91,02}{930,35} = 0,097834148$

PAF total	9,783414844
PAF Oeste	7,548558809

APÊNDICE H - ÂNGULOS HORIZONTAIS DE SOMBREAMENTO DO PALACETE DR. ASTROGILDO DE AZEVEDO.

Abertura	Âng de somb (°)	Área abert (m²)	Orientação solar	AHS*Aabertura*Qtade
1	5	3,22	Norte	16,1
2	9	4,64	Norte	41,76
3	20	4,64	Norte	92,8
4	24	1,67	Norte	40,08
5	8	1,67	Norte	13,36
6	5	2,78	Norte	13,9
7	9	2,96	Norte	26,64
8	20	2,96	Norte	59,2
		24,54		303,84
9	10	3,47	Sul	34,7
10	25	3,47	Sul	86,75
11	44	3,47	Sul	152,68
12	7	1,34	Sul	9,38
13	18	1,34	Sul	24,12
14	45	1,34	Sul	60,3
		14,43		367,93
15	11	0,7	Oeste	7,7
16	57	0,7	Oeste	39,9
17	13	2,67	Oeste	34,71
18	55	2,67	Oeste	146,85
		6,74		229,16

AHS*Area abertura	900,93
Area de abertura Total	45,71
AHS total	19,70969153

APÊNDICE I - RELAÇÃO DE LUMINÁRIAS E LÂMPADAS DO PALACETE DR. ASTROGILDO DE AZEVEDO.

Primeiro pavimento			
Ambiente	Área (m ²)	Tipo lâmpada	Potência (W)
Portaria	14,15	1 luminária com lâmpada 10 W LED	10
Sala UFSM	19,8	4 conj. 4 Lamp. Fluoresc. Tubulares 40 W cada	640
Sala UFSM	19,35	4 conj. 4 Lamp. Fluoresc. Tubulares 40 W cada	640
Exposição Temporária	22,54	3 luminárias com lâmpada 10 W LED cada	30
Sala Dr. Mariano	50,4	6 luminárias com lâmpada 10 W LED cada	60
Sanitário	2,37	1 conj. 1 Lamp. Fluoresc. Tubulares 40 W	40
Escada	10,8	1 conj. 1 Lamp. Fluoresc. Tubulares 40 W	40
Arqueologia	27,5	4 luminárias com lâmpada 10 W LED cada	40
Numismática	12,9	2 conj. 4 Lamp. Fluoresc. Tubulares 40 W cada	320
Secretaria	17,4	4 conj. 4 Lamp. Fluoresc. Tubulares 40 W cada	640
Direção	18	4 conj. 4 Lamp. Fluoresc. Tubulares 40 W cada	640
Sala Conde Poa	4,48	1 conj. 1 Lamp. Fluoresc. Tubulares 40 W	40
Circulação/ Inst. e maq.	37,9	5 conj. 4 Lamp. Fluoresc. Tubulares 40 W cada	800
TOTAL	257,59		3940

Segundo pavimento			
Ambiente	Área (m ²)	Tipo lâmpada	Potência (W)
Armario	21,85	4 conj. 4 Lamp. Fluoresc. Tubulares 40 W cada	640
Zoologia III	16,63	4 conj. 4 Lamp. Fluoresc. Tubulares 40 W cada	640
Zoologia I	8,2	1 conj. 4 Lamp. Fluoresc. Tubulares 40 W	160
Paleontologia I	15,1	2 conj. 4 Lamp. Fluoresc. Tubulares 40 W cada	320
Paleontologia II	23,26	4 conj. 4 Lamp. Fluoresc. Tubulares 40 W cada	640
Zoologia II	53,66	6 conj. 4 Lamp. Fluoresc. Tubulares 40 W cada	960

Reserva Técnica	20	2 conj. 4 Lamp. Fluoresc. Tubulares 40 W cada	320
Reserva e Lab. Tec.	25,4	3 conj. 1 Lamp. Fluoresc. Tubulares 40 W	120
TOTAL	184,1		3800

Carga Instalada (W)	7740
Área Total (m ²)	441,69