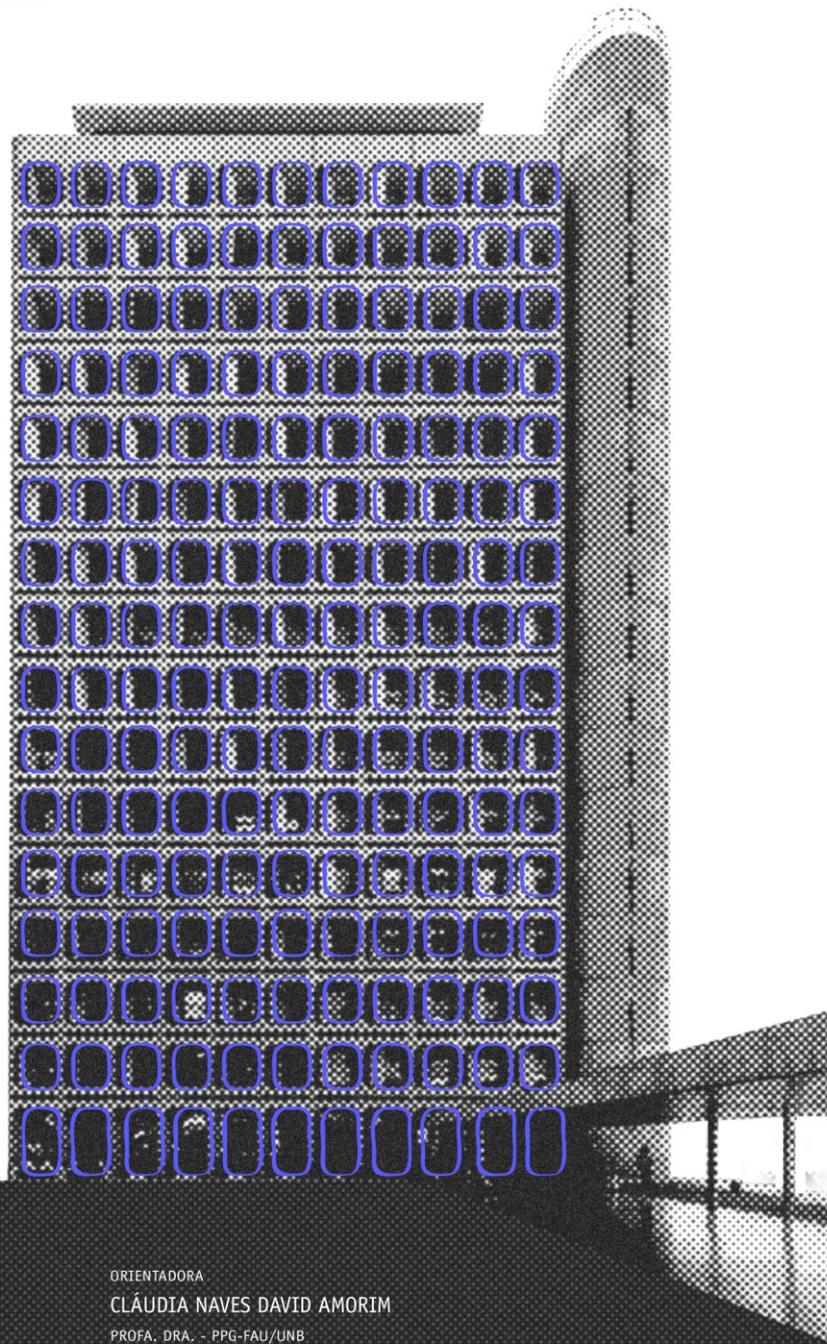


ARQUITETURA MODERNA, RETROFIT ENERGÉTICO E PRESERVAÇÃO: ESTUDO DE CASO EM BRASÍLIA



DISSERTAÇÃO
MESTRADO

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO

DISCENTE
BÁRBARA SOUTO
19/0004096

ORIENTADORA
CLÁUDIA NAVES DAVID AMORIM
PROFA. DRA. - PPG-FAU/UNB

COORIENTADOR
JOSÉ MANOEL MORALES SÁNCHEZ
PROF. DR. - PPG-FAU/UNB

PPG
FAU
UNB

UnB



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA
E URBANISMO DA FACULDADE

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
**ARQUITETURA MODERNA, RETROFIT ENERGÉTICO E PRESERVAÇÃO:
ESTUDO DE CASO EM BRASÍLIA**

BÁRBARA KELLY SILVA DE SOUTO
19/0004096

ORIENTADORA
CLÁUDIA NAVES DAVID AMORIM
PROFA. DRA. | PPG-FAU/UNB

COORIENTADOR
JOSÉ MANOEL MORALES SÁNCHEZ
PROF. DR. | PPG-FAU/UNB

EXAMINADORA INTERNA À UNB
JOÁRA CRONEMBERGER RIBEIRO SILVA
PROFA. DRA. | PPG-FAU/UNB

EXAMINADOR EXTERNO À UNB
ELCIO GOMES DA SILVA
ARQ. DR. | CÂMARA DOS DEPUTADOS

BRASÍLIA
2023

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO, CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da
Universidade de Brasília.

Ka Kelly Silva de Souto, Bárbara
Arquitetura moderna, retrofit energético e preservação:
estudo de caso em Brasília / Bárbara Kelly Silva de Souto;
orientador Cláudia Naves David Amorim; co-orientador José
Morales Sánchez. -- Brasília, 2023.
214 p.

Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) --
Universidade de Brasília, 2023.

1. arquitetura moderna. 2. preservação. 3. retrofit
energético. 4. fachadas. 5. formas estruturais. I. Naves
David Amorim, Cláudia, orient. II. Morales Sánchez, José,
co-orient. III. Título.

ARQUITETURA MODERNA, RETROFIT ENERGÉTICO E PRESERVAÇÃO: ESTUDO DE CASO EM BRASÍLIA

Universidade de Brasília
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo
Programa de Pesquisa e Pós-Graduação

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília como requisito para obtenção do grau de Mestre em Arquitetura e Urbanismo

Área de concentração: Tecnologia, Ambiente e Sustentabilidade

Linha de pesquisa: Sustentabilidade, Qualidade e Eficiência do Ambiente Construído

Bárbara Kelly Silva de Souto

Orientadora Prof^a. Dr^a. Cláudia Naves David Amorim

Coorientador Prof. Dr. José Manoel Morales Sánchez

Brasília, 2023

RESUMO

Edifícios históricos sem reconhecimento oficial de seus valores patrimoniais estão sujeitos à perda de suas características originais, obsolescência funcional e demolição devido à desvalorização, ao abandono ou à falta de regulamentação e instâncias de preservação, o que acontece com frequência na arquitetura moderna. Frente às necessidades ambientais de eficiência energética e qualidade ambiental, o retrofit energético surge como uma solução viável para essas edificações, pois permite renová-las, prolongando sua vida útil e atendendo às exigências normativas de desempenho. Nesse contexto, esta dissertação tem como objetivo propor aprimoramentos na base procedimental de um conjunto de métodos que orientam projetos de retrofit energético e preservação de fachadas da arquitetura moderna. Com base na pesquisa de Amorim et al (2020), tomou-se Brasília como estudo de caso, uma vez que apresenta edificações da arquitetura moderna brasileira a serem preservadas em um processo de renovação com vistas a uma melhor eficiência energética. Os procedimentos adotados consistiram na caracterização de uma amostra representativa composta por doze edifícios para aplicação do método, com critérios como o número de pavimentos, o ano de construção e a variedade de formas estruturais das tipologias de fachada, tais como: trama fina, trama aberta, encaixotado e parede cortina. Em seguida, devido à necessidade de um parâmetro quali-quantitativo para uma análise mais aprofundada dos valores explícitos nas fachadas, foi proposta a variável "Valor Visível da Fachada - VVF", que engloba os atributos de significância cultural e da expressão do ordenamento na composição das fachadas, considerando as formas estruturais e a composição volumétrica. A escala de valoração patrimonial preexistente incorporou um critério de preservação baseado nas médias do VVF e da principal variável de eficiência energética, o "Percentual de Abertura de Fachadas - PAF", calculados para cada trama apurada das formas estruturais visíveis das fachadas. Os resultados indicam que o processo de avaliação dos edifícios foi simplificado, propiciando um diagnóstico preliminar que direciona intervenções em fachadas com soluções integradas de retrofit energético e preservação patrimonial. O método proposto mostrou-se satisfatório, conferindo maior precisão e confiabilidade às orientações de intervenção em edifícios do patrimônio moderno sem instância dedicada à sua preservação. Em futuros trabalhos, sugere-se uma análise crítica das intervenções prediais já ocorridas, seja para validá-las ou revertê-las, levando em consideração outras tipologias de uso para validar as recomendações resultantes da aplicação do método proposto neste estudo.

Palavras-chave: arquitetura moderna. preservação. retrofit energético. fachadas. formas estruturais. significância cultural

ABSTRACT

Historic buildings without official recognition of their heritage value are subject to the detriment of their original, functional obsolescence, and demolition due to depreciation, abandonment, or lack of regulation and preservation instances, which often occur in modern architecture. In the face of environmental needs for energy efficiency and quality, energy retrofitting emerges as a viable solution for these buildings, as it allows for their renovation, extending their lifespan and meeting normative performance requirements. In this context, this dissertation aims to enhancements to the procedural basis of a set of methods that guide energy retrofit and facade preservation projects in modern architecture. Based on the research by Amorim et al. (2020), Brasília was taken as a case study, as it presents buildings of Modern architecture in Brazil to get preserved in a renovation process aimed at better energy efficiency. The adopted procedures consisted of characterizing a representative sample composed of twelve buildings for the application of the method, with criteria such as the number of floors, the year of construction, and the variety of structural forms of facade typologies, such as structural grid "thin and open" boxed building, and curtain wall. Then, due to the need for a qualitative-quantitative parameter for a more in-depth analysis of the explicit values in the facades, the variable "Visible Facade Value - VVF" was proposed, which encompasses the attributes of cultural significance and expression of the ordering in the composition of the facades, considering the structural forms and volumetric form. The existing heritage valuation scale incorporated a preservation criterion based on the averages of VVF and the energy efficiency variable, the "Window Wall Ratio - WWR (or PAF in Portuguese)," calculated for each determined grid of the visible structural forms of the facades. The results indicate that the building evaluation process was simplified, providing a preliminary diagnosis that directs interventions in facades with integrated solutions for energy retrofitting and heritage preservation. The proposed method was satisfactory because it gave greater accuracy and reliability to the guidances for intervention in modern heritage buildings without a preservation instance. In future work, a critical analysis of the already implemented building interventions is suggested, to validate or reverse them, taking into account other usage typologies to validate the recommendations resulting from the method proposed in this study.

Keywords: modern architecture. preservation. energy retrofit. facades. structural forms. cultural significance.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Transformação da fachada do edifício FNDE	21
Figura 2	Procedimentos metodológicos para o desenvolvimento do método da dissertação	24
Figura 3	Núcleos de abordagem da pesquisa	24
Figura 4	Procedimentos metodológicos para a avaliação do método da dissertação	25
Figura 5	Estrutura textual da dissertação Fonte: Autora	26
Figura 6	Fluxograma do procedimento de conservação de Kerr	38
Figura 7	Diagrama comparativo de procedimentos para investigar a preservação patrimonial	39
Figura 8	Árvore decisória de preservação do patrimônio moderno edificado	41
Figura 9	Fachada do do edifício sede da ABI	44
Figura 10	Fachada do Palácio Gustavo Capanema	45
Figura 11	Formas estruturais visíveis em fachadas de edifícios com trama fina	49
Figura 12	Formas estruturais visíveis em fachadas de edifícios com trama aberta	50
Figura 13	Formas estruturais em fachadas de edifícios em parede cortina	50
Figura 14	Formas estruturais em fachadas de edifícios encaixotados	51
Figura 15	Edifício Palazzo Olivetti, em Milão	51
Figura 16	Principais marcos regulatórios brasileiros na área de eficiência energética	57
Figura 17	Linha do tempo que identifica todos os instrumentos de eficiência energética	58
Figura 18	Participação setorial no consumo de energia elétrica no Brasil	59
Figura 19	Representação das superfícies do edifício	64
Figura 20	Trocas de calor através de superfícies	66
Figura 21	Exemplos de indicadores AHS e AVS	70
Figura 22	Fluxograma do procedimento proposto do Comitê Europeu	73
Figura 23	Comparação da feição da fachada da Sede da ONU nos anos de 1962, 2007 e 2015	76
Figura 24	Comparação da feição da fachada do Palácio Capanema nos anos 1998 e 2018	77
Figura 25	Feição da fachada do Palácio da Justiça do Paraná nos anos 1977, 2013 e 2017	78
Figura 26	Etapas do método proposto	82
Figura 27	Processo de abstração das formas estruturais das fachadas	85
Figura 28	Parâmetros "D" de incidência solar nas fachadas	88
Figura 29	Parâmetros "E" de incidência solar na forma e planta	89
Figura 30	Mapa da área tombada contendo as macroáreas A e B e as respectivas zonas de preservação	96
Figura 31	Proposta de divisão do CUB em Territórios de Preservação	96
Figura 32	Condições de conforto anual e principais	97
Figura 33	Localização dos setores estudados com suas edificações públicas e privadas	98
Figura 34	Mapa de tombamento no centro do Plano Piloto	99

Figura 35 Infográfico dos edifícios selecionados: idade e quantidade	100
Figura 36 Percentual dos elementos de proteção solar das fachadas	101
Figura 37 Relação do PAF nas envoltórias	101
Figura 38 Percentual de edifícios com cada tipo de vidro em 2010 e 2017	102
Figura 39 Dados gerais do modelo de 4 pavimentos	104
Figura 40 Dados gerais do modelo de 10 pavimentos	105
Figura 41 Dados gerais do modelo de 15 pavimentos	106
Figura 42 Mapa de localização dos modelos representativos	106
Figura 43 Variáveis de eficiência energética para o tratamento da envoltória	109
Figura 44 Critérios de seleção da amostra representativa	110
Figura 45 Escala de valoração patrimonial	114
Figura 46 Exemplo da avaliação comparativa de fachadas na aplicação da escala de valoração patrimonial	115
Figura 47 Esquema da base procedimental do conjunto de métodos da pesquisa Amorim et al. (2020)	116
Figura 48 Resultado da correlação entre PAF (%) e as formas estruturais	117
Figura 49 Relação entre o PAFm (%) e a escala de valoração patrimonial	118
Figura 50 Localização dos edifícios da amostra representativa	119
Figura 51 Edificações do Grupo A: Anexo I, TSE (ED-01); Sede I, TRF 1ª (ED-02); Anexo I, TRT 10ª (ED03); e (ED-04) ANM.	120
Figura 52 Edificações do Grupo B: CEF Cultural (ED-05); DNIT (ED-06); INSS (ED-07); e, MME (ED-08)	120
Figura 53 Edificações do Grupo C: . Sede II, TRF 1ª (ED-09); TELECOM (ED-11); SEDE STM (ED-11); e, MORRO VERMELHO (ED-12)	121
Figura 54 Relação dos edifícios com o ano de construção	123
Figura 55 Resultados da avaliação dos Parâmetros "E"	133
Figura 56 Resultado da amostra representativa na escala de valoração patrimonial	138
Figura 57 Transformação das fachadas do edifício sede da ANM	140
Figura 58 Detalhes da fachada do edifício ED-11	143
Figura 59 Detalhes da fachada do edifício ED-02	143
Figura 60 Escala de valoração patrimonial original com a correlação das formas estruturais como VVFm e o PAFm (%)	150
Figura 61 Proposta de modificação da Escala de valoração patrimonial	151
Figura 62 Fluxo de ações a serem seguidas no processo de valoração e retrofit	156
Figura 63 Resultado da amostra representativa na escala de valoração patrimonial modificada	161
Figura 64 Análise comparativa das versões da escala de valoração patrimonial	166

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Critérios de significância das edificações da arquitetura moderna	34
Tabela 2 Etapas do projeto de intervenção no patrimônio edificado	36
Tabela 3 Características comuns aos edifícios da arquitetura moderna	45
Tabela 4 Distinção de formas arquitetônica e estrutural	48
Tabela 5 Tipologias de formas expressas em fachadas da arquitetura moderna	52
Tabela 6 Definições de eficiência energética	54
Tabela 7 Usos finais de energia no Setor público no contexto brasileiro	59
Tabela 8 Principais conceitos relacionados à intervenção no patrimônio	61
Tabela 9 Conceitos importantes para a propriedade térmica dos materiais	65
Tabela 10 Tecnologias disponíveis para os vidros	67
Tabela 11 Tipos de elementos de proteção solar	69
Tabela 12 Estratégias passivas para climas frios e/ou quentes	74
Tabela 13 Principais referências utilizadas para fundamentação do método proposto	82
Tabela 14 Análise e procedimentos gerais da Etapa 1	83
Tabela 15 Dados a serem levantados para a caracterização geral da amostra representativa	86
Tabela 16 Levantamento de dados das fachadas	90
Tabela 17 Dados a serem levantados para a caracterização geral do estudo de caso	92
Tabela 18 Atributos e características fundamentais de preservação do Plano Piloto	93
Tabela 19 Compilação do banco de dados de 267 edifícios	100
Tabela 20 Variáveis de Eficiência energética avaliadas	103
Tabela 21 Potencial de economia na demanda energética dos edifícios simulados com estratégias de redução de consumo	108
Tabela 22 Dados gerais da amostra representativa	111
Tabela 23 Dados gerais das edificações do Grupo A	122
Tabela 24 Dados gerais das edificações do Grupo B	122
Tabela 25 Dados gerais das edificações do Grupo C	122
Tabela 26 Caracterização geométrica e variáveis de eficiência energética do Grupo A	123
Tabela 27 Caracterização geométrica e variáveis de eficiência energética do Grupo B	125
Tabela 28 Caracterização geométrica e variáveis de eficiência energética do Grupo C	126
Tabela 29 Fatores de proteção solar nas fachadas do Grupo A	128
Tabela 30 Fatores de proteção solar nas fachadas do Grupo B	129
Tabela 31 Fatores de proteção solar nas fachadas do Grupo C	129
Tabela 32 Resultados da predominância dos parâmetros a de incidência solar direta nas fachadas	131
Tabela 33 Intervalo de horas de incidência solar nas fachadas	132

Tabela 34 Propriedades termofísicas dos componentes construtivos da envoltória do Grupo A	133
Tabela 35 Propriedades termofísicas dos componentes construtivos da envoltória do Grupo B	134
Tabela 36 Propriedades termofísicas dos componentes construtivos da envoltória do Grupo C	135
Tabela 37 Relação das variáveis de eficiência energética para a melhor configuração da envoltória	136
Tabela 38 Atributos de valoração patrimonial perceptíveis da envoltória do Grupo A	137
Tabela 39 Atributos de valoração patrimonial perceptíveis da envoltória do Grupo B	137
Tabela 40 Atributos de valoração patrimonial perceptíveis da envoltória do Grupo C	137
Tabela 41 Sistematização das metas de preservação patrimonial e retrofit energético	145
Tabela 42 Procedimentos para verificação do ordenamento na composição da fachada	148
Tabela 43 Variáveis que compõem do Valor Visível da Fachada	149
Tabela 44 Diretrizes gerais para projetos de retrofit e preservação patrimonial	153
Tabela 45 Aplicação do método modificado nas edificações do Grupo A	157
Tabela 46 Aplicação do método modificado nas edificações do Grupo B	158
Tabela 47 Aplicação do método modificado nas edificações do Grupo C	159
Tabela 48 Aplicação das diretrizes gerais de intervenção para o Grupo A	162
Tabela 49 Aplicação das diretrizes gerais de intervenção para o Grupo B	163
Tabela 50 Aplicação das diretrizes gerais de intervenção para o Grupo C	164

SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ART – Anotação de Responsabilidade Técnica

ASHRAE – American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers

BEN – Balanço Energético Nacional

COE – Código de Obra de Edificações

EN – European Standards [Normas europeias]

PAF – Percentual de área envidraçada na fachada

EN – European Norms

ENCE – Etiqueta Nacional de Conservação de Energia

FS – Fator solar do vidro

GDF – Governo do Distrito Federal

IN – Instrução Normativa

INI-C – Instrução Normativa Inmetro para a classificação de eficiência energética de edificações comerciais, de serviços e públicas

INMET Instituto Nacional de Meteorologia

IPHAN – Instituto do Patrimônio Histórico Artístico Nacional

ISO – International Organization for Standardization

LABEEE – Laboratório de Eficiência Energética em Edificações

LACAM – Laboratório de Controle Ambiental

MME – Ministério de Minas e Energia

NZEB – Net Zero Energy Building [edifício de balanço energético nulo conectado à rede elétrica]

PPG FAU UnB – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília

PROJETEEE – Projetando Edificações Energeticamente Eficientes

RRT – Registro de Responsabilidade Técnica

RTQ-C – Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais
PBE – Programa Brasileiro de Etiquetagem
ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

RTQ-C – Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edificações comerciais, de Serviços e Públicos

SHGC – Solar Heating Gain Coefficient

TL – Transmissão luminosa

WWR – Window Wall Ratio

ZB – Zona Bioclimática

ZPs – Zonas de Preservação

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Problematização	19
1.2	Objetivos	22
1.3	Procedimentos metodológicos	23
1.4	Estrutura da dissertação	26
PARTE I – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA		
2	PRESERVAÇÃO DA ARQUITETURA MODERNA	30
2.1	Significância cultural como valor de preservação	32
2.2	Instrumentos de preservação	35
2.3	Procedimentos de conservação	37
3	ESTRUTURA E CARACTERÍSTICAS DA ARQUITETURA MODERNA	42
3.1	Estrutura visível das fachadas	47
4	RETROFIT ENERGÉTICO E PRESERVAÇÃO	53
4.1	Eficiência energética: setor das edificações	53
4.2	Retrofit da envoltória no patrimônio construído	60
PARTE II – MÉTODO E PROCEDIMENTOS DE APLICABILIDADE		
5	MÉTODO	
5.1	Principais referências utilizadas no método proposto	82
5.2	Procedimentos do método da dissertação	83
5.3	Estudo de caso em Brasília	92
PARTE III – RESULTADOS E CONCLUSÃO		
6	RESULTADOS	113
6.1	Análise sistemática de métodos da pesquisa Amorim et al (2020)	113
6.2	Caracterização da amostra representativa	118
6.3	Aplicação do método de valoração patrimonial	136
6.4	Avaliação da aplicabilidade	139
6.5	Proposição e comprovação de aprimoramentos	145

7	CONCLUSÃO	167
7.1	Cumprimento dos objetivos	167
7.2	Conclusões sobre o método proposto	168
7.3	Sugestões para trabalhos futuros	170
	REFERÊNCIAS	171
	APÊNDICES	184
	ANEXOS	190

CAPÍTULO 1

Introdução

A escassez de recursos energéticos é um problema que afeta diversos setores de energia em todo o mundo. No setor das edificações, especificamente, há uma constante procura por técnicas eficientes para o desafio de diminuir o consumo de energia elétrica. Esse esforço é justificado pelo fato de que a eletricidade é considerada o recurso mais importante ao longo da vida útil dos edifícios, como apontado por Thormark (2002). Logo, temas ligados à eficiência energética são fundamentais para a melhoria da qualidade ambiental e a garantia da sustentabilidade a longo prazo.

Os projetos de retrofit energético têm se mostrado uma ótima opção para melhorar a eficiência energética de edifícios existentes, uma vez que este tipo de intervenção mantém características estéticas originais ao remodelar ou atualizar o edifício, ou seu sistema, incorporando novas tecnologias e conceitos. Além do mais, a aplicação de projetos de retrofit valoriza o imóvel e prolonga sua vida útil, beneficiando tanto em termos energéticos quanto operacionais, de acordo com a ABNT NBR 15.575:2013.

No âmbito internacional, as questões relativas ao desempenho energético das edificações têm sido amplamente incentivadas por políticas públicas em diversos países, especialmente os que fazem parte da União Europeia. O Estado tem um papel crucial na melhoria das edificações no continente, devido ao progresso da legislação há anos. Como prova dessas premissas, já foram adotadas normas que exigem uma taxa média anual de 3% de retrofit para edifícios existentes, e que todas as novas construções sejam os chamados "edifícios NZEB", ou seja, edifícios de consumo energético nulo ou quase nulo (*Nearly Zero Energy Building*. Tradução do autor) (EC, 2010).

No âmbito nacional, a eficiência energética tem sido, cada vez mais, reconhecida como um recurso indispensável para o planejamento energético do país em estudos governamentais, como o Plano Anual de Expansão Energética (PDE), o Programa Nacional de Energia (PNE) e o Programa Nacional de Eficiência Energética (PNEf). A contar com a promulgação da Lei de Eficiência Energética no início dos anos 2000, várias medidas foram adotadas para garantir a eficiência de equipamentos, veículos e edifícios. Destaca-se o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), coordenado pelo Inmetro, que inclui diversos programas de avaliação da conformidade que utilizam a etiqueta PBE Edifica com cinco níveis de eficiência (de A a E) para construções novas e existentes. Desde 2010 os regulamentos deste programa estão passando por revisões que afetam o processo de obtenção da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE), a qual fornece dados sobre o desempenho em termos de eficiência energética.

Dada a evolução dos marcos legais, a Instrução Normativa SLTI/MPOG n.o 2, de 5 de junho de 2014, determinou que intervenções de retrofit e projetos de novas construções

públicas federais apresentem a classificação máxima da ENCE, tornando obrigatória a etiquetagem de edifícios públicos federais (BRASIL, 2014). Além disso, outro recente avanço foi a implementação da nova metodologia da Etiqueta PBE Edifica, a Instrução Normativa Inmetro para a Eficiência Energética das Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (INI-C) que entrou em vigor em outubro de 2022. Essa ferramenta, especifica os critérios e os métodos para a classificação de edificações não residenciais, visando à etiquetagem das mesmas. Para tal classificação, o consumo de energia primária é utilizado como critério, comparando o consumo da edificação em análise com uma condição de referência equivalente à classificação D.

Para contrastar o entendimento apresentado com a realidade das edificações existentes, é fundamental a implementação de subsídios que estimulem práticas sustentáveis, principalmente em construções com valor histórico e cultural. Frente à importância da preservação patrimonial para a humanidade, torna-se essencial a ampliação de ações sistemáticas e contínuas que visem tanto à proteção dos aspectos históricos quanto à modernização das instalações para melhorar a eficiência energética. Isso garantirá a evolução constante das práticas construtivas em direção à sustentabilidade ambiental.

Com base esse raciocínio, infere-se que a cooperação de diversos setores, incluindo governos, sociedade civil e empresas, incentiva o fomento de pesquisas que contribuem para o ambiente construído a partir da associação de temas como a preservação do patrimônio arquitetônico e a eficiência energética, sobretudo em concordância com a variedade climática das regiões brasileiras. Essa abordagem pode assegurar um futuro sustentável para as cidades históricas, pois atende às demandas de eficiência energética das edificações sem comprometer seus atributos culturais relevantes, promovendo, assim, uma mudança de paradigma.

O presente estudo tem como objetivo atender às necessidades de qualidade ambiental de edifícios existentes, sobretudo aqueles da arquitetura moderna, alinhando parâmetros de preservação às condições mais favoráveis de eficiência energética. Dessa forma, considerou-se uma base teórica preliminar baseada em referências, como:

A tese de Silva, P. (2012) trata da preservação patrimonial de edifícios modernos, que, segundo a autora, ainda têm poucos exemplares legalmente protegidos, visto que o crescimento das cidades seleciona as edificações que devem ser preservadas. Isso se deve ao fato de que o conservar é limitado por subjetividades e pela falta de critérios para avaliar a integridade e autenticidade dos atributos de um edifício. Dessa forma, este estudo indicou princípios que norteiam a conservação de edifícios modernos, tendo em vista a especificidade de cada caso, a partir da análise de documentos da UNESCO e fontes bibliográficas, para

identificar e conceituar os atributos da arquitetura moderna. O procedimento permite avaliar a integridade e autenticidade dos atributos em um edifício, bem como as perdas e ganhos gerados de alterações propostas em um projeto para sua conservação. O edifício escolhido para a aplicação da metodologia foi um edifício vertical de uso institucional em Recife, que enfrenta dificuldades para se adequar às novas exigências de funcionamento e desempenho. A tese conclui que a influência das alterações dos atributos no valor patrimonial do edifício depende da relação entre esses atributos e a significância do bem.

Outro estudo relevante e adequado ao tema da tese anterior, conduzido por Silva, E. (2017), tratou da preservação do Palácio do Congresso Nacional como um conjunto construído que representa um monumento, uma construção que deve permanecer e expressar o legado histórico dos feitos para as gerações futuras. O autor salienta que, ainda que a arquitetura moderna tenha sido criada com base em conceitos que remetem à experimentação e à vanguarda das técnicas construtivas, ainda há desafios recorrentes e comuns para a sua preservação. Logo, esse estudo considerou os estudos de casos como elementos fundamentais para a tomada de decisões de intervenções no patrimônio edificado, destacando a Sede das Nações Unidas, em Nova Iorque, como uma referência para a história da arquitetura moderna e, por isso, um importante objeto por seu amplo plano de renovação. Assim, foi elaborada uma análise crítica da pesquisa sobre o plano diretor de renovação das Nações Unidas para identificar os subsídios para a elaboração de diretrizes para o plano de preservação do Palácio do Congresso Nacional, a partir da sistematização dos valores relevantes para a preservação dos parlamentos.

Em relação ao progresso de temas sobre o retrofit energético no Brasil, diversas universidades públicas, em diversos estados, têm incentivado projetos de pesquisa que tratam da preocupação ambiental e do esgotamento dos recursos energéticos devido ao crescente consumo de energia elétrica. Um exemplo notável é o trabalho realizado pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LabEEE) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Essa equipe tem se dedicado à pesquisa de métodos para reduzir o consumo de energia em edifícios, tanto novos quanto existentes, por meio da adoção de tecnologias inovadoras de iluminação, condicionamento de ar e isolamento térmico. O Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética no Ambiente Construído (LABCON) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), estabelece projetos sobre planejamento sustentável, economia de energia e monitoramento ambiental em escala urbana e de edifícios. Além dessas instituições, a Universidade de Brasília (UnB) conta com o Laboratório de Controle Ambiental e Eficiência Energética na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (LACAM/FAU), para apoiar pesquisas que procuram compreender os fatores que afetam o

consumo de energia elétrica em edifícios, parametrizar variáveis, e aplicar métodos de Simulação Computacional no Ambiente Construído (SiCAC).

Diante do que foi apresentado, os laboratórios nacionais com foco em Tecnologia, Ambiente e Sustentabilidade favorecem a melhoria das edificações com publicações, como a de Mazzafero (2015), que analisou, no contexto brasileiro, a aplicabilidade da norma norte-americana ASHRAE Standard 90.1, a qual estabeleceu os requisitos mínimos para a eficiência energética em edificações. Para esse propósito, o autor desenvolveu um modelo de referência para edifícios comerciais de escritórios e evidenciou que as diretrizes estabelecidas pela ASHRAE Standard 90.1 não são as mais apropriadas para edifícios comerciais em regiões de clima quente, principalmente quando se trata de altas densidades de carga interna.

Alves et al. (2017) identificaram o uso exagerado de vidro nas fachadas, com mais de 50% da área envidraçada nas janelas, após análise sistemática de 298 edifícios de escritórios em Belo Horizonte, e de dados coletados desde 2000. Assim, conforme os autores, o elevado percentual de abertura de fachadas (PAF) aumenta o consumo de energia do ar condicionado e da iluminação, devido a problemas relacionados ao superaquecimento e ao ofuscamento nos ambientes internos.

Lima (2010) estabeleceu diretrizes para projetos arquitetônicos em edifícios de escritórios em Brasília, com base em melhorias ambientais e arquitetônicas, alinhadas às necessidades de desempenho ambiental aceitável para o clima regional. Para tal, a autora analisou e avaliou a opinião dos usuários, bem como os dados de simulações computacionais do conforto térmico e das características das fachadas mais adequadas para atingir uma boa qualidade ambiental.

Costa (2018) elaborou, a partir da mesma base de dados da pesquisa anterior, orientações para projetos de retrofit em edifícios públicos de escritórios de acordo com o padrão NZEB, considerando o contexto climático da região Centro-Oeste do país. Para tal, foram coletados dados de edifícios para simular o consumo de energia elétrica relativa ao ar-condicionado, à iluminação e aos equipamentos de escritório. Assim, neste estudo foram discutidos os danos ambientais causados pela produção de energia elétrica não renovável, assim como as estratégias adequadas para atingir o balanço energético nulo, incluindo aspectos arquitetônicos da envoltória e a produção de energia solar fotovoltaica.

Para encerrar, vale destacar o método de Japiassú (2019) para avaliar estratégias de retrofit energético em edifícios históricos brasileiros. A autora estudou o desempenho energético, o conforto térmico e a preservação do patrimônio cultural para identificar as melhores táticas de intervenção em edificações históricas. Isso levou à análise do impacto

das estratégias de retrofit energético nos atributos do patrimônio cultural, bem como à compatibilização dos valores de conforto térmico e consumo energético e à sistematização da escolha das melhores estratégias de intervenção patrimonial.

1.1 Problematização

A questão da sustentabilidade assume um papel fundamental para a preservação do ambiente construído, uma vez que energia e material foram gastos na construção do edifício e continuam sendo necessários para a sua manutenção e vida útil. Para tanto, é essencial compatibilizar os parâmetros de preservação com o retrofit energético, além de considerar uma série de sistemas que constituem a edificação. Isso implica, por exemplo, compreender a relação entre a estrutura da fachada de um edifício e os sistemas que o compõem.

Quando pensamos na preservação patrimonial, é inegável que os edifícios históricos são uma parte significativa do tecido urbano das principais cidades em todo o mundo, embora possa haver diferenças na configuração urbana de um país para outro. Na Europa, por exemplo, onde as edificações antigas constituem uma parcela considerável do conjunto edificado das principais cidades, há um alerta sobre o consumo energético dessas construções, que corresponde a mais de 40% do total consumido e a 36% das emissões de CO₂ nos países europeus (EUROSTAT, 2019).

Nas últimas décadas, têm sido implementadas políticas energéticas para promover a renovação de edifícios existentes com valor histórico (EEA, 2017). É importante destacar que a preservação patrimonial não pode ser negligenciada em prol da eficiência energética, mas sim integrada a ela. Por isso, a legislação vigente deve estar alinhada a uma combinação permanente dessas esferas que buscam a melhoria de edifícios, em sentido estrito, com vistas à eficiência energética.

Para enfrentar os desafios da preservação, é imprescindível o conhecimento sobre quais aspectos ou valores fundamentais ao edifício devem ser preservados na intervenção que utiliza novas tecnologias e critérios embasados pela eficiência energética. Além disso, é importante discutir a significância cultural no processo de reconhecimento do valor de uma edificação. Uma das definições de significância cultural pode ser encontrada na Carta de Burra (ICOMOS/Austrália, 2013, p.5), na qual estabelece que significância cultural é composta por valores estéticos, históricos, científicos, sociais ou espirituais para gerações tanto do passado e presente quanto do futuro.

Em suma, compreender essa definição é essencial para a avaliação do valor de um objeto e entender e apreciar o passado, aprimorar o presente e ser apreciado pelas futuras gerações, o que destaca a importância da conservação do patrimônio cultural.

Quanto às obras arquitetônicas do movimento moderno, Prudon (2008) defende a conveniência da preservação dessas obras como integrantes essenciais da história e cultura do século XX. Ao passo que a arquitetura moderna por vezes é negligenciada em detrimento de estilos mais antigos, como o gótico ou o neoclássico, mas ela é tão valiosa quanto qualquer outro estilo arquitetônico. O autor ressalta ainda a relevância da preservação dos materiais modernos utilizados na construção de edifícios, que frequentemente diferem dos materiais tradicionais. E isso condiz o quanto a conservação desses materiais é fundamental para manter a autenticidade dos edifícios modernos.

Sobre a arquitetura moderna brasileira, vale ressaltar que ela deixou sua marca em várias cidades brasileiras a partir da década de 1960, especialmente em Brasília, onde houve uma afirmação plena do movimento modernista, conforme verificou Ficher e Acayaba (1982). Durante o período de inauguração da cidade, em edifícios influenciados pelas ideias modernistas, o vidro também passou a compor o cenário moderno, juntamente com o uso do brise-soleil e fachadas envidraçadas, muitas vezes utilizadas independentemente da orientação solar das superfícies (SILVA, J., 2007).

Em contrapartida, tais aspectos vêm enfrentando cada vez mais problemas como a perda de materialidade, a obsolescência funcional e até mesmo a possibilidade de demolição por abandono ou falta de valorização, como apontado por Prudon (2008). Por isso, a discussão sobre a conservação dessas obras tem gerado importantes contribuições para a preservação do patrimônio construído.

É inquestionável que, no centro de Brasília, a sua visualidade monumental abarque construções históricas e culturais que merecem o reconhecimento patrimonial. No entanto, é preocupante que muitos edifícios pertencentes ao legado moderno não possuam o endosso oficial para assegurar a preservação de seus valores patrimoniais. Essa situação pode, com frequência, afetar as suas características originais, quando são submetidos a intervenções prediais, sobretudo nas fachadas.

Ao longo dos anos, houve um aumento significativo de exemplares que se afastaram do estilo canônico da arquitetura moderna, resultando num aumento substancial de fachadas descaracterizadas. A transformação da fachada do edifício da FNDE, que fica no Setor Bancário Sul (Figura 1), é um exemplo disso. As fachadas eram finalizadas com uma parede cortina, mas agora são envelopadas por um revestimento em pele de vidro refletivo, o que rompe completamente com o estilo arquitetônico original.



Figura 1 Transformação da fachada do edifício FNDE
Fonte: Adaptado do Acervo digital FNDE e Google (2022)

Gonçalves et al. (2021) apontam que o mercado de edifícios de escritórios apresenta fachadas envidraçadas com o argumento de eficiência no controle da radiação solar indesejada, com diversos tipos de vidros (coloridos, reflexivos, duplos, triplos e outros). No entanto, consoante os autores, é preciso ter cautela ao usar essas tecnologias em climas tropicais, pois o alto nível de isolamento térmico não é adequado para climas quentes. Outro problema relevante dos edifícios totalmente envidraçados e herméticos é o fato de serem completamente dependentes de sistemas artificiais de resfriamento e ventilação, criando ambientes com potencial de contaminação do ar, um aspecto extremamente relevante, especialmente depois da pandemia de Coronavírus (GONÇALVES et al, 2021).

Em projetos de intervenção patrimonial integrados com os conceitos de retrofit energético, outro fator relevante é a dificuldade imposta pela falta de clareza na legislação vigente para a indicação de soluções sustentáveis. Neste tocante, a norma internacional EN 16.883:2017 elenca as principais barreiras que dificultam ou até mesmo impedem as intervenções de retrofit em edifícios históricos. Essas barreiras incluem: a falta de confiança dos tomadores de decisão na adoção de soluções de retrofit em conformidade com os requisitos normativos de eficiência energética; a reduzida viabilidade econômica que desencoraja os usuários de participarem do desenvolvimento de projetos de retrofit; a falta de orientação para profissionais e administradores não qualificados no processo de leilite de retrofit para edifícios históricos; e por fim, o acesso limitado à documentação referente às medidas de conservação adequadas para compatibilizar projetos que relacionam o patrimônio histórico ao desempenho energético.

Dada a falta de iniciativas que se concentram na sustentabilidade ambiental em intervenções de edifícios que não têm o endosso oficial para a preservação de seus valores patrimoniais, é relevante salientar a contribuição da pesquisa intitulada "Iluminação natural e eficiência energética: critérios para intervenção em edifícios não residenciais modernos do

plano piloto de Brasília", conduzida por Amorim et al. (2020), no âmbito do LACAM/FAU-UnB, com o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Distrito Federal (FAP-DF). A pesquisa harmonizou fundamentos e critérios de eficiência energética com parâmetros de preservação do legado moderno, para avaliar a qualidade da iluminação natural em termos de conforto e desempenho visual, além de investigar a influência de fatores arquitetônicos, sobretudo a envoltória (fachadas). Assim, analisaram-se os dados coletados de 267 edifícios não residenciais localizados no centro de Brasília, e, posteriormente, os resultados das simulações do consumo energético para diversos cenários das edificações, definidas por três modelos representativos da pesquisa. É importante salientar que esta pesquisa foi concebida em três principais áreas de estudo, sendo elas: (1) Iluminação natural e eficiência energética; (2) Geração de energia solar fotovoltaica; e, (3) Valoração patrimonial. Apenas as partes 1 e 3 da pesquisa de Amorim et al. (2020) serão discutidas nas seções seguintes que tratam dos procedimentos e aplicação do método proposto na dissertação.

Diante dessas constatações, pretende-se analisar os estudos desenvolvidos por Amorim et al. (2020) sobre eficiência energética e sua compatibilidade com o método de valoração patrimonial. Nesse contexto, surge a seguinte questão: **de que maneira é possível aprimorar os métodos dessa pesquisa, que orientam projetos de retrofit e preservação de edifícios não residenciais da arquitetura moderna?** Como resposta preliminar, é pertinente propor melhorias com base na identificação dos pontos questionáveis desses métodos em termos de seus procedimentos e orientações recomendadas para intervenções em fachadas, especialmente aquelas relacionadas a edifícios do legado moderno que não contam com uma instância dedicada a garantir a preservação de seus valores históricos e culturais.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Propor aprimoramentos na base procedimental e nas diretrizes gerais de um conjunto de métodos existentes que orientam projetos de retrofit energético e preservação em fachadas da arquitetura moderna.

1.2.2 Objetivos específicos

- Analisar de forma sistemática a base dos resultados da pesquisa conduzida por Amorim et al. (2020) em relação aos métodos provenientes de estudos sobre eficiência energética, juntamente com os parâmetros analíticos de valoração patrimonial;

- Aplicar o conjunto de métodos analisados, tomando Brasília como estudo de caso, a partir de uma amostra representativa de edifícios não residenciais da arquitetura moderna localizados na zona central do Plano Piloto;
- Avaliar os resultados da aplicação do conjunto de métodos, observando os pontos críticos e a eficácia no tratamento de fachadas em termos de significância cultural, estrutura e eficiência energética;
- Propor e comprovar aprimoramentos a partir dos pontos críticos observados na aplicação do conjunto de métodos para a intervenção em fachadas da arquitetura moderna.

1.3 Procedimentos metodológicos

As ações preliminares para a sistematização dos procedimentos metodológicos foram o intuito de elaborar um método simplificado de tomada de decisão para projetos de intervenção em fachadas de edifícios modernos, seguindo diretrizes de eficiência energética e critérios de valoração patrimonial.

Dessa maneira, é crucial classificar o tipo de pesquisa para detalhar o método proposto, e para isso, usa-se a proposta de Silveira e Córdova (2009), que classifica a pesquisa de acordo com a natureza, os objetivos, os procedimentos e a abordagem.

Quanto à natureza, esta pesquisa é aplicada, uma vez que seus conhecimentos estão em concordância com a verificação de um conjunto de métodos desenvolvidos na pesquisa de Amorim et al. (2020). Quanto aos objetivos, é descritiva, pois pretende analisar a relação entre variáveis de eficiência energética e parâmetros analíticos de valoração patrimonial associados à forma estrutural visível das fachadas proposta por Siegel (1966).

Quanto aos procedimentos, a pesquisa pode ser caracterizada como: (1) bibliográfica por realizar revisão da literatura nacional e internacional; (2) documental, por concentrar análises em desenhos técnicos do acervo documental; (3) experimental, pois realiza experimentos com grupos distintos, manipulando variáveis e testando suas relações; (4) Estudo de caso, pois se propõe a estudar o edifício em suas condições real e simulada; e (5) de levantamento, por coletar e contrastar dados quantitativos com estudos desenvolvidos por especialistas.

E por fim, a pesquisa adota uma abordagem quali-quantitativa, justamente por interpretar e analisar dados de edifícios modernos no centro de Brasília, identificando o impacto das estratégias e considerando atributos que podem ser somados à valoração patrimonial.

O processo de revisão bibliográfica foi dividido em quatro estágios, como mostra a Figura 2. No primeiro estágio, estabeleceram-se os núcleos da pesquisa. No segundo estágio, identificaram-se os critérios e procedimentos metodológicos dos núcleos de estudo. Na terceira etapa, analisou-se o papel da envoltória na eficiência energética. No último estágio, estabeleceram-se critérios para a realização dos objetivos, que são, em suma: analisar, testar e avaliar um conjunto de métodos existentes, a fim de aperfeiçoar os seus procedimentos e diretrizes gerais.

Revisão bibliográfica



Figura 2 Procedimentos metodológicos para o desenvolvimento do método da dissertação

Fonte: Autora

Dada a pluralidade de tópicos relevantes à dissertação, os três núcleos de estudos, como demonstrado na Figura 3, foram vinculados ao tema da arquitetura moderna e suas diferentes abordagens: (1) Preservação patrimonial, visando a o compreensão de valores de significância; (2) Estrutura, buscando estabelecer as características comuns de edifícios da arquitetura moderna e suas tipologias de fachadas definidas pela estrutura visível; e, por fim, (3) *Retrofit* energético, estudando o impacto das variáveis de eficiência energética para o tratamento da envoltória.



Figura 3 Núcleos de abordagem da pesquisa

Fonte: Autora

O método proposto foi desenvolvido com base em uma ampla revisão bibliográfica, que incluiu uma grande variedade de fontes (inter)nacionais, como livros, teses, dissertações, artigos, normas técnicas e manuais.

Na pesquisa, em geral, buscou-se associar o máximo possível os conteúdos sobre arquitetura moderna, preservação e aspectos compositivos, além de critérios pertinentes ao estudo da eficiência energética nas edificações.

Em relação aos procedimentos para a aplicação do método proposto, cada etapa foi planejada e executada com o objetivo da sua efetiva aplicação em situações reais. A Figura 4 apresenta, de forma gráfica, a sequência de procedimentos organizados em 5 etapas distintas.



ETAPA 1

Análise sistemática do conjunto de métodos da pesquisa Amorim et al (2020)

- > Base dos resultados da pesquisa anterior: Retrofit e preservação de edifícios não residenciais modernos em Brasília;
- > Correlação do PAF (%) com as formas estruturais das fachadas da arquitetura moderna.



ETAPA 2

Caracterização da amostra representativa

- > Levantamento de dados gerais dos edifícios selecionados;
- > Caracterização geométrica e variáveis de eficiência energética da envoltória.



ETAPA 3

Aplicação do método de valoração patrimonial

- > Definição da forma estrutural visível predominante;
- > Escala de valoração patrimonial;
- > Diretrizes gerais para o projeto de retrofit e preservação de edifícios não residenciais modernos em Brasília.



ETAPA 4

Avaliação da aplicabilidade

- > Análise crítica dos resultados da aplicação do método de valoração patrimonial:
+ base procedimental + diretrizes gerais.



ETAPA 5

Proposição e comprovação de aprimoramentos

- > Propor melhorias para o conjunto de métodos analisados a partir da análise crítica realizada na etapa 4;
- > Comprovar a aplicabilidade das melhorias propostas

Figura 4 Procedimentos metodológicos para a avaliação do método da dissertação
Fonte: Autora

1.4 Estrutura da dissertação

A dissertação é estruturada em sete capítulos, sendo que o primeiro apresenta a introdução, o sétimo traz as conclusões, e os demais compõem o desenvolvimento textual, dividido em três partes, como demonstrado na Figura 5.



Figura 5 Estrutura textual da dissertação
Fonte: Autora

O desenvolvimento textual foi dividido em três partes, a saber: a primeira, composta pelos capítulos 2, 3 e 4, trata do referencial teórico e metodológico; a segunda, apresentada no capítulo 5, descreve o método e seus procedimentos; e a terceira, que inclui os capítulos 6 e 7, trata dos resultados e conclusões. São listados a seguir sete capítulos que compõem a estrutura textual da dissertação:

Capítulo 1 - Introdução

Preceitos básicos que norteiam a escolha do tema da dissertação. Dessa forma, abrange a problematização, a síntese de referências de pesquisas anteriores, os objetivos do estudo, os procedimentos metodológicos usados na pesquisa e, por fim, a estrutura dos elementos textuais que compõem a dissertação.

Capítulo 2 – Preservação da arquitetura moderna

Contém a contextualização da preservação da arquitetura moderna, abordando a significância cultural como um valor central de preservação patrimonial. Ademais, considera métodos e instrumentos usados em projetos de intervenção patrimonial.

Capítulo 3 – Estrutura e características da arquitetura moderna

Contém a descrição de edificações modernas, identificando as características comuns e soluções adotadas nas fachadas. Além disso, é relatado o estudo sobre as formas estruturais predominantes nas fachadas da arquitetura moderna, fundamentado na obra de Curt Siegel "*Formas Estructurales en la Arquitectura Moderna*". Desse modo, é possível compreender as formas estruturais e características que se manifestam a partir da combinação entre arte e técnica nesse estilo arquitetônico.

Capítulo 4 – Retrofit energético e preservação

Trata de temas ligados ao retrofit energético, abrangendo uma série de dados e conceitos relevantes para o estudo da eficiência energética no setor de edificações, bem como a relevância da envoltória na melhoria do desempenho energético dos edifícios. Ainda são discutidas questões como a preservação patrimonial e a avaliação do desempenho energético em edificações modernas não residenciais, a partir da análise de estudos de caso e suas alternativas gerais de retrofit energético da envoltória.

Capítulo 5 – Método proposto

Neste capítulo, apresenta-se o método proposto para desenvolver métodos preexistentes que integram diretrizes gerais para projetos de retrofit e preservação da arquitetura moderna. O capítulo é composto por três seções, tratadas de forma ordenada: a

primeira, com as etapas do método e suas principais referências; a segunda, com os procedimentos para a aplicação do método proposto; e a terceira, com a caracterização geral do estudo de caso em Brasília, considerando aspectos históricos, urbanísticos, geográficos e climáticos, para a seleção da amostra representativa para a aplicação do método. Vale ressaltar que a amostra representativa para a aplicação do método é composta por 12 edifícios não residenciais localizados em setores da zona central do Plano Piloto, sendo eles: Ed. Anexo I, TSE, Ed. Sede I, TRF 1ª, Ed. Anexo I, TRT 10ª, Ed. Sede da ANM, Ed. Sede do DNIT, Ed. Anexo CEF, Ed. INSS, Ed. MME, Ed. Sede II, TRF 1ª, Ed. Sede das Telecomunicações, Ed. Sede do STM e Ed. Morro Vermelho.

Capítulo 6 – Resultados

Discute-se os resultados da aplicação das cinco etapas do método proposto para otimizar procedimentos e diretrizes gerais da pesquisa Amorim et al. (2020), que fazem parte das orientações de tomada de decisão em projetos de retrofit e preservação da arquitetura moderna. Dessa forma, a análise e a aplicação de métodos de retrofit e preservação patrimonial já existentes permitiram a proposição de melhorias nos mesmos, a partir da identificação e hierarquização dos valores patrimoniais estudados, para incluir no estudo das diretrizes gerais do projeto.

Capítulo 7 - Conclusão

Apresenta-se o desfecho da dissertação, com a descrição das considerações finais, as soluções alcançadas e a verificação do cumprimento dos objetivos previamente estabelecidos para a pesquisa. Aborda-se também as perspectivas para o desenvolvimento de futuros trabalhos.

PARTE I

Revisão Bibliográfica

2 PRESERVAÇÃO DA ARQUITETURA MODERNA

Segundo a definição da UNESCO (1972), preservar um bem cultural significa garantir sua integridade, identidade e funcionalidade, e renová-lo pode ser uma oportunidade para melhorar sua funcionalidade e evitar sua deterioração. Dessa forma, é possível observar o quanto a preservação de edifícios históricos pode ser compreendida como uma prática sustentável em si, pois contribui para a proteção de valores históricos, culturais e estéticos.

Conforme Russell e Winkworth (2009), a preservação pode ser compreendida como um conjunto de ações que visam garantir perenidade ao testemunho para o caso do patrimônio edificado. Isto é, são ações focadas em aspectos que não estão ligados apenas à aparência física ou aos aspectos materiais, mas inclui todo seu contexto, história, usos e aspectos sociais envolvidos. De acordo com Ramanathan (2016), a intervenção patrimonial pode ser entendida como qualquer ação de reabilitação, conservação ou restauração que leve em conta critérios como autenticidade e valor, abordando a construção como um todo, de forma multidisciplinar. Com base nos estudos de Kutter (1999), a intervenção no patrimônio arquitetônico passou a envolver conceitos frequentemente utilizados no contexto de conservação, como restauração e reabilitação. Enquanto a restauração busca levar um edifício ao seu estado original, a reabilitação é uma solução alternativa para casos em que o edifício não é mais funcional. Logo, pode-se sintetizar esse conceito como a prática de revitalizar edifícios antigos por meio de intervenções promovidas tanto pelo setor público quanto pelo privado. O objetivo é torná-los disponíveis para uso, em condições seguras e habitáveis, incluindo aqueles com valor histórico, que atualmente fazem parte do parque imobiliário ocioso ou em estado de deterioração.

Com base nos relatos preliminares, decidiu-se adotar, nesta dissertação, o termo "preservação" em um sentido amplo, abrangendo todas as ações que visam garantir a perenidade do patrimônio construído.

No âmbito da arquitetura moderna, Theodore Prudon em sua obra "Preservation of Modern Architecture", defende a conveniência da preservação como integrante essencial da história e cultura do século XX, tendo em conta o fato de que por vezes a arquitetura moderna é negligenciada em detrimento de estilos mais antigos, como o gótico ou o neoclássico, mas que é tão valiosa quanto qualquer outro estilo arquitetônico.

Prudon (2008) ressalta ainda a relevância da preservação dos materiais modernos utilizados na construção de edifícios, os quais frequentemente diferem dos materiais tradicionais. Ele argumenta que a conservação desses materiais é essencial para manter a autenticidade dos edifícios modernos. Desse modo, a realização de manutenções regulares,

vista como conservação preventiva, é fundamental para evitar a deterioração e grandes reformas (PRUDON, 2008). O autor defende que a preservação da arquitetura moderna está ligada à importância da colaboração entre arquitetos, conservacionistas e proprietários de edifícios para garantir a preservação bem-sucedida do patrimônio construído. Outra questão recorrente sobre preservação discutida por Prudon, é a de que ela não se limita à preservação física dos edifícios, mas também à compreensão da intenção original do projeto e da matéria utilizada, bem como à sua relação com a cultura e a sociedade. Melhor dizendo, ao considerar a matéria e a intenção do projeto arquitetônico de preservação, o autor enfatiza a importância da preservação do patrimônio moderno, enfatizando a necessidade de se compreender a relação entre a arquitetura e a cultura da época em que foi construída.

Frente aos desafios de preservação, é imprescindível compreender quais são os valores que devem ser considerados e resguardados nos edifícios. Ademais, a utilização de novas tecnologias e critérios embasados para intervenções têm um papel importante na preservação do patrimônio moderno. Neste contexto, Silva, P. (2012) elaborou uma tese intitulada "Conservar, uma questão de decisão: o julgamento na conservação da arquitetura moderna", na qual discute os procedimentos necessários para orientar a identificação dos valores culturais que representam testemunhos a serem preservados nos edifícios. Em continuidade a este estudo, a autora destaca um aspecto relevante em relação à preservação de edifícios modernos, que é a proximidade histórica e a falta de maturação dos processos de construção, resultando na ausência de orientações específicas sobre o comportamento dos materiais e a reparação de sistemas (SILVA, P., 2017). Para mais, a falta de disponibilidade das técnicas ou tecnologias originais agrava a situação, juntamente com as exigências atuais de uso e sustentabilidade nas edificações.

Segundo Silva, E. (p.41, 2017), o processo de tomada de decisão adequado para lidar com o legado moderno envolve uma sequência sucessiva de etapas de avaliação, julgamento e seleção baseadas em fatores específicos do campo teórico da preservação e das complexidades naturais das intervenções no patrimônio construído. Também é importante considerar a diversidade de tipologias construtivas, o que torna difícil a identificação de normativas voltadas para a melhoria das diretrizes de desempenho energético aplicáveis a todas as edificações.

Assim, essas questões precisam ser esclarecidas o máximo possível para que profissionais e usuários possam participar do processo de tomada de decisão e resultar em práticas realistas e alinhadas com os objetivos da intervenção. Haas et al. (2018), considera que as intervenções em edifícios existentes de valor patrimonial são frequentemente mais complexas do que em novos edifícios, levando em consideração tantas decisões de projeto

quanto questões financeiras. O autor traz ainda a reflexão de que em edifícios mais antigos considerados patrimônio, a principal consideração deve ser a capacidade da estrutura de resistir a intervenções que vão desde reformas simples até grandes reformas maiores que podem incluir demolição parcial ou total, mudança de parâmetros de uso e ocupação, entre outros.

Com base nas discussões preliminares, as próximas seções deste trabalho abordarão referências bibliográficas que fundamentam o delineamento metodológico para a preservação do patrimônio moderno. Serão apresentadas três referências relevantes de forma sequencial, abordando a significância cultural como valor de preservação, os instrumentos de preservação e os procedimentos de conservação.

2.1 Significância cultural como valor de preservação

Neste tópico, aborda-se a importância do valor como uma categoria analítica central para determinar a relevância de uma edificação. De acordo com Zanchetti e Hidaka (2010), o sistema de valores reflete a importância cultural que uma comunidade atribui aos seus edifícios. Por sua vez, Vieira e Zanchetti (2006) argumenta que o valor patrimonial representa a identidade cultural materializada no patrimônio construído.

Quanto ao processo de reconhecimento do valor de uma edificação, Silva, P. (2012) destaca que ele começa muito antes da edificação ser tombada como patrimônio. O tombamento, portanto, representa uma etapa posterior que confere à edificação um novo valor e significado (Avrami e Mason, 2000 apud Silva, P., p.23, 2012). De acordo com Caple (2000), o reconhecimento do valor envolve um processo de negociação que consiste em dois momentos distintos: o julgamento e a validação dos significados e valores. O que significa que o reconhecimento do valor de uma edificação requer a avaliação crítica dos seus aspectos culturais, históricos e sociais para validar a sua significância.

Diante do desafio de encontrar uma maneira de conciliar e respeitar todos os valores que devem ser considerados no processo de intervenção patrimonial, conforme Prudon (2008), é fundamental que os elementos da edificação que a distinguem das demais e lhe conferem maior valor sejam identificados e protegidos. De acordo com Park (2006), o grau de importância atribuído a um bem influencia a maneira como a conservação deve ser abordada. Quando um bem é considerado de grande importância, as intervenções devem ser mínimas e a integridade do bem deve ser preservada a todo custo, limitando o grau de alteração que pode ser realizado. Um exemplo claro desse princípio é a restauração de edifícios que sofreram modificações ao longo do tempo. Em tais casos, a remoção das partes intrusas pode

ajudar a preservar a integridade do edifício e compensar outras perdas decorrentes das exigências tecnológicas (PARK, 2006, citado em SILVA P., p. 26, 2012).

Considerando esses pontos, é importante trazer à tona a discussão sobre a significância cultural, um conceito que tem sido objeto de debate em diversas áreas do conhecimento e perspectivas ao longo das últimas décadas. Uma definição de significação cultural pode ser encontrada na Carta de Burra (ICOMOS/Austrália, p.5, 2013), na qual estabelece que significância cultural é composta por valores estéticos, históricos, científicos, sociais ou espirituais para gerações tanto do passado e presente quanto do futuro. Em suma, compreender essa definição é essencial para a avaliação do valor de um objeto e entender e apreciar o passado, aprimorar o presente e ser apreciado pelas futuras gerações, o que destaca a importância da conservação do patrimônio cultural.

2.1.1 Declaração de significância

Segundo Zanchetti e Hidaka (2010), a significância cultural de um objeto está relacionada ao conjunto de valores que são conhecidos e compartilhados por grupos sociais. Para os autores, a categoria analítica central para declarar a significância é o sistema de valores, que abrange tudo o que é considerado valioso. Eles ainda afirmam que é impossível declarar a significância de um bem sem um sistema comprometido em atribuir a devida importância cultural por uma comunidade para seus edifícios (ZANCHETTI e HIDAKA, p.7, 2014).

Russell e Winkworth (2009) definiram categorias que permitem classificar o nível de significância de um bem, levando em consideração atributos como origem e autoria, representatividade, raridade, integridade ou completude. Para os autores, a declaração de significância envolve um processo de estudo para a compreensão dos significados e dos valores do objeto. Isso inclui analisar o objeto em si, compreender sua história e contexto e identificar seu valor para as comunidades.

Silva P. (2012) em sua tese estabeleceu um conjunto de ações de preservação patrimonial baseado na avaliação da significância e autenticidade de edifícios importantes para a preservação do patrimônio. Na sua análise sistemática, a autora investigou o termo "Declarações de Significância" com o objetivo de identificar uma série de características relacionadas aos edifícios com o intuito de auxiliar o julgamento de ações de preservação da arquitetura moderna, resultante de sua pesquisa qualitativa dos atributos de conservação relacionados aos valores patrimoniais da Arquitetura Moderna, incluindo a autenticidade, que, segundo Prudon (2008), está associada à inovação em aspectos sociais, estéticos ou técnicos.

Silva, P. (2017), destaca que, no século XX, muitas edificações ficaram obsoletas devido às mudanças e ao crescimento de algumas cidades brasileiras. Isso fez com que as áreas centrais perdessem valor e a arquitetura moderna perdesse relevância no cenário local. De acordo com a autora, para resgatar o valor dessas edificações, é necessário mudar o foco para aspectos menos tangíveis, como a intenção original do arquiteto defendida por Prudon. Embora a preservação de edifícios modernos exija uma abordagem diferenciada da conservação de edifícios históricos desde as últimas décadas do século XX, os princípios básicos da conservação, como intervenção mínima, reversibilidade, integridade e autenticidade, continuam sendo fundamentais (Silva, P., 2012).

Entende-se, por fim, que a manutenção de diferentes níveis de proteção exige distintos graus de preservação patrimonial. Isso destaca a importância de estabelecer uma hierarquia de intervenção, pois nem todas as edificações necessitam ser preservadas com a mesma intensidade. Tendo em vista essas premissas, o embasamento teórico deste trabalho utilizou alguns dos critérios e atributos de significância estabelecidos por Russell e Winkworth (2009) e aplicados por Zancheti e Hidaka (2014), os quais foram listados na Tabela 1. O objetivo é determinar valores que classifiquem o nível de importância do patrimônio.

Tabela 1 Critérios de significância das edificações da arquitetura moderna

Atributos	Aplicação	Principais dados
Origem e Autoria	Identificar se o edifício possui uma origem especial, ou seja, se ele foi construído para comemorar fatos importantes ou projetado por profissionais renomados de uma determinada época.	<ul style="list-style-type: none"> – Ano de construção – Influência arquitetônica – Renome da equipe técnica do projeto (autor do projeto, responsável técnico ou calculista estrutural)
Representatividade	Observar se o edifício possui características referenciais importantes ou que marcam uma categoria ou tipo arquitetônico, sendo significativo pela sua representatividade em determinado momento histórico, ou por tipo de uso, ou técnica construtiva; ou pela produção autoral.	<ul style="list-style-type: none"> – Principais características relevantes
Raridade	Observar se o edifício é algum tipo de exemplar que permanece como testemunho de uma época, estilo, autoria, entre outras características relevantes. O critério de raridade é identificado quando o edifício se torna um dos poucos exemplares de uma determinada categoria ou tipologia construtiva da sua época.	<ul style="list-style-type: none"> – Categoria/Tipologia representativa de sua geração
Compleitude	Avaliar se o edifício está intacto em relação à sua forma, materiais construtivos, envoltória e outras características especificadas em seu projeto original, bem como em relação às transformações significativas que sofreram ao longo do tempo.	<ul style="list-style-type: none"> – Integridade da estrutura

Fonte: Adaptado de Silva, P. (2012)

Dada a relevância desta teoria em relação ao tema da dissertação, quando se trata de edifícios com um valor cultural relevante, é preciso ter mais cautela no julgamento de propostas, uma vez que reformá-los, simplesmente, não é uma opção, e isso implica em uma série de exigências que devem ser levadas em conta em um plano de intervenção que leve em conta o grau de valorização do patrimônio.

Com isso em mente, é importante salientar que os atributos de relevância serão abordados na seção que tratará da aplicação do método proposto na dissertação. Esses conceitos, portanto, norteiam a sistematização do método e são fundamentais para a definição dos valores que devem ser considerados na valoração patrimonial vinculada às diretrizes gerais de retrofit energético.

2.2 Instrumentos de preservação

A preservação do patrimônio moderno construído é um tema de grande importância para a sociedade brasileira, que possui uma rica história arquitetônica e urbanística do século XX. E para organizar e viabilizar a proteção da herança cultural do país, foi instituído em 1937, o Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN). Quanto ao patrimônio moderno construído, o IPHAN criou o Programa de Preservação do Patrimônio Moderno (PPP), que tem como objetivo valorizar e preservar as construções modernas no Brasil.

Para além desta iniciativa, o órgão também é responsável em produzir inventários e cadastros de bens culturais, que permitem identificar e proteger o patrimônio moderno construído. O Inventário Nacional de Referências Culturais (INRC) do IPHAN inclui bens culturais de todas as épocas e estilos arquitetônicos, inclusive o moderno. As demais políticas e instrumentos disponíveis para proteger o patrimônio dispõem do tombamento, do registro, dos planos de conservação, dos contratos de gestão e das diretrizes para gestão. Enquanto os três primeiros instrumentos são amplamente utilizados em âmbito nacional, os últimos são mais reconhecidos internacionalmente e estão gradualmente sendo adotados como metodologia de planejamento no Brasil, especialmente por meio dos Planos de Conservação (TONINI & OLIVEIRA, p.3, 2016).

Assim sendo, é fundamental destacar a importância da parceria entre o poder público e as comunidades para a gestão do patrimônio e da documentação relativa aos bens sob responsabilidade da administração pública. Em resumo, há diversas políticas e instrumentos disponíveis para preservar o patrimônio moderno construído no Brasil, garantindo que essas importantes construções sejam protegidas e valorizadas para as gerações futuras.

No Brasil, há uma ampla variedade de manuais disponíveis que oferecem orientações para a elaboração de projetos de intervenção em edifícios históricos. Dentre as opções, destaca-se o "Manual de Elaboração de Projetos de Preservação do Patrimônio Cultural", criado pelo Instituto do Programa Monumenta em 2005. Este manual é de extrema importância para o IPHAN, pois serve como um guia para orientar e padronizar a elaboração de projetos de preservação do patrimônio arquitetônico e dos espaços públicos urbanos. Ele, portanto, oferece diretrizes valiosas para garantir a proteção e a conservação adequada do patrimônio cultural do país.

Mesmo após o encerramento do "Programa Monumenta" em 2012, o manual ainda é amplamente utilizado como referência para a elaboração de projetos na área de preservação do patrimônio edificado. Sendo assim, o Projeto de Intervenção no Patrimônio Edificado inclui as etapas descritas na Tabela 2, sendo elas: (1) Identificação e Conhecimento do Bem; (2) Diagnóstico; e, (3) Proposta de Intervenção. No primeiro passo, fazem-se levantamentos que incluem: pesquisa histórica, levantamento físico, análise tipológica, identificação de materiais e sistema construtivo, e prospecções. A segunda etapa envolve o mapeamento de danos, as análises do estado de conservação, os estudos geotécnicos, os ensaios e os teste. A terceira etapa é composta pelo estudo preliminar, o projeto básico e o projeto executivo.

Tabela 2 Etapas do projeto de intervenção no patrimônio edificado

Etapas	Aspectos analisados	Produtos
1 Identificação e Conhecimento do Bem	Pesquisa Histórica	Relatório Documentação Pesquisada Cronologia Construtiva da Edificação
	Levantamento Físico	Levantamento Cadastral
	Análise Tipológica, Identificação de Materiais e Sistema Construtivo	Descrição das características arquitetônicas. Avaliação da autenticidade Características originais básicas Caracterização dos acréscimos Análises e considerações com o entorno
2 Diagnóstico	Prospecções	Arquitetônica Estrutural e do Sistema Construtivo Arqueológica
	Mapeamento de Danos	Representação gráfica do levantamento de todos os danos existentes
	Análises do Estado de Conservação	Materiais Sistema Estrutural Agentes Degradadores Danos de Fundação e Danos Estruturais

	Estudos geotécnicos	Identificação das causas dos danos verificados da edificação	
	Ensaio e testes	Relatório Peças Gráficas Fichas Documentação Fotográfica	
3	Proposta de Intervenção	Estudo Preliminar	Memorial Descritivo Especificações Preliminares de Materiais e Serviços Estimativas de Custos Peças Gráficas
		Projeto Básico	Memorial Descritivo Planilha orçamentária Peças Gráficas Projetos complementares
		Projeto Executivo	Desenvolvimento e detalhamento das informações prestadas na etapa de Projeto Básico

Fonte: Adaptado do Programa Monumenta (IPHAN, 2005)

Cada uma das etapas é minuciosamente descrita e explicada no manual com o propósito de orientar e estabelecer diretrizes para o processo de projeto, tanto em edifícios como em espaços urbanos. Assim, o referido manual apresenta um conjunto de elementos suficientes e necessários para a realização de ações que visem prolongar a vida útil de uma edificação ou conjunto específico de edificações. Esse conjunto inclui os conceitos de restauração, manutenção, estabilização, reabilitação e outros, sendo que cada um deles representa um tipo de intervenção que varia principalmente de acordo com o estado de conservação do bem em questão.

2.3 Procedimentos de conservação

Nesta seção, serão apresentados três referenciais bibliográficos, tanto no âmbito nacional quanto internacional, que embasam a metodologia adotada nesta pesquisa. Considerando que o Plano de Conservação é um dos instrumentos possíveis para a preservação do patrimônio histórico-arquitetônico, cujo objetivo é garantir a integridade desses bens e proteger seus valores de significância em face das demandas decorrentes de seu uso, os procedimentos têm adquirido cada vez mais relevância no campo do restauro. Eles orientam as ações de manutenção, possibilitando intervenções com menor impacto na

edificação, pautadas pelo respeito à sua integridade e seus aspectos construtivos, tecnológicos e socioeconômicos.

Além disso, os procedimentos enfrentam uma prática negativa da tradição brasileira, que é a negligência em relação à conservação preventiva e à manutenção permanente, tanto para edifícios em geral quanto para bens culturais (TONINI E OLIVEIRA, 2016).

Nesse sentido, é importante mencionar como referência metodológica o plano de conservação desenvolvido por James Semple Kerr para a Ópera de Sydney. Kerr criou um guia que se tornou uma referência para a elaboração desses planos. De acordo com Tinoco (2013), a contribuição desse plano foi tão significativa que discussões posteriores sobre o assunto permitiram o desenvolvimento de uma modelagem metodológica amplamente difundida nos Estados Unidos e em países europeus.

Nessa perspectiva, para o âmbito internacional está o plano de conservação proposto por Kerr que apresenta quatro etapas principais, ilustradas na Figura 6, a serem seguidas na elaboração do projeto. São elas: (a) conhecimento do lugar, (b) avaliação da significância, (c) estudos sobre impactos potenciais e (d) propostas de políticas de conservação.



Figura 6 Fluxograma do procedimento de conservação de Kerr
 Fonte: Adaptado de JONKER, s/d apud TINOCO, 2013

De acordo com Tinoco (2013), o processo de identificação e avaliação de valores de um bem cultural consiste em quatro etapas. A primeira etapa envolve a compilação e análise de evidências documentais e físicas para preservar o local em questão. Já a segunda etapa é considerada a mais importante e tem como objetivo identificar os valores de significância do bem cultural. A terceira etapa identifica possíveis ameaças que podem afetar o edifício e seu uso. Por fim, a quarta etapa tem como objetivo desenvolver políticas para preservar um lugar histórico, buscando um equilíbrio entre o uso e a preservação da importância histórica do lugar.

Como referência nacional relevante, é interessante mencionar o estudo realizado por Silva, E. (2017), o qual identificou iniciativas semelhantes na preservação do edifício Sede das Nações Unidas, que poderiam ser utilizadas como referência para definir diretrizes para a preservação do Palácio do Congresso Nacional do Brasil (Figura 7).



Figura 7 Diagrama comparativo de procedimentos para investigar a preservação patrimonial
 Fonte: Adaptado de Silva, E. (2017) e fotografias do Google Earth (2022)

A aplicação das recomendações assimiladas como diretrizes para o Palácio do Congresso Nacional em Brasília é possível devido à análise das ligações e dos valores correlatos entre esses parlamentos, bem como nas particularidades inerentes ao parlamento brasileiro. Tal propósito foi alcançado ao analisar o percurso histórico dos edifícios, abrangendo uma análise crítica dos projetos e da construção original, como também as modificações posteriores.

O autor também ressalta a complexidade de conciliar os princípios estabelecidos pela teoria da preservação com os desafios específicos relacionados ao patrimônio arquitetônico moderno. Ao realizar uma análise crítica do plano de renovação da Sede das Nações Unidas

e das ações implementadas, foram identificados elementos que podem servir de orientação para o Plano de Preservação do Congresso Nacional (Figura 7).

Assim sendo, Silva, E. (2017) utilizou dados como a avaliação das fases do projeto, a construção das edificações e as mudanças ao longo do tempo para estruturar os valores relevantes para a preservação dos parlamentos. Esse estudo permitiu diagnosticar como as mudanças mais significativas afetaram a integridade e autenticidade dos valores da Sede das Nações Unidas, servindo como um estudo de caso.

Com base nos resultados relevantes para o Congresso Nacional, foram estabelecidos subsídios sob a forma de orientações para a preservação da instituição brasileira. Para isso, foram definidas as premissas para o plano de preservação do Congresso Nacional, incluindo a manutenção do local sem alterações, o uso contínuo como parlamento e a preservação da obra como objeto tombado.

A partir das análises de intervenções e parâmetros analíticos, foram identificados os quatro pilares fundamentais para o plano: manutenção, planejamento, metas e escopo, e preservação.

Como pode ser definido pelo autor, a “Manutenção” tem como objetivo estabilizar a degradação dos sistemas e materiais e identificar os objetivos do ciclo de vida da construção. O “Planejamento”, reconhece os papéis da equipe de projetos, especialistas e processos de governança eficientes para alcançar os benefícios dos escopos, custos e cronogramas estabelecidos. O tema “Metas e escopo” estabelece as metas principais da edificação e os níveis de escopo essenciais para alcançá-las. E o último tema, “Preservação”, que define critérios para as intervenções necessárias, considerando as premissas de preservação e valores a serem resguardados. Todavia, vale salientar que o intuito desse estudo foi identificar critérios que possam ajudar na tomada de decisões sobre as futuras ações necessárias. Isso significa que a avaliação não apresenta uma clara e harmônica correlação entre os procedimentos e as estratégias de intervenção.

O grande mérito deste trabalho foi, de forma sintética, permitir que se vislumbre uma sequência de passos de intervenção num fluxograma para a avaliação das decisões de preservação, o que auxilia no projeto no que diz respeito à avaliação das intervenções necessárias e seus impactos na integridade e autenticidade do objeto. Dessa forma, é possível notar uma estrutura básica em forma de árvore de decisões, como demonstrado na Figura 8.

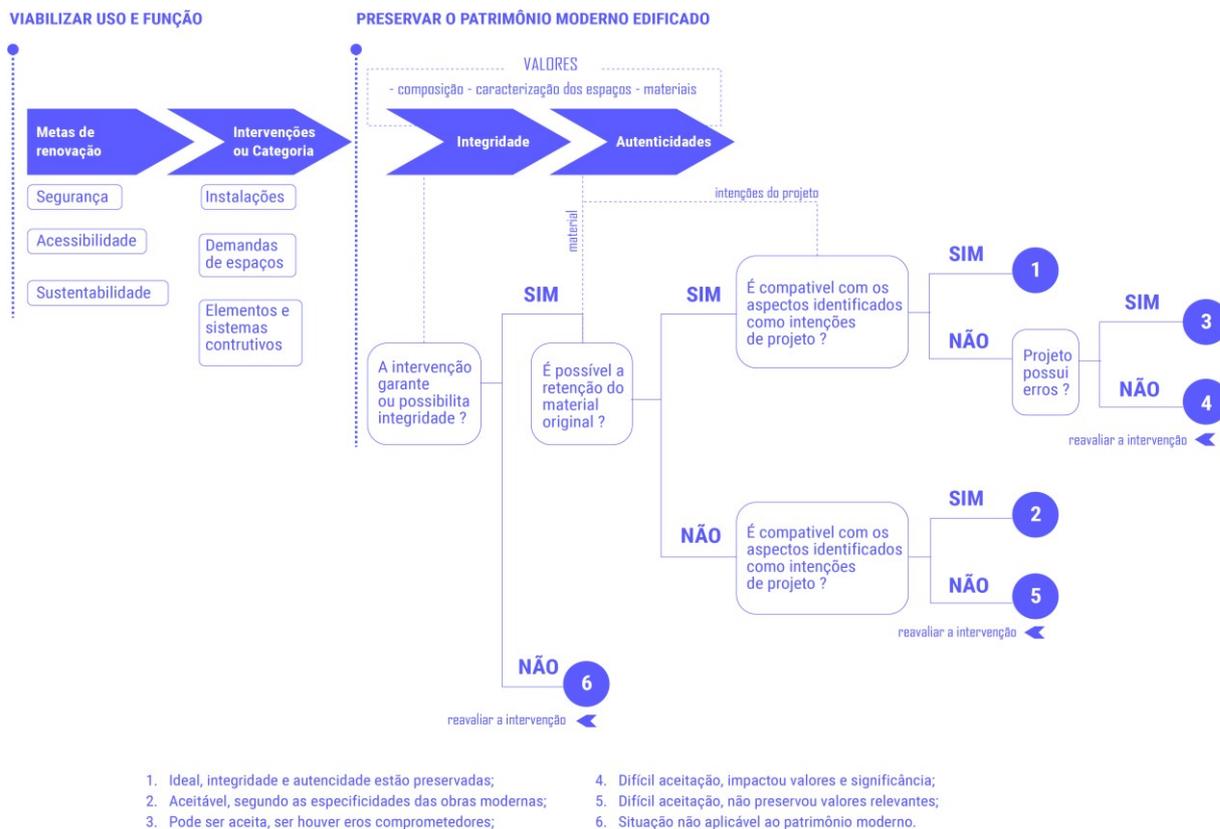


Figura 8 Árvore decisória de preservação do patrimônio moderno edificado
 Fonte: Adaptado de Silva, G. (2017)

O fluxograma apresentado considera três cenários possíveis de intervenção: o primeiro, considerado ideal, o segundo, envolvendo a substituição de partes originais e o terceiro com alterações nas intenções do projeto. Destaca-se ainda que, ao aplicar este método, o autor faz a ressalva de que essas conclusões são preliminares e devem ser submetidas a análises mais aprofundadas, tendo em vista que todas as intervenções devem ser inspecionadas para assegurar que os valores sejam atendidos da mesma forma. Outra constatação foi a de que é crucial avaliar o grau de comprometimento desses valores ao adotar medidas que amenizem o processo de deterioração do objeto. Dessa forma, é crucial rever as intervenções em todos os aspectos possíveis, especialmente aqueles que estão ligados, mesmo que indiretamente, aos valores de significância cultural do patrimônio moderno.

Dessa forma, os estudos de caso têm se mostrado uma ótima ferramenta para auxiliar nas decisões de intervenção no patrimônio edificado. O estudo em questão contribui bastante para o debate sobre a preservação patrimonial, pois fornece subsídios e referências relevantes para a definição de diretrizes e estratégias de preservação desse importante patrimônio histórico e cultural do Brasil.

3 ESTRUTURA E CARACTERÍSTICAS DA ARQUITETURA MODERNA

A arquitetura moderna é um estilo arquitetônico que surgiu em diversas áreas, como pintura, escultura e arquitetura, teve sua produção entre as décadas de 1920 e 1980, baseada em novas técnicas construtivas, estética vanguardista, gerando novas formas de conceber e perceber os espaços arquitetônicos (MOREIRA & NASLAVSKY apud SILVA, P., p. 56, 2012).

Curtis (2008) destaca que, segundo Frank Lloyd Wright, a arquitetura moderna foi influenciada por vários aspectos, incluindo a integração do interior com o exterior da edificação ao seu sítio; a desconstrução da casa tipo caixote para criar interconexão entre os espaços internos; a harmonização das proporções das aberturas e o uso predominante de linhas retas; e a redução na combinação de materiais para evidenciar a concepção do edifício. O autor ainda afirma que a simplificação da forma, a falta de ornamento e a utilização de linhas retas contribuem para a percepção da forma, e que os materiais e a técnica utilizados possibilitam a criação de uma nova linguagem espacial, plástica e funcional (SILVA, P., p.74, 2012).

Segundo Curtis (2008), os materiais utilizados na arquitetura moderna possuem um poder metafórico, onde a abstração da máquina é sugerida pelas paredes rebocadas e pintadas de branco, pelo brilho do vidro e pela finura do alumínio, que remetem a aviões e objetos produzidos em série. Além do concreto armado, o vidro também se tornou um material determinante na formação da imagem da arquitetura moderna, oferecendo leveza volumétrica, transparência e integração com o exterior, sendo posteriormente aprimorado com a cortina de vidro (SILVA, P., p.77, 2012). Giedion (2004) afirma que esta técnica maximiza a superfície transparente que ocupa toda, ou a maior parte, de uma ou mais fachadas. Dessa forma, os edifícios da arquitetura moderna foram concebidos para proporcionar luz e ar ao espaço interno por meio de aberturas, possuindo uma geometria elementar e traçados puros, paredes brancas e panos de vidros brilhantes.

Para Silva P. (2012), é importante destacar a modulação dos perfis estruturais como reflexo da tecnologia dominante e o uso do vidro transparente e incolor na arquitetura moderna. Quando a fachada é afastada da estrutura, o vidro evidencia a sensação de transparência, enquanto a construção modular e as janelas longas permitem a penetração quase ofuscante da luz nos espaços internos. A autora também menciona que a solução estrutural dos edifícios modernos contribuiu para uma maior liberdade, economia de espaço e flexibilidade funcional, permitindo que partes da laje fossem removidas para criar pé-direito duplo ou triplo, deixando o térreo para circulação pública e a cobertura para terraços.

A verticalização surgiu como uma solução arquitetônica para o crescimento urbano impulsionado pela industrialização e aumento da população (GIEDION, 2004). A tipologia do

edifício vertical se disseminou pelo mundo e tornou-se predominante para escritórios em centros urbanos nos Estados Unidos (BENEVOLO, 2001). A cortina de vidro foi um elemento marcante da fachada nestes edifícios, podendo ser constituída por pré-fabricados ou painéis modulados (SILVA, P., p.99, 2012). Segundo Colquhoun (2002), a forma do edifício vertical tem uma expressão plástica que não pode ser desprezada na ação da conservação, e Curtis (2008) descreve o Lever House destacando o efeito de ausência de peso e desmaterialização obtidos através do recuo dos suportes verticais e da redução dos montantes das janelas.

Segundo Silva P., a imagem do edifício vertical de escritórios moderno pode ser definida a partir da análise de alguns exemplares ao redor do mundo, caracterizada pelo seu caráter grandioso, honorífico, sóbrio e simétrico, além do uso de materiais elegantes como bronze cor de ferrugem, vidro cinza âmbar, travertino e mármore verde polido. A autora também fez uma ressalva quanto ao progresso tecnológico do vidro ao longo dos anos, o que permitiu a criação de painéis cada vez maiores e mais transparentes, com a eliminação de imperfeições. Inicialmente, os vidros utilizados eram incolores, com a adição posterior de coloração fumê e bronze, resultando em uma redução da luminosidade e leve redução da carga térmica. Novos tratamentos estão sendo desenvolvidos para melhorar o desempenho térmico e aumentar a eficiência energética (Silva P., 2012, p.101).

O estilo arquitetônico moderno, que apresenta grande diversidade, também sofreu modificações em decorrência do clima, uma vez que o elevado consumo energético dos edifícios verticais de escritórios se tornou um problema cada vez mais presente com o passar dos anos (SILVA, P., 2012). A caixa hermética, característica desse estilo, levou a interiores altamente dependentes do ar-condicionado e da ventilação mecânica, além de espaços profundos que necessitavam de iluminação artificial mesmo durante o dia (COLQUHOUN, 2002). Esse problema se agravou em locais com condições climáticas desfavoráveis, como em países tropicais, levando a alterações na concepção do projeto para refletir a consciência do lugar. Nesse sentido, soluções como sacadas, brises e sistemas de ventilação cruzada foram amplamente utilizadas e testadas, contribuindo para o processo de regionalização da arquitetura moderna (CURTIS, 2008).

No Brasil, país que teve papel de destaque no desenvolvimento do modernismo em clima tropical, a técnica construtiva da estrutura em concreto armado tornou-se largamente utilizada nos edifícios. Além das questões climáticas, a arquitetura moderna também se deparou com a falta de desenvolvimento tecnológico e econômico em alguns países, o que resultou em pesquisas sobre a insolação e o desenvolvimento de técnicas avançadas de uso do concreto armado (SILVA, P., p.84, 2012). Dessa forma, a utilização de grandes superfícies

de vidro, protegidas quando necessário por brise-soleil, foi uma das soluções projetuais encontradas.

Ao analisar a historiografia da arquitetura moderna de edifícios verticais de escritórios, Silva P. (2012) identificou características comuns do estilo brasileiro que demonstram a adaptação ao clima. Um desses exemplos é o edifício sede da Associação Brasileira de Imprensa (ABI), projetado pelos irmãos Roberto em 1935 no Rio de Janeiro e que apresenta anteparos na fachada para controlar a incidência solar (Figura 9).

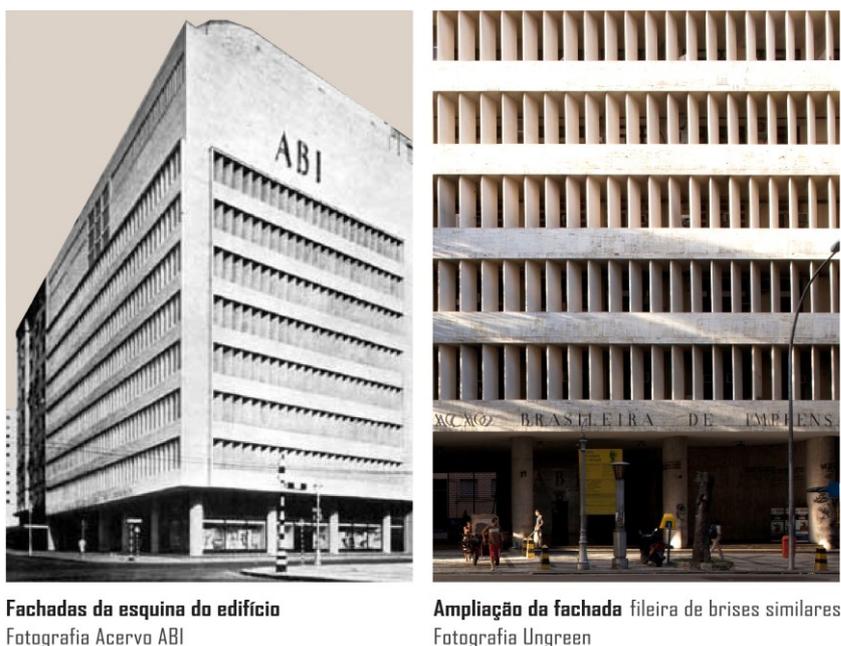


Figura 9 Fachada do do edifício sede da ABI
Fonte: Adaptado de Acervo e Ungreen

De acordo com Bruand (1981), a orientação do terreno exigiu soluções de total controle da radiação solar, o que resultou em uma solução única de brises verticais, criando um vazio na planta que permite a entrada de luz natural nas áreas internas do edifício. As esquadrias em ferro, recuadas e originais, têm um funcionamento adequado até hoje, segundo Silva P. (2012).

Outro caso que expressa a adequação ao clima identificado por Silva P., é o edifício do Ministério de Educação e Saúde, de Lúcio Costa e equipe, construído entre 1937 e 1943, também apresenta soluções climáticas, como o uso de brises estudados para proteger a cortina de vidro da fachada norte e a exposição da pele de vidro da fachada sul, que praticamente não recebe incidência solar (Figura 10). O uso de pilotis no pavimento térreo, uma solução viável no Brasil por causa do clima, concorre para a interação dos espaços

externos e internos. Essas soluções proporcionam ventilação cruzada, iluminação natural e integração com a paisagem exterior.



Figura 10 Fachada do Palácio Gustavo Capanema
Fonte: Adaptado de Marcel Gautherot e Nelson Kon

Ademais, é relevante salientar que a autora destaca a inclusão de pilotis no térreo como uma solução que promove uma nova relação entre o espaço público e privado, embora não seja uma prática muito comum em edifícios de grande altura. Tomando em conta todas essas análises, a Tabela 3 expõe as características comuns que identificam a arquitetura moderna, no que se refere a aspectos como volumetria, uniformidade, flexibilidade, estrutura, material, imagem do edifício, integração com o exterior, uso do vidro, elementos da tradição local e integração das artes.

Tabela 3 Características comuns aos edifícios da arquitetura moderna

Volumetria	Caracteriza-se pela leitura nítida. Exprime leveza, os planos são flutuantes e semitransparentes. Há exemplares nos quais a composição é tripartite: base, corpo e coroamento.
Uniformidade	A organização em planta é definida pela trama estrutural.
Flexibilidade	A estrutura independente favorece a flexibilidade máxima na organização funcional, padronização das partes e coordenação modular de todos os sistemas (COLQUHOUN, 2002).
Estrutura	A trama estrutural estabelece relações, define uma disciplina e gera formas. Possui um valor para a arquitetura contemporânea semelhante àquele da coluna para a Antiguidade Clássica e a Renascença (CURTIS, 2008).
Material	O edifício revela a natureza verdadeira do material.

Imagem do edifício	O volume vertical agrega uma imagem institucional e corporativa. Significa eficiência, nitidez e organização. É, talvez, a tipologia da arquitetura moderna menos adequada a lidar com o desgaste natural do tempo.
Integração interior com exterior	O uso dos pilotis com pé-direito duplo estabelece uma escala de aproximação do edifício com o pedestre. É uma solução que dribla a legislação das áreas centrais da cidade, a qual exige o alinhamento das edificações com o limite do lote.
Transparência do vidro	A predominância das áreas de abertura cria leveza e possibilita a contemplação da paisagem, bem como a iluminação natural.
Elementos da tradição local	Os brises protegem os panos de esquadrias em fachadas que têm grande incidência de radiação solar.
Integração das artes	Murais artísticos são utilizados como revestimento de superfícies verticais e fazem parte do próprio edifício.

Fonte: Adaptado de Silva, P. (2012)

A arquitetura moderna, influenciada principalmente pelos arquitetos da Bauhaus e Le Corbusier, foi vanguardista e se caracterizou por um padrão de desenho técnico distinto das arquiteturas anteriores. Embora tenha ganhado importância na esfera do patrimônio histórico e artístico nacional na década de 1930, somente na década de 1990 a conservação do patrimônio moderno começou a ter força e a demonstrar intensa atividade de um grupo crescente de profissionais envolvidos na sua preservação (MACDONALD, 2013). No Brasil, o IPHAN promoveu iniciativas para a proteção da arquitetura moderna como garantia de concretude e prova de originalidade, não apenas para as gerações futuras, mas também contra as ameaças do presente (NASCIMENTO, p.86 2020).

Assim como em outros países, o patrimônio moderno nacional foi estabelecido por arquitetos modernos engajados com a preservação, cujas práticas seletivas se concentraram na arquitetura de matriz corbusiana e serviram como argumentos de afirmação historiográfica (NASCIMENTO, 2020, p. 86). Dessa forma, a preservação da autenticidade e da integridade das obras do movimento moderno foram fundamentais nos processos de tombamento realizados pelo IPHAN (NASCIMENTO, 2020), que no presente, compreende 814 edificações individuais e 120 conjuntos urbanos e rurais tombados em diversas regiões do país.

Em relação à nova maneira de pensar e fazer arquitetura introduzida no início do século XX, conforme Bruand (1981), a base canônica da arquitetura de Le Corbusier é amparada na premissa dos cinco pontos: pilotis, terraço-jardim, planta livre, fachadas livres e janelas em fita. Estes pontos principais são articulados na arquitetura moderna e introduzem uma nova maneira de projetar e construir que, conseqüentemente, teve reflexos sobre o conforto ambiental em climas tropicais quentes e úmidos. Em alguns casos, esses princípios

foram seguidos de perto, enquanto em outros representavam desafios que a arquitetura precisou enfrentar a partir de então.

Em suma, as soluções adotadas nas fachadas modernistas, segundo Barbosa (2005), foram um dos principais motivos da difusão do movimento moderno na arquitetura. O uso frequente de vidro, janelas estreitas e elementos de proteção solar tornaram as fachadas modernistas a própria exposição do estilo moderno. Essas características arquitetônicas não apenas possuíam um significado simbólico, mas também contribuíam para criar ambientes internos que proporcionavam conforto térmico, iluminação e ventilação adequada. Quanto ao partido arquitetônico das fachadas modernistas, ao eliminar as paredes autoportantes, a opção por uma planta livre possibilitou uma maior conexão e permeabilidade entre os espaços interiores, permitindo uma maior circulação de ventilação e iluminação natural, o que acaba por favorecer o conforto térmico e luminoso dos ambientes. Com as fachadas agora livres, os arquitetos e construtores puderam utilizar grandes superfícies de vidro, o que proporcionou uma maior entrada de luz natural. Contudo, essa decisão também apresentou um desafio para o conforto térmico, uma vez que, sem uma proteção adequada, a transparência do vidro poderia favorecer a formação de um efeito estufa, impactando negativamente no conforto ambiental do espaço.

Além disso, com relação aos critérios de conforto arquitetônico, para esse tipo de arquitetura, tornou-se absolutamente necessário considerar elementos de proteção para as fachadas que estão mais expostas à incidência solar, de acordo com sua orientação. Para minimizar o impacto da luz solar direta e redirecionar a luz natural de forma mais eficiente, foram utilizados elementos de sombreamento como os *brises-soleil*, que se tornaram um elemento distintivo dos projetos modernistas. Com uma implantação criteriosa e estudos detalhados, as fachadas puderam ser expostas sem o desconforto que a falta de proteção poderia causar. Com isso, foi possível permitir a entrada seletiva da luz natural, incluindo sua parcela difusa ou indireta refletida pelo entorno, sem comprometer o conforto térmico e luminoso do ambiente.

3.1 Estrutura visível das fachadas

Neste tópico, busca-se elucidar o estudo das formas arquitetônicas desenvolvido por Curt Siegel em sua obra "*Formas Estructurales en la Arquitectura Moderna*", de 1966. Neste livro, Siegel analisa a arquitetura moderna e avalia elementos estruturais visíveis que refletem a "verdade" da estrutura por meio das decisões de projeto relacionadas à composição de fachadas, pisos, coberturas, paredes externas, acabamentos de telhados e até mesmo à inserção de elementos decorativos.

Como relatado na seção anterior, os arquitetos modernistas desenvolveram padrões por meio da repetição de características arquitetônicas, baseados no princípio do desenho amparado pela racionalidade técnica. A matriz corbusiana, por exemplo, é constituída pelo edifício moderno com pilotis, planta livre, fachada livre, janelas em fita e terraço jardim.

Tendo como base essa visão clássica, o entendimento de que a arquitetura requer técnica para sua execução e que as formas são determinadas pelos traços, torna-se a expressão construtiva do seu tempo. A técnica sempre influenciou a arte construtiva e os arquitetos sempre têm impulsos criativos ao dominar a técnica do material (Siegel, 1966). Conforme o autor, a compreensão das formas técnicas requer um conhecimento que inicie um tipo de estudo da razão na esfera estética. Antes de adentrar no conteúdo sobre as formas estruturais, que os projetistas costumavam explorar como um tipo de cânone modernista, na Tabela 4 os termos arquitetônicos dos estruturais são distinguidos.

Tabela 4 Distingão de formas arquitetônica e estrutural

Termo	Definição	Referência
Forma Arquitetônica	Conceito singular que se refere primordialmente à aparência ou características externas de um objeto, podendo ser descrita por meio de diversas propriedades visuais, como tamanho, cor, textura, posição, orientação e inércia visual. Em outras palavras, a forma é a representação tridimensional do objeto, que inclui seu volume e massa.	CHING, 1996
Forma Estrutural	É o elemento visual predominante na construção de um edifício, e é crucial, mesmo em casos em que existam múltiplos sistemas estruturais sendo utilizados.	CHARLESON, 2005

Fonte: Autora

Dos termos que são usados para as formas da arquitetura moderna, é possível notar que aquele que diz respeito à forma arquitetônica é tudo aquilo que representa a aparência externa de um objeto, sendo, portanto, a representação tridimensional do objeto, como apontado por Ching (1996). No que diz respeito à forma estrutural, o conceito é o elemento visual dos múltiplos sistemas que compõem o edifício, como destacado por Charleson (2005). Em ambos os termos a questão da técnica e da estética na arquitetura sempre foi tema de discussão ao longo da história, inclusive, em estudos que analisavam como seria o encontro entre a técnica e a beleza arquitetônica. Em relação à arquitetura moderna, Van de Rohe afirmava que "a função é uma arte" e ainda definia esse encontro como "a união completa dos meios com os fins" (SIEGEL, 1966). Siegel interpretou tais citações sob o prisma estrutural, como sendo o estudo das formas estruturais que se expressam a partir da combinação entre a arte e a técnica na arquitetura moderna. Logo, essas formas devem consistir na relação entre o princípio estrutural e sua aptidão técnica.

Na obra “Formas estruturais da arquitetura moderna”, Siegel (1966) define a Estrutura Visível como a forma que apresenta duas tendências estruturais para os edifícios: visível ou invisível. A primeira tendência, para Siegel, é muito mais interessante sob a perspectiva da apreciação e compreensão construtiva da estrutura. Ao analisar as formas estruturais, o autor define o que é visível em fachadas da arquitetura moderna, como as tramas estruturais visíveis que podem ser compostas por tipologias, como trama fina e trama aberta.

A tipologia "Trama Fina" é a forma estrutural que se expressa no sistema de fachadas em que há apenas um módulo de janela entre os vãos dos pilares (Figura 11). Nesse tipo de trama, as fachadas do edifício são mais influenciadas pela planta da construção do que pelas leis estáticas. De acordo com o autor, nesta tipologia, a disposição de janelas, pilares e paredes de enchimento impede a construção de paredes divisórias atrás dos suportes estruturais. Isso resulta numa maior variação na posição dessas paredes devido às dimensões intermediárias menores, o que resulta em uma planta mais adequada aos requisitos de espaço e um melhor aproveitamento espacial.

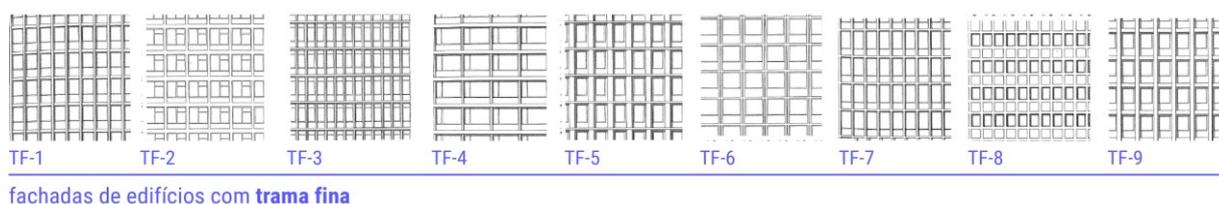


Figura 11 Formas estruturais visíveis em fachadas de edifícios com trama fina

Fonte: Adaptado de Siegel

A tipologia "Trama Aberta" é a forma estrutural que se expressa no sistema de fachadas em que há dois ou mais módulos de janela entre os vãos dos pilares (Figura 12). Nesse tipo de trama, a distância entre os apoios estruturais é maior que a largura de uma janela, o que resulta em vários módulos de janela entre cada apoio.

Dessa forma, os apoios estruturais formam uma faixa de janelas ou são intercalados por suportes intermediários que não suportam cargas e não fazem parte da estrutura do edifício. Estes suportes têm como única função permitir a colocação de janelas, dutos de instalação e paredes divisórias, tornando a distribuição de espaços internos mais flexível e adaptável às necessidades dos usuários.

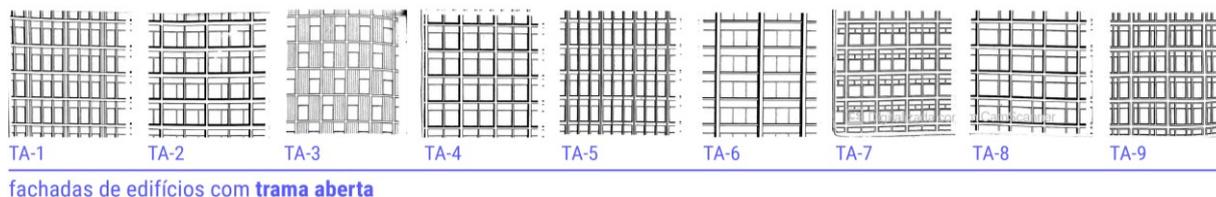


Figura 12 Formas estruturais visíveis em fachadas de edifícios com trama aberta
 Fonte: Adaptado de Siegel

Siegel sustenta que a forma da superfície e o desenho estrutural dos acabamentos das fachadas com estrutura visível são baseados nas relações funcionais e estruturais. Isso significa a finalização do térreo, cobertura e laterais do edifício, que são elementos fundamentais para a avaliação estrutural dos edifícios da arquitetura moderna. Nessa perspectiva, a trama fina pode ser como uma viga de transição quando há uma mudança de função entre os pavimentos e o térreo, enquanto a trama aberta apresenta uma continuidade natural da forma estrutural. É importante notar que o acabamento da cobertura não está relacionado às cargas estruturais, logo, deve-se concentrar na funcionalidade e na construção, tendo em vista que a ocultação da expressividade estrutural das fachadas é considerada uma desvantagem quando comparada aos edifícios com estrutura visível (Siegel, 1966).

Diante do exposto, o escritor salienta que os edifícios com fachada aparente despertam mais interesse do que as outras formas de fachada usadas para ornamentar fachadas da arquitetura moderna, como as fachadas em parede cortina (Figura 13). Nesses casos, um edifício adota um sistema de fachadas composto por tramas de metal e vidro para revestir a parte externa da edificação.

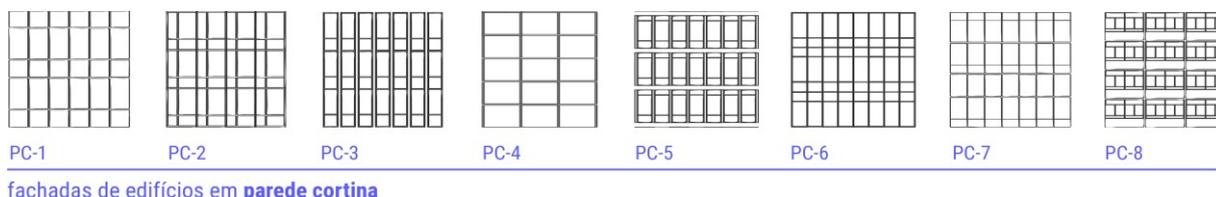


Figura 13 Formas estruturais em fachadas de edifícios em parede cortina
 Fonte: Adaptado de Siegel

Além das tendências estruturais já mencionadas, o autor também analisou as fachadas que chamou de "quadros encaixotados" (Figura 14). Apesar de considerar que essas fachadas são mais para a escala de móveis e objetos de uso cotidiano do que para a arquitetura propriamente dita, ele percebeu que existem exemplos de arquitetura que apresentam uma demarcação das fachadas com um bom senso de escala, como o edifício Palazzo Olivetti (Figura 15).



Figura 14 Formas estruturais em fachadas de edifícios encaixotados
 Fonte: Adaptado de Siegel

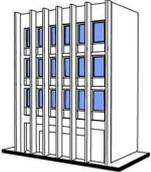
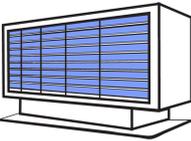


Figura 15 Edifício Palazzo Olivetti, em Milão
 Fonte: Arbalete, 2015

Convém apontar que uma solução bastante comum na arquitetura de Brasília durante o período modernista seguiu, por vezes, o tipo Encaixotado (SÁNCHEZ, 2021). Neste sentido, ao avaliar a fachada tratada por Siegel, mesmo que esta tipologia seja classificada como inferior em comparação aos edifícios com tramas visíveis, o edifício encaixotado possibilita a existência de uma arquitetura com a demarcação de fachadas com fino senso de escala, como apontado por Sanchez e Amorim (2022).

Em resumo, o estudo de Siegel resultou nas principais formas visíveis expressas em fachadas da arquitetura moderna, sendo elas: (1) Trama Fina; (2) Trama Aberta; (3) Encaixotados e (4) Parede cortina. Para permitir maior compreensão destes conceitos, o esquema ilustrativo destes perfis pode ser observado na Tabela 5.

Tabela 5 Tipologias de formas expressas em fachadas da arquitetura moderna

Forma	Fachadas em perspectiva	Características gerais
<p>Trama Fina</p>		<p>A fachada possui apenas um módulo de janela entre os apoios estruturais.</p> <p>Edifícios com maior variação da posição da alvenaria e maior liberdade nas plantas do interior do edifício; apoios delgados e vigas com maior dimensão.</p>
<p>Trama Aberta</p>		<p>A fachada possui dois ou mais módulos de janela entre os apoios estruturais.</p> <p>Edifícios com menor variação da posição da alvenaria e menor liberdade nas plantas do interior do edifício; geralmente apresentam apoios menos esbeltos quando comparados aos da trama fina.</p>
<p>Encaixotado</p>		<p>A estrutura é anteposta e os elementos construtivos são igualados com aparência externa uniforme. Assim, trata-se da arquitetura com a demarcação de fachadas com fino senso de escala.</p> <p>As edificações que possuem tal concepção formal, vinda do desenho de mobiliário, foram nomeadas de "quadros encaixotados" por Siegel.</p>
<p>Parede Cortina</p>		<p>São edifícios que possuem menor valor estrutural visível atribuído, mas também possuem estratégias que destacam a edificação estruturalmente.</p>

Fonte: Adaptado de Siegel (1966)

É importante destacar que essas análises abrangem boa parte dos parâmetros que este trabalho se propõe a avaliar na Seção 6.1, que é relevante para a aplicação do método da dissertação.

4 RETROFIT ENERGÉTICO E PRESERVAÇÃO

Em termos objetivos, o retrofit, como uma forma de intervenção predial, pode ser uma tática eficaz para transformar construções antigas ou novas em espaços mais sustentáveis, alinhados aos princípios de preservação dos recursos naturais e desenvolvimento sustentável. Essa abordagem oferece benefícios significativos em termos de eficiência energética e preservação do patrimônio arquitetônico, contribuindo assim para a construção de um futuro mais equilibrado e consciente.

A relação entre estratégias para alcançar maior eficiência energética em edificações existentes, especialmente aquelas com valor histórico e cultural, e a contribuição para o ambiente construído é um tema relevante e desafiador. Preservar e valorizar o patrimônio arquitetônico enquanto se busca a eficiência energética requer abordagens cuidadosas e adaptadas às características específicas dessas edificações.

Ao considerar edificações históricas e culturais, é essencial adotar estratégias que respeitem e preservem as características arquitetônicas e a integridade do patrimônio. Isso pode ser alcançado por meio da utilização de tecnologias e materiais de construção sustentáveis, como isolamento térmico adequado, janelas eficientes em termos energéticos e sistemas de iluminação eficientes. Essas medidas podem contribuir para melhorar o desempenho energético sem comprometer a autenticidade do edifício.

Diante dessas premissas, o estudo sobre retrofit energético e preservação é dividido em duas partes. A primeira abordará a eficiência energética no setor das edificações, contextualizando os principais conceitos relacionados ao tema, os instrumentos de regulação da eficiência energética nas edificações e os dados de consumo energético.

A segunda parte será dedicada ao retrofit da envoltória no patrimônio construído, compreendendo o papel da envoltória na eficiência energética, salientando a importância de intervenções que integrem vertentes de preservação e retrofit. Ainda serão apresentados estudos de caso que exemplificam projetos bem-sucedidos nesta área, demonstrando como é possível conciliar a preservação do patrimônio arquitetônico com a procura pela eficiência energética.

4.1 Eficiência energética: setor das edificações

Dada a variedade de definições de eficiência energética (conforme apresentado na Tabela 6), o conceito será abordado como uma alternativa para a diminuição do consumo energético, bem como para a promoção de um uso mais eficiente dos recursos do planeta.

Em outras palavras, a eficiência energética será descrita como a utilização racional da energia, levando em conta os requisitos de conforto, segurança e saúde, justamente, por fornecer serviços de qualidade ao passo que usa o menor número de recursos possível.

Tabela 6 Definições de eficiência energética

Termo	Definição	Referência
Eficiência energética	É a razão ou outra relação quantitativa entre uma saída de desempenho, serviço, bens ou energia e uma entrada de energia. Pode ser relacionada com outros principais conceitos e estratégias pertinentes à medição do desempenho energético.	ABNT NBR ISO 50006 (p.5, 2016)
	É um atributo inerente à edificação representante do seu potencial em possibilitar conforto térmico, visual e acústico aos usuários com baixo consumo de energia.	Lamberts et al, 2014
	Trata de medidas a serem implementadas ou já implementadas, bem como os resultados alcançados decorrente de melhorias na utilização da energia. Além disso, a existência de ferramentas tidas como indicadores energéticos são capazes de indicar a eficiência de um país ou região (macroindicadores) ou até mesmo caracterizar a eficiência de um edifício ou habitação.	Ferreira, J. e Ferreira, T. (1994)
	É chave para assegurar a segurança, confiabilidade, viabilidade e um sistema energeticamente sustentável para o futuro. É o recurso energético que todo país possui em abundância e é o jeito mais rápido e barato de abordar a segurança energética, ambiental e seus desafios econômicos.	IEA, 2017

Fonte: Autora

A escassez de recursos energéticos é um problema global que afeta uma ampla gama de setores no ramo da energia elétrica em todo o mundo. O setor de edificações, todavia, desempenha um papel relevante na diminuição do consumo de energia elétrica e na mitigação da insuficiência desses recursos. De acordo com o Balanço Energético Nacional (BEN, 2022), no Brasil, as edificações atualmente representam uma parcela significativa, correspondendo a 48,3% do consumo total de energia elétrica. Logo, a avaliação da eficiência energética nas edificações é crucial para a diminuição do consumo de energia elétrica e, conseqüentemente, para uma maior sustentabilidade ambiental.

Quanto aos recursos escassos, a implementação de retrofits de eficiência energética e a construção de edifícios projetados para serem mais eficientes têm se mostrado estratégias promissoras. Essas medidas podem reduzir de 30% a 50% o consumo de energia das edificações (MITSIDI P., p.4, 2018). Esses números ressaltam o potencial de atuação no setor das edificações e destacam a importância de incorporar a eficiência energética em todas as fases do ciclo de vida dos edifícios.

Dessa forma, a eficiência energética deve ser considerada um tema central em todas as fases do ciclo de vida das edificações, desde o projeto e construção até a operação e manutenção. É fundamental promover a conscientização e a adoção de práticas sustentáveis

no setor, incentivando a implementação de tecnologias e estratégias que visem a redução do consumo de energia e a otimização do desempenho energético dos edifícios.

Para além das vantagens apontadas, a eficiência energética nas edificações traz benefícios adicionais, como a implementação de medidas eficientes pode levar a uma diminuição das emissões de gases de efeito estufa, promovendo a mitigação das mudanças climáticas. Sendo assim, torna-se uma alternativa indispensável para a transição do sistema energético mundial para uma matriz produtora e consumidora de energia menos responsável pela emissão de gases de efeito estufa.

Ao adotar medidas para edifícios energeticamente eficientes, é possível proporcionar benefícios tanto econômicos quanto para a qualidade de vida dos usuários. Conforme apontado por CARLO (2008), a eficiência energética é utilizada em projetos de edificações para racionalizar o consumo de energia, evitando desperdício, mas sem comprometer os serviços essenciais para a saúde, segurança, conforto e produtividade dos ocupantes. Estas melhorias permitem um ambiente interno mais agradável, com controle de temperatura, qualidade do ar e iluminação adequada, o que resulta em mais satisfação e produtividade dos usuários. É importante frisar que esse conceito não se limita a diminuir o consumo de energia, mas sim a encontrar um equilíbrio entre o desempenho energético e o conforto dos usuários.

Em relação aos edifícios existentes, é necessário avaliar a viabilidade de melhorias antes de considerar sua demolição completa, uma vez que essa avaliação contribui de forma positiva para o alcance das metas globais de eficiência energética de uma cidade ou região.

Dessa forma, o reaproveitamento de edificações antigas favorece a utilização eficiente dos recursos, ao mesmo tempo em que agrega valor cultural e promove as tradições locais (POWTER e ROSS, 2005). Nesse cenário, as necessidades de conforto, diminuição e racionalização do uso de energia dão grande relevância à eficiência energética dos edifícios em termos sustentáveis e econômicos.

4.1.1 Instrumentos de regulação da eficiência energética das edificações

Segundo CHVATAL (2007), o expressivo aumento do custo da energia, aliado ao fato de sua fonte ser finita em termos de impacto ambiental associado ao seu uso, tem estimulado iniciativas, medidas e pesquisas para estimular a eficiência energética. A contar por isso, muitos países adotaram medidas legais e regulamentares com o intuito de estabelecer níveis de desempenho térmico para edifícios, que são gradualmente alterados para acompanhar o desenvolvimento do conhecimento relevante.

No âmbito internacional, as regulamentações de energia não pretendiam fornecer formulações descritivas, mas sim condições aos arquitetos para se adaptarem ao clima mais conveniente dos materiais de construção. Logo, a perda de calor de dentro para fora, o tamanho das aberturas, a eficiência dos equipamentos e muito mais, tornaram obrigatórias as regulamentações de eficiência energética sob a lei federal. Vários países iniciaram programas para incentivar a redução do consumo de energia, resultando em padrões de eficiência energética. Tanto os regulamentos, quanto às diretrizes de eficiência energética têm como referência as normas da ASHRAE – *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers* – que precede suas criações, ao mesmo tempo em que orienta e fundamenta algumas de suas diretrizes.

Em países europeus, os projetos de intervenção em edifícios históricos e tombados são beneficiados pelo recente regulamento da EN 16883:2017, que estabelece diretrizes para avaliar e identificar as operações que contribuem para a melhoria do desempenho energético. Essa abordagem é embasada no pleno conhecimento dos sujeitos envolvidos na intervenção. Esse estudo cognitivo leva em consideração primeiramente o próprio edifício, analisando suas características e particularidades. Em seguida, amplia o escopo para englobar as estruturas, diagnósticos e significados que estão por trás do edifício enquanto patrimônio cultural.

No cenário nacional, a eficiência energética tem sido amplamente reconhecida como um recurso crucial para o planejamento energético do país, conforme evidenciado em estudos governamentais como o Plano Anual de Expansão Energética (PDE), o Programa Nacional de Energia (PNE) e o Programa Nacional de Eficiência Energética (PNEf). Desde a promulgação da Lei de Eficiência Energética no início dos anos 2000, uma série de medidas têm sido implementadas para garantir a eficiência de equipamentos, veículos e edifícios. Essas medidas incluem programas como o PROCEL, CONPET, PEE/ANEEL, entre outros (Figura 16).

Destaca-se o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), coordenado pelo Inmetro, que inclui diversos programas de avaliação de conformidade, utilizando a etiqueta PBE Edifica com cinco níveis de eficiência (de A a E) para construções novas e existentes. O PBE Edifica da PROCEL inclui as seguintes edificações: indústria; iluminação pública; saneamento; educação; projetos estruturantes; informação; gestão energética municipal e marketing. Desde 2010, os regulamentos deste programa estão passando por revisões que afetam o processo de obtenção da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE), a qual fornece informações sobre o desempenho em termos de eficiência energética.

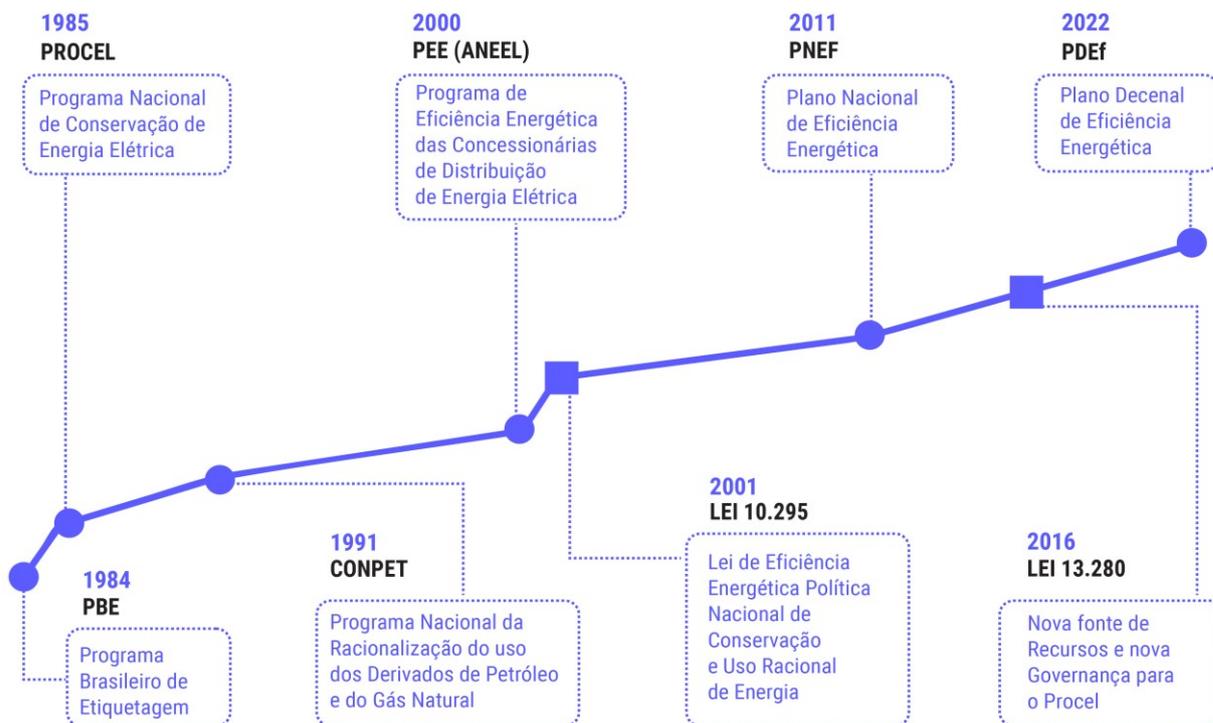


Figura 16 Principais marcos regulatórios brasileiros na área de eficiência energética
 Fonte: Adaptado de EPE (Atlas, 2022)

Com a evolução dos marcos legais no Brasil, evidencia-se a Instrução Normativa SLTI/MPOG nº 2, de 4 de junho de 2014, a qual determinou que intervenções de retrofit e projetos de novas edificações públicas federais contenham a máxima classificação na ENCE, tornando obrigatória a etiquetagem de edifícios públicos federais (BRASIL, 2014). O Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edificações comerciais, de Serviços e Públicos – RTQ-C há tempos foi o instrumento que estabelecia os métodos e os requisitos técnicos para a etiquetagem, enquanto os Requisitos de Avaliação da Conformidade para a Eficiência Energética de Edificações Residencial, Comercial, de Serviço e Público – RAC-C determinam as etapas e métodos de inspeção (INMETRO, 2010).

Além disso, um avanço recente foi a introdução da nova metodologia da Etiqueta PBE Edifica, a qual é regulamentada pela Instrução Normativa Inmetro para a Eficiência Energética das Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (INI-C), passando a vigorar a partir de outubro de 2022. Essa ferramenta especifica critérios e métodos para a classificação de edificações não residenciais, visando à etiquetagem das mesmas. Para isso, a classificação é baseada no consumo de energia primária, confrontando o consumo da edificação real com a edificação em uma condição de referência equivalente à classificação mínima. Na INI-C, portanto, os critérios e métodos necessários para classificar as edificações são: o consumo

de energia em quatro sistemas avaliados para envoltória, ar-condicionado, iluminação e aquecimento de água.

A Figura 17 apresenta uma linha do tempo que mostra todas as publicações relacionadas aos Regulamentos Técnicos da Qualidade (RTQs) e destaca os prazos e disposições transitórias entre os RTQs e as Instruções Normativas (INIs).

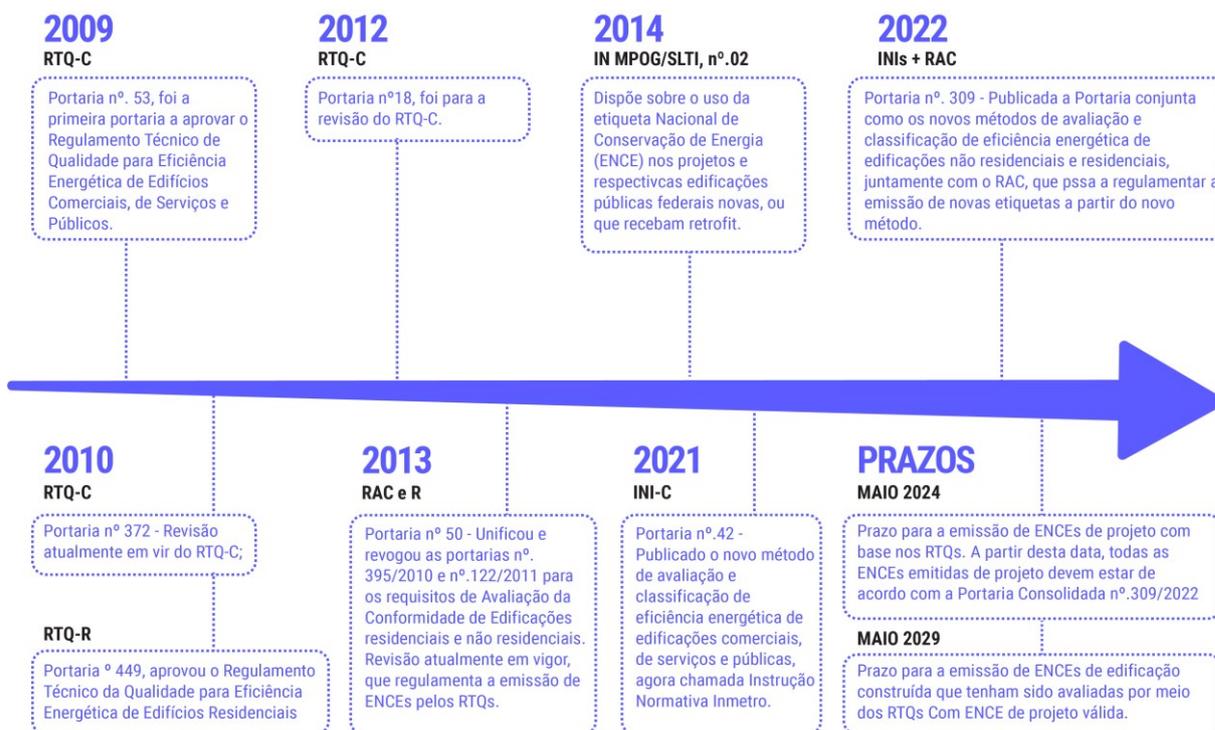


Figura 17 Linha do tempo que identifica todos os instrumentos de eficiência energética
 Fonte: Adaptação de EPE (Atlas, 2022)

Nesse contexto, o PBE desempenha um papel crucial no avanço do país, uma vez que estabelece requisitos que exigem que as edificações públicas alcancem níveis mais elevados de eficiência energética.

4.1.2 Consumo energético no Brasil

No Brasil, o consumo total de eletricidade em 2020 foi de 475 TWh, o que representou uma queda de 1,4% em relação a 2019. No entanto, no primeiro trimestre de 2021, houve um aumento de 3,0% no consumo de energia elétrica em comparação com o mesmo período do ano anterior. Quando analisamos individualmente as classes, observa-se uma redução de 4,4% no consumo da classe comercial, enquanto as classes residencial e industrial apresentaram expansão de 5% e 7,2%, respectivamente (BEN, 2022).

Em relação ao consumo energético das edificações brasileiras, a Figura 18 demonstra que elas correspondem a 48,3% do consumo total do país no ano base de 2021. Isso evidencia a importância de se adequar os projetos arquitetônicos para empregar estratégias que promovam o uso eficiente da eletricidade, tanto para iluminação quanto para aquecimento e resfriamento dos ambientes.

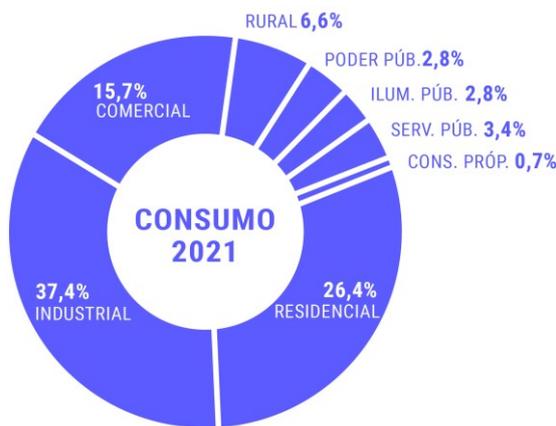


Figura 18 Participação setorial no consumo de energia elétrica no Brasil
 Fonte: Adaptado de BEN (Relatório Síntese do ano base de 2021, 2022)

No que diz respeito à distribuição do consumo final de energia em edifícios comerciais, em média, 47% é destinado ao condicionamento de ar, 22% para iluminação e 31% para outras cargas, conforme apresentado na Tabela 7. É importante salientar que a taxa de consumo pode variar de acordo com o tipo de edificação, sua localização geográfica e seu uso específico (LAMBERTS et al., 2014).

Tabela 7 Usos finais de energia no Setor público no contexto brasileiro

Setor	Usos finais de energia elétrica	Consumo de energia (média nacional)
Público	Iluminação artificial	22%
	Ar condicionado	47%
	Equipamentos e demais cargas	31%

Fonte: Lamberts et al. (2014)

A contribuição potencial das edificações brasileiras para a eficiência energética é considerada relevante a médio e longo prazo e representa cerca de 50% do consumo total de energia elétrica no país, em residências, comércios e setor público. É possível ampliar o potencial das tecnologias mais eficientes no setor elétrico e avançar nas regulamentações e preços de energia, levando em conta a dinâmica específica do setor de edificações.

Segundo Geller (1994), a maior parte do consumo de energia das edificações dos setores público e comercial é decorrente de fatores arquitetônicos e construtivos.

Normalmente, cerca de 64% do consumo é devido ao condicionamento ambiental e à iluminação, o que evidencia a importância da sustentabilidade em projetos arquitetônicos preocupados com a eficiência energética do ambiente construído.

Segundo informativos da PROCEL, as edificações correspondem a cerca de 45% do consumo total de energia elétrica faturada no Brasil. Estratégias de eficiência energética aplicadas em edificações podem resultar em reduções de consumo de até 50% em novas edificações e 30% em edificações existentes.

Dessa forma, a requalificação de edifícios existentes é fundamental para alcançar o objetivo de eficiência energética em escala global. Além disso, o reaproveitamento de edifícios antigos pode promover o uso eficiente de recursos e valorizar tradições locais. Para isso, os projetos arquitetônicos devem contemplar padrões sustentáveis e considerar as particularidades e influências da envoltória. (POWTER e ROSS, 2005).

4.2 Retrofit da envoltória no patrimônio construído

A otimização da eficiência energética é uma meta indispensável no processo de intervenção em edifícios de valor histórico e cultural. Nesse contexto, o conceito de retrofit se mostra como uma abordagem adequada, permitindo a implementação de ações que visam aprimorar o desempenho energético das construções existentes, especialmente aquelas que possuem um valor patrimonial significativo, promovendo assim a preservação do seu legado.

A definição de retrofit, conforme descrito por Barrientos (2004), é a combinação dos elementos "*retro*", derivado do latim, que significa movimentar-se para trás, e "*fit*", do inglês, que significa adaptação e ajuste. Dado este raciocínio, é possível inferir que essa junção de sentidos representa a ideia de adaptar e ajustar de forma retrospectiva, permitindo intervenções que atualizem e aprimorem as edificações existentes.

A origem do termo "*retrofit*" é atribuída à aviação, que se refere à atualização de aeronaves para incorporar novos e modernos equipamentos disponíveis no mercado. Com o decorrer do tempo, o conceito de retrofit se expandiu para outras áreas, inclusive a construção civil (MORAES e QUELHAS, 2012). Atualmente, esse termo é comumente utilizado para melhorar o desempenho e a operação, adicionando ou atualizando tecnologias e características em equipamentos ou materiais antigos. Portanto, o estudo do retrofit desempenha um papel crucial no futuro das edificações existentes.

Qualharini (2004) define retrofit como a intervenção em uma edificação que foi executada de acordo com padrões ineficazes às necessidades contemporâneas. Sendo assim, o retrofit, na sua essência original, pode ser considerado como uma reforma, a

renovação completa de uma edificação, uma intervenção num patrimônio, ou seja, colocar o antigo numa nova forma, preservando tanto o valor histórico quanto estético e trabalhando com o conceito de sustentabilidade, em vez de descartá-los.

Considerando os vários conceitos e sinônimos que estão associados à prática de retrofit, considera-se um recurso que tem como objetivo revitalizar edifícios antigos, para aumentar sua vida útil, desempenho e função, ao mesmo tempo em que preserva as características que atendem às necessidades dos usuários, de acordo com Ferreira et al. (2003). No entanto, é importante levar em conta a complexidade inerente ao patrimônio arquitetônico, garantindo a preservação não somente dos aspectos físicos e estruturais, mas também das características e valores arquitetônicos, para manter sua historicidade e importância para as gerações futuras.

Na tabela 8, são apresentados alguns termos próximos ao conceito de retrofit e recorrentes nas ações de intervenção predial, com diferenças sutis entre si, como: conservação, preservação, diferentes tipos de manutenção e reformas. Todas essas medidas têm um ponto em comum: a adoção de medidas corretivas ou de manutenção para assegurar o bom desempenho do edifício e prolongar sua vida útil.

Tabela 8 Principais conceitos relacionados à intervenção no patrimônio

Termo	Conceito	Referência
Conservação	É o processo de cuidar de um lugar para manter seu significado cultural, podendo implicar, ou não, a preservação, a restauração e a manutenção.	ICOMOS, 2013
Preservação	É a proteção, a manutenção do estado existente retardando a deterioração.	ICOMOS, 2013
Manutenção Rotineira	É caracterizada por um fluxo constante de serviços, padronizados e cíclicos, citando-se, por exemplo, limpeza geral e lavagem de áreas comuns.	ABNT NBR 5674/2012
Manutenção Preventiva	Caracterizada por serviços cuja realização seja programada com antecedência, priorizando as solicitações dos usuários, estimativas da durabilidade esperada dos sistemas, elementos ou componentes das edificações em uso, gravidade e urgência, e relatórios de verificações periódicas sobre o seu estado de degradação.	ABNT NBR 5674/2012
Manutenção Corretiva	Caracterizada por serviços que demandam ações ou intervenção imediata a fim de permitir a continuidade do uso dos sistemas, elementos ou componentes das edificações, ou evitar graves riscos ou prejuízos pessoais e/ou patrimoniais aos seus usuários ou proprietários.	ABNT NBR 5674/2012
Reforma	Alteração nas condições da edificação existente com ou sem mudança de função, visando recuperar, melhorar ou ampliar suas condições de habitabilidade, uso e segurança, e que não seja manutenção.	ABNT NBR 16280:2014b

Fonte: Autora

No que tange o retrofit e a preservação patrimonial, Martínez-Molina et al. (2016) apontam que a adaptação ao conforto térmico e às normas ambientais é uma necessidade para a continuidade dos edifícios históricos. Ainda de acordo com os autores, um retrofit

energético adequado ajuda a diminuir as emissões de carbono e o consumo de energia, fortalecer o desenvolvimento sustentável, melhorar o conforto térmico e preservar o legado histórico e cultural dessas edificações (Martínez-Molina et al., p.86, 2016). Isto significa que, em termos de preservação patrimonial, o retrofit pode ser considerado uma estratégia de conservação, uma vez que estimula o uso e a apropriação dessas edificações.

Em linhas gerais, esse estudo visa o aprofundamento do tema retrofit, empregando o conhecimento de metodologias, técnicas e novos materiais, com atenção especial à questão da salvaguarda dos detalhes e características arquitetônicas do patrimônio edificado. Dentre os projetos analisados, estão alguns que consideraram edifícios tombados e não tombados, focando em diferentes aspectos ligados ao retrofit energético e à preservação da arquitetura moderna.

4.2.1 Papel da envoltória na eficiência energética

A envoltória pode ser compreendida como a estrutura responsável por definir os limites da edificação, estabelecendo uma separação entre o ambiente interno e externo, viabilizando a troca de calor entre eles (PIRRÓ, 2005). Essa estrutura é formada por componentes tanto horizontais, como coberturas, quanto verticais, como paredes externas. Conforme a definição do Ministério de Minas e Energia (CEPEL, p. 85, 2015):

A envoltória pode ser entendida como a pele do edifício. Isto é, o conjunto de elementos do edifício que estão em contato com o meio exterior e compõem os fechamentos dos ambientes internos em relação ao ambiente externo. Em geral, piso e paredes em contato com o solo, no caso de ambientes no subsolo (garagens e depósitos, por exemplo) são considerados parte da envoltória.

De acordo com essas definições, os elementos da envoltória de um edifício são como uma equação complexa, composta por diversas variáveis, como a forma, função, sistema construtivo e ambiente em que o edifício é construído. Dessa forma, a adequação do conforto ambiental e a eficiência energética também dependem das fachadas, como apontado por Herzog et al. (2004), pois elas devem combinar sombreamento, orientação, iluminação e captação de energia solar com materiais adequados.

Em geral, as características da envoltória são relevantes nas análises de eficiência energética de edifícios, uma vez que as condições ambientais são influenciadas por essas características construtivas. O clima é um fator determinante nessa definição. Portanto, é essencial garantir que condições climáticas extremas não causem desconforto excessivo, a fim de minimizar o consumo de energia necessário para ventilação, refrigeração e/ou aquecimento. Isso contribui para a redução do consumo energético e promove o conforto térmico, resultando em edifícios mais eficientes e sustentáveis.

Uma curiosidade é o conceito de envoltórias multifuncionais, que se refere a fachadas ou coberturas que desempenham mais de uma função relacionada à eficiência energética (HERZOG et al., 2004). Essas envoltórias são construídas de forma a incorporar sistemas solares ativos que produzem calor e/ou eletricidade. Atualmente, a adoção dessas envoltórias é de grande relevância na busca por soluções eficientes em termos de energia para edifícios (HAUSLADEN et al., 2006). Essa abordagem inovadora permite maximizar o aproveitamento de recursos renováveis, contribuindo para a redução do consumo de energia e o avanço em direção a edifícios mais sustentáveis e energeticamente eficientes.

Diante disso, cabe destacar a relevância das fachadas na redução do consumo energético dos edifícios, visto que cumprem diversas funções. Além de ventilação, iluminação, proteção contra umidade e regulação da temperatura, as fachadas também regulam a entrada de ventos e iluminação natural, oferecem controle das vistas externas, promovem segurança, asseguram isolamento acústico e proteção contra incêndios, possibilitando ainda a geração de energia. A eficiência energética de um edifício pode ser alcançada por meio de intervenções abrangentes no projeto, construção e renovação, além de melhorias nos sistemas de ar condicionado e iluminação, juntamente com práticas conscientes de uso do edifício. Para promover essas ações, é importante implementar leis, códigos de construção, práticas profissionais eficientes e programas de educação ambiental, a fim de conscientizar tanto os profissionais da construção quanto os usuários do edifício. Dessa forma, é possível garantir um ambiente construído mais sustentável e reduzir o consumo de energia de forma significativa.

O INI-C estabelece as variáveis da envoltória necessárias para a avaliação do edifício, assim como os instrumentos ou documentos exigidos para verificar o cumprimento das especificações do projeto (INMETRO, 2021). Essas variáveis englobam a orientação da edificação, os fechamentos e revestimentos da envoltória, os ângulos de sombreamento, as propriedades térmicas dos componentes construtivos, dentre outros. Todavia, as principais variáveis relacionadas à envoltória são as áreas com fechamentos transparentes ou translúcidos que permitem a entrada de luz, como janelas, painéis plásticos, clarabóias, portas de vidro e paredes de blocos de vidro.

Quando se trata de avaliação de desempenho e eficiência energética, é conveniente considerar uma variedade de procedimentos e técnicas de inspeção para caracterização térmica da envoltória. Logo, é indicada a utilização de métodos não invasivos e sistemas automatizados de coleta e processamento de dados, a fim de garantir que o retrofit seja baseado em estratégias abrangentes, precisas e confiáveis que correspondam à realidade da edificação. Nesse sentido, deve-se dar especial atenção às construções históricas, onde as

alterações devem ser compatíveis com a estrutura física existente, respeitando os princípios de preservação patrimonial.

Em suma, para que a análise da envoltória eleve o conforto ambiental e a eficiência energética do edifício, é imprescindível considerar as variáveis como sombreamento, orientação, iluminação natural e captação solar, em conjunto com a seleção de materiais apropriados. Dado que, ao analisar a envoltória de forma mais abrangente, é possível melhorar o desempenho do edifício, reduzindo a sua dependência em sistemas mecânicos de climatização e iluminação.

Para embasar o método proposto nesta dissertação, as seções seguintes apresentarão informações para que seja feita uma análise simplificada da eficiência energética da envoltória, partindo das seguintes variáveis: o PAF (Percentual de Área de Fachada), as propriedades térmicas e ópticas do vidro, como o Fator Solar (FS) e a Transmissão Luminosa (TL), bem como os elementos de proteção solar da fachada, levando em consideração os materiais empregados e a orientação solar.

Percentual de Abertura das Fachadas – PAF (%)

No manual do INI-C (INMETRO, p. 53, 2021), o PAF (%) refere-se à proporção entre a área das aberturas e a área da parede externa, devendo ser calculado para cada zona térmica. Esse índice é empregado para representar as aberturas nas fachadas, que são definidas como aberturas em superfícies que formam um ângulo superior a 60° em relação ao plano horizontal (Figura 19).

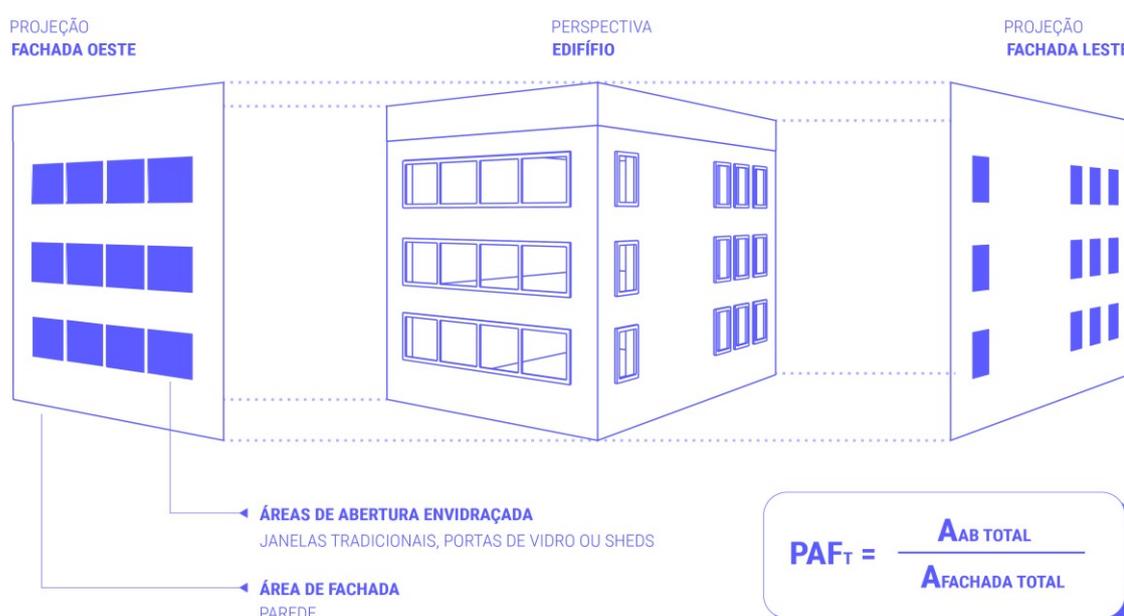


Figura 19 Representação das superfícies do edifício
 Fonte: Adaptado do manual INI-C (INMETRO, p.52, 2021)

Sendo assim, esta importante variável de eficiência energética (PAF), também conhecida como "*Window Wall Ratio*" (WWR), é a razão entre a área de janelas e a área da superfície externa. Logo, o seu dimensionamento deve ser feito com cautela em função dessa proporção, pois grandes aberturas permitem a entrada de luz no espaço interno, mas também podem causar o excesso de calor. Como apontado por MARINOSKI et al. (2007), o tamanho das janelas tem um impacto direto nos sistemas de iluminação e ar condicionado do ambiente. Isto significa que encontrar um equilíbrio entre a iluminação natural desejada e o controle térmico eficiente é indispensável para criar espaços internos confortáveis e com eficiência energética.

Propriedades térmicas e ópticas dos materiais

Na busca pelo aprimoramento do conforto térmico em construções, especialmente no contexto brasileiro, é de extrema importância possuir conhecimento acerca das propriedades dos componentes construtivos das superfícies externas da edificação. Para iniciar essa discussão, é oportuno apresentar alguns termos relacionados às propriedades materiais que compõem a envoltória (Tabela 9), tais como: transmitância térmica, capacidade térmica e absortância.

Tabela 9 Conceitos importantes para a propriedade térmica dos materiais

Termo	Definição	Referência e/ou base de cálculo
Transmitância térmica	Quantidade de calor transferida por unidade de tempo e por área unitária de um elemento ou componente construtivo.	ABNT NBR 15220-2, 2005b
Absortância	Quociente da taxa de radiação solar absorvida por uma superfície, pela taxa de radiação solar incidente sobre esta mesma superfície	ABNT NBR 15220-2, 2005b
Capacidade Térmica	Quantidade de calor necessária para variar em uma unidade a temperatura de um sistema em kJ/(m ² .K).	ABNT NBR 15575-1 (p.7, 2013)

Fonte: Autora

Tais conceitos podem ser aplicados tanto em superfícies opacas quanto translúcidas. Em relação às características energéticas das janelas, Lamberts et al. (2014) afirmam que existem fatores relevantes que são inerentes ao fluxo de energia pelas janelas, sendo os principais: (1) Perdas e ganhos de calor (não solar) por condução, convecção e radiação; (2) Ganho de calor solar através da radiação; e (3) Troca de ar (ventilação e infiltração).

Os autores também salientam que essas trocas térmicas da edificação têm um impacto nos processos observados nas superfícies dos materiais. A transmissividade do vidro é relevante no que diz respeito à radiação, pois uma parte da radiação é transmitida para o ambiente, o que difere dos processos observados em superfícies opacas. Em relação às

superfícies translúcidas, outra variável importante é o Fator Solar (FS), que representa a quantidade de radiação solar que atravessa o componente translúcido. Esse fator é expresso pela NBR 15.220-2 (p. 3, 2005b):

É o quociente da taxa de radiação solar diretamente transmitida através de um componente transparente ou translúcido, sob determinado ângulo de incidência, mais a parcela absorvida e posteriormente retransmitida para o interior, pela taxa de radiação solar total incidente sobre a superfície externa do mesmo.

Quanto maior for FS do vidro, maior será a quantidade de energia que passa através do mesmo (Figura 20). De acordo com Lamberts et al. (2004), de maneira geral, cerca de 50% da radiação solar que é absorvida pelo vidro é irradiada para o interior do ambiente. Portanto, o vidro que integra a estrutura da envoltória do edifício é de grande importância no aspecto energético, pois afeta o ganho térmico, que depende da transmitância do material. Dessa forma, a seleção do vidro ideal para as fachadas deve considerar a sua capacidade de permitir ou bloquear a entrada de luz solar (LAMBERTS et al., 2014).

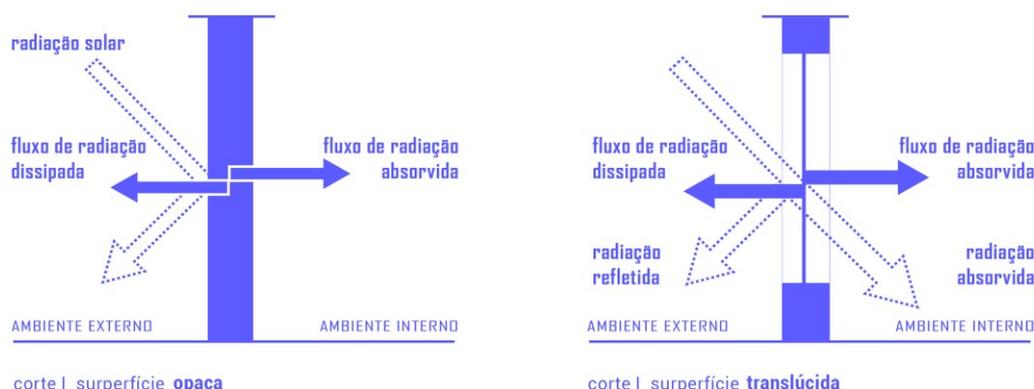


Figura 20 Trocas de calor através de superfícies
 Fonte: Adaptado de Frota e Schiffer (2003)

Quanto às propriedades térmicas do vidro, o comportamento de alguns vidros pode variar conforme às tecnologias disponíveis (LAMBERTS, 2020). Os fabricantes de vidros geralmente fornecem especificações que descrevem as frações de radiação solar que são transmitidas, refletidas e absorvidas pelos componentes de vidro. Quanto aos elementos de fechamento transparentes, os principais parâmetros considerados, na perspectiva da eficiência energética, são o Fator Solar (FS) e a Transmissão Luminosa (TL). A TL, expressa em porcentagem, determina a quantidade de luz visível que atravessa uma superfície transparente ou translúcida.

Como regra geral, quanto menor for o FS do vidro, menor será a TL (MITSIDI P., 2018). A combinação de transparência, alta qualidade de acabamento, durabilidade e custo

relativamente baixo faz do vidro um material muito versátil e amplamente utilizado em edifícios (ICE, 2012), representando uma parcela significativa e crescente do custo total de qualquer obra contemporânea (ALLUCI, 2001).

A ABNT, com o objetivo de regulamentar o uso do vidro na construção civil, estabelece a ABNT NBR 7199:2016, a qual estabelece as condições que devem ser seguidas no projeto de envidraçamento na construção civil. No mercado brasileiro, são disponibilizados vidros incolores com espessuras de 2 a 19mm, bem como vidros coloridos nas cores cinza, verde, verde escuro e bronze, com espessuras que variam de 2 a 10mm. Os vidros coloridos são fabricados utilizando o mesmo processo dos vidros incolores, porém são adicionados aditivos minerais à mistura de vidro líquido para obter a coloração pretendida. No que diz respeito à relação entre os tipos de vidro e o FS, o manual do INI-C (INMETRO, p. 43, 2021) apresenta informações sobre a propriedade de alguns componentes construtivos e suas respectivas transmitâncias, além do cálculo para obtenção do FS da zona térmica da abertura.

Sobre os tipos de vidro que estão disponíveis no mercado, a Tabela 10 apresenta suas principais características e aplicações. Estes vidros podem ser duplos, compostos por vidros e filmes múltiplos, tingidos, reflexivos, ter camadas de baixa emissividade e seletividade espectral, contar com gás de baixa condutividade e apresentar espaçadores termicamente melhorados.

Tabela 10 Tecnologias disponíveis para os vidros

Vidro	Características	Aplicações
Duplo	<ul style="list-style-type: none"> – Aumento da resistência térmica; – Pequena redução da transmissão de luz – Melhor desempenho térmico com espaço igual a 12mm entre os panos quando preenchidos por ar. 	<ul style="list-style-type: none"> – Construções com necessidades de aquecimento ou resfriamento (uso frequente do ar-condicionado)
Vidros e filmes múltiplos	<ul style="list-style-type: none"> – Aumento da resistência térmica (maior que os vidros duplos); – Menor condensação durante o inverno; – Visibilidade é reduzida com cada camada adicional – Redução do Ganho de calor solar – Problema: aumento da espessura da janela 	<ul style="list-style-type: none"> – Climas Frios (onde a redução da perda de calor é a prioridade) – Climas bastante quentes
Vidros tingidos	<ul style="list-style-type: none"> – Absorvedores de calor; – Menor transmissão de luz, (tradicionais – bronze e cinza); – Vidros com cores alternativas podem manter a passagem de luz (espectralmente seletivos – azul e verde). 	<ul style="list-style-type: none"> – Edificações comerciais; – Climas quentes (redução do ganho de calor solar quando associados a outras tecnologias); – Situações onde a redução do brilho do ambiente externo é desejável)
Vidros e filmes reflexivos	<ul style="list-style-type: none"> – Redução do ganho de calor solar; – Redução da passagem de luz; – Problema: podem produzir efeito exterior de espelho 	<ul style="list-style-type: none"> – Edificações comerciais de climas quentes (redução do ganho de calor solar) e ou; – Situações onde a redução da claridade é desejável

Camadas de baixa emissividade e seletividade espectral	<ul style="list-style-type: none"> - Reflexão de radiação em onda longa (redução da perda de calor no inverno); - Redução da ocorrência de condensação; - Reflexão da radiação solar (redução do ganho de calor no verão); - Mantém boa visibilidade 	<ul style="list-style-type: none"> - Climas frios: camadas de Baixa emissividade; - Climas quentes: camadas de seleção espectral
Gás de baixa condutividade	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento da resistência (redução da perda/ganho de calor por condução); - Aumento Redução da ocorrência da condensação; - Não afeta a transmissão da luz visível 	<ul style="list-style-type: none"> - Climas frios onde a redução da perda de calor seja a prioridade
Espaçadores termicamente melhorados	<ul style="list-style-type: none"> - Redução da perda de calor pela por condução; - Mantém a temperatura mais elevada na borda dos vidros reduzindo a condensação 	<ul style="list-style-type: none"> - Climas frios (onde a redução da perda de calor é a prioridade)

Fonte: Adaptado de Lamberts (Webnário, p.31, 2020)

Em relação ao tema da dissertação, com foco nas construções da arquitetura moderna, que, na grande maioria, usam caixilhos metálicos nas fachadas, é relevante destacar as opções disponíveis no mercado para esquadrias, compostas por novos materiais em relação à estrutura dos caixilhos. Considerando que as opções são alumínio, alumínio com madeira, madeira e vinil (PVC), vinil e fibra de vidro (LAMBERTS, 2020).

Ao considerar o impacto das janelas no consumo de energia, Lamberts (2020) enfatiza que uma vez que o aumento da eficiência das janelas tem consequências de curto e longo prazo. A curto prazo, há melhoria do meio ambiente e diminuição da conta de energia. Em termos de longo prazo, a nível nacional e global, pode-se ter um aumento da oferta de energia, e uma diminuição significativa do custo da energia, da emissão de poluentes e do aquecimento global. Além disso, novas tecnologias de janelas estão sendo aplicadas em climas frios para diminuir a intensidade do calor e em grandes áreas envidraçadas, conhecidas como "Superwindows". Essas janelas possuem características como alta resistência à radiação térmica, capacidade de reter calor durante o inverno e dissipá-lo durante o verão. Vale desta que a adição de camadas extras nessas janelas resulta em uma redução significativa de sua visibilidade (LAMBERTS, p.33, 2020).

Elementos de proteção solar

Os elementos de proteção solar são componentes que podem ser instalados na estrutura do edifício com o objetivo de fornecer sombreamento, evitando o superaquecimento causado pela radiação solar e reduzindo o impacto da luz solar direta (IEA, 2000). Assim, esses componentes controlam a entrada de luz solar direta e calor associado, o que ajuda a diminuir a carga térmica nos edifícios e, conseqüentemente, diminui a necessidade de resfriamento e o consumo de energia elétrica.

Conforme destacado por Baker et al. (1993), a identificação desses elementos de proteção solar ocorreu por meio de levantamentos fotográficos e visitas presenciais ao local. Durante esse processo, foram identificadas nove configurações distintas (conforme apresentado na Tabela 11). Essas configurações foram classificadas com base no tipo de componentes de condução de luz, como pórticos e varandas, nos elementos de controle, como brises verticais, horizontais e mistos, além de peitoris salientes. Adicionalmente, também foram consideradas as características de mobilidade, classificando-os como móveis ou fixos.

Tabela 11 Tipos de elementos de proteção solar

Classificação	Tipo	Imagem	Tipo	Imagem
Componentes de condução de luz	Pórtico ou varanda		Pórtico ou varanda	
	Elementos de controle solar	Brises verticais		Brises horizontais
Brises mistos			Peitoril saliente	
Mobilidade	Brises móveis		Brises fixos	

Fonte: Adaptado de Baker, et al. apud. Lima (p.108, 2010)

Frota (p. 164, 2004) aponta que há uma variedade de dispositivos que podem ser usados para o controle solar de aberturas, como varandas, marquises, sacadas, telas especiais, toldos, cortinas e persianas, elementos vazados, pérgulas, brises verticais e horizontais, além de brises compostos por placas verticais e horizontais (mistos). Além disso, é possível considerar a inclusão de vidros e vegetação na lista de elementos de controle solar (DANS, 1967).

Uma possível abordagem é incorporar estratégias de sombreamento para promover medidas de resfriamento passivo, principalmente em regiões de clima quente e seco. Uma vez que o uso de elementos de sombreamento, como beirais, brises e vegetação, ajuda a reduzir a exposição direta ao sol, minimizando o ganho de calor excessivo nos espaços internos. Essas soluções podem ser projetadas de forma a bloquear a radiação solar indesejada durante os períodos mais quentes do dia, permitindo ao mesmo tempo a entrada de luz natural adequada.

Conforme salientado por Bittencourt (2000), os elementos fixos revelam maior efetividade em situações onde os ângulos de entrada da luz solar estejam defasados em relação à perpendicular da fachada, direcionando-se às orientações Norte, Sul, Sudeste, Nordeste e Sudoeste. Todavia, o autor considera que os mesmos apresentam baixa efetividade nas fachadas direcionadas a leste e oeste, decorrente da maior duração da incidência solar direta.

O manual do INI-C (INMETRO, 2022, p. 42) define o Fator de Proteção (FP) como a relação entre a profundidade horizontal ou vertical da projeção do sombreamento externo, dividida pela soma da altura da abertura e a distância do topo da abertura até a parte inferior do ponto mais distante da projeção do sombreamento, em metros. Isso quer dizer que essa métrica fornece uma medida precisa do grau de proteção oferecido pelo sombreamento em relação à abertura. A determinação do efeito dos sistemas de sombreamento nas fachadas é feita pela medição de dois ângulos de sombreamento relacionados à estrutura, a saber: o Ângulo Vertical de Sombreamento (AVS), que deve ser medido no plano vertical para fins de avaliação do impacto das proteções solares horizontais; e o Ângulo Horizontal de Sombreamento (AHS), que deve ser medido no plano horizontal para avaliação do impacto das proteções solares verticais. A Figura 21 apresenta um resumo dessas informações.

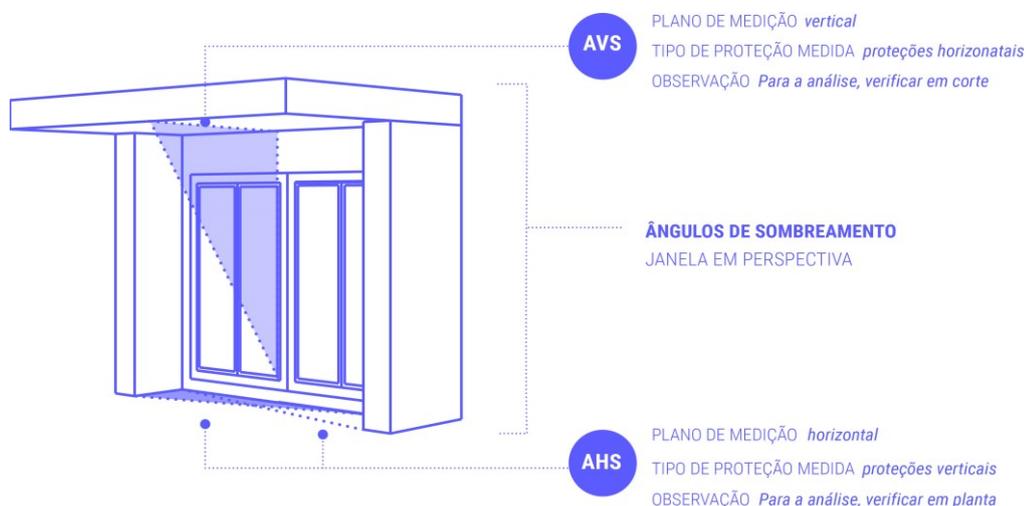


Figura 21 Exemplos de indicadores AHS e AVS
Fonte: Adaptado do manual INI-C (INMETRO, p.18-19, 2021)

Nesse raciocínio, Maragno (2000) argumenta que a obstrução causada pelos protetores solares pode ser avaliada por meio da análise das máscaras de sombra, que determinam os ângulos necessários para bloquear a incidência solar. Essas máscaras possibilitam a criação de diferentes tipos de brises que fornecem a proteção solar desejada. É indispensável, portanto, especificar o tipo de proteção solar de acordo com as necessidades do clima local, como em Brasília, onde o aproveitamento do aquecimento solar passivo é recomendado em certas épocas do ano. Assim, ao considerar as particularidades climáticas, é possível projetar sistemas de proteção solar adequados que proporcionem conforto térmico e eficiência energética aos edifícios.

Esse entendimento é adotado aqui como a necessidade de que a avaliação dos elementos de proteção solar seja realizada de maneira estratégica, de forma a evitar uma restrição total da entrada de luz solar. É fundamental encontrar um equilíbrio entre o controle térmico desejado e a maximização dos benefícios da iluminação natural, visando a criação de um ambiente agradável e confortável sem causar superaquecimento ou ofuscamento excessivo. Portanto, a aplicação dos elementos de proteção solar deve ser cuidadosamente planejada para garantir a eficácia do sistema e maximizar a economia de energia.

Considerando a proposta de aplicação dos elementos para a criação de ambientes internos confortáveis, eficientes em termos energéticos e que promovam a saúde e o bem-estar dos usuários, a abordagem aqui tomada permite a compreensão da contribuição desses elementos para a obtenção desses objetivos.

4.2.2 Estudos de preservação e retrofit

No âmbito da intervenção patrimonial, há divergências quanto ao conceito de retrofit em edificações históricas. Enquanto alguns defendem que a adaptação para novos usos e adequações é uma prática de preservação, outros argumentam que essa estratégia pode descaracterizar o bem tombado, aproximando-o de padrões mais modernos. Nessa perspectiva, recomenda-se que, inicialmente, o esforço se concentre na restauração da forma física original da edificação, sem envolver o retrofit ou a renovação predial. É importante observar que muitos casos de retrofit demandam a instalação de novos dispositivos ou a substituição de elementos e materiais, tornando a restauração inadequada para essas situações específicas.

Nesse prisma, o estudo conduzido por Milone et al. (2015) destaca a importância de uma escolha criteriosa das tecnologias empregadas no retrofit de edificações históricas, visando otimizar o desempenho térmico sem prejudicar a preservação do patrimônio arquitetônico. A fim disso, os autores investigaram estratégias de retrofit "não invasivas" e

"invasivas" em uma edificação histórica do século XVIII na Itália. Foram comparados dois cenários de retrofit energético, "Melhor tecnologia permitida" e "Melhor tecnologia disponível". Apesar de ambos os cenários serem possíveis, o primeiro resultou numa economia de energia anual menor e requisitou um investimento mais alto em relação ao segundo. Dessa forma, percebeu-se que, mesmo seguindo as normas culturais de preservação do patrimônio, é possível utilizar tecnologias modernas sem comprometer o valor artístico e arquitetônico de edificações históricas.

Com a finalidade de adentrar em estudos sobre retrofit compatíveis com a preservação de edifícios da arquitetura moderna, os itens subsequentes abordarão as seguintes referências de fundamentação teórica: Procedimentos de retrofit em edifícios históricos; Estratégias passivas para o tratamento da envoltória de edifícios da arquitetura moderna; e, Estudos de caso, os quais servirão como base para a análise das estratégias de intervenção na fachada, incluindo edifícios em climas temperados e tropicais.

Procedimentos de retrofit em edifícios históricos

No que tange aos procedimentos de retrofit em edifícios históricos, convém destacar o trabalho conduzido por Buda et al (2021) no âmbito do projeto IEA-SHC Tarefa 59 (*Task 59*). Cujo objetivo principal foi apoiar métodos de tomada de decisão em projetos que adotem soluções de retrofit compatíveis com a conservação para edifícios históricos, conforme sugerido pela norma EN 16883: 2017.

Sobre o projeto colaborativo *Task 59*, pode-se inferir que este envolve uma série de objetivos relevantes para a abordagem dos estudos relacionados à conservação de edifícios históricos. Entre os objetivos destacam-se a análise de soluções de retrofit que preservem os valores culturais destes edifícios, o desenvolvimento de conhecimentos acerca da economia de energia, a identificação da viabilidade financeira, a promoção do trabalho colaborativo entre especialistas, a exploração de energia solar, o desenvolvimento de ferramentas de apoio e a transferência de conhecimento. Em suma, o projeto busca abordar diversos aspectos importantes para a conservação do patrimônio histórico através de uma abordagem colaborativa e multidisciplinar.

Quando se trata da importância de projetos que visam à eficiência energética e, simultaneamente, garantem a preservação do patrimônio histórico, destaca-se a colaboração como um caminho efetivo para solucionar problemas complexos e desafiadores. Tal abordagem está em consonância com a concepção apresentada por Shah (2017, p. 216). Nesse sentido, a relevância do tema reside na identificação de soluções de retrofit que sejam

compatíveis com edifícios históricos, tendo em vista os desafios e obstáculos que envolvem sua implementação, demandando assim uma abordagem multidisciplinar.

Considerando a proposta de Buda et al. (2021), foi elaborado um plano estratégico para estabelecer procedimentos fundamentais em projetos de sustentabilidade para edifícios históricos, em conformidade com a norma europeia citada no comitê (Figura 22). Para isso, a avaliação teve como base a observação de exemplos que atendam aos critérios de conservação de edifícios históricos e redução do consumo de energia, sendo estabelecido um protocolo para auxiliar na tomada de decisões.

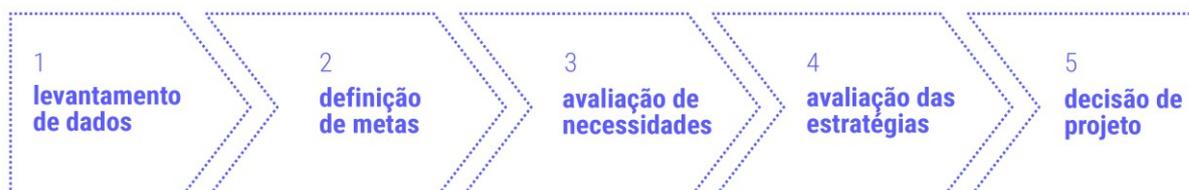


Figura 22 Fluxograma do procedimento proposto do Comitê Europeu
Fonte: Adaptado de Buda et al (2021)

O estudo apresentou um método para a escolha de estratégias de retrofit, que se inicia pelo levantamento de dados do edifício e definição das metas do projeto, seguido pela avaliação das necessidades de melhorias nos sistemas estruturais do edifício e, posteriormente, pela avaliação das estratégias propostas. Para isso, são executadas diversas ações sequenciais, tais como listagem, seleção, definição, combinação e avaliação de acordo com as metas definidas. Por fim, a quinta e última fase do método consiste em apresentar decisões de projeto adequadas ao edifício em questão.

Na ampla discussão acerca de orientações gerais para a tomada de decisão em projetos de retrofit em edifícios patrimoniais, conforme mencionado por AKKURT et al. (2020), uma das principais dificuldades enfrentadas ao escolher soluções de retrofit para esses edifícios está relacionada à necessidade de compreender o impacto potencial das escolhas realizadas nas particularidades dos edifícios históricos, em comparação com os edifícios modernos. Além disso, o autor aponta essa dificuldade surge devido ao fato de os edifícios históricos empregarem recursos locais e técnicas de construção tradicionais, visando garantir o conforto térmico, a iluminação natural e a ventilação adequada por meio de estratégias ativas simples, que contribuem para a criação de um ambiente interno propício.

De acordo com JAPIASSÚ (2019), quando o projeto de retrofit propõe intervenções que possam prejudicar a leitura espacial e das ambiências, ou causar perda de valores estéticos e históricos, como, por exemplo, alterações na estrutura original do edifício, a proposta de retrofit pode ser considerada uma ação de descaracterização.

Para concluir as considerações sobre os procedimentos de preservação e retrofit, é importante destacar o dilema existente entre os padrões de preservação puristas e as expectativas contemporâneas de desempenho, o que acarreta uma série de desafios no projeto de retrofit visando a preservação do patrimônio histórico.

Estratégias passivas para o tratamento da envoltória de edifícios da arquitetura moderna;

De acordo com a Agência Internacional de Energia (IEA, 2013), a implementação de estratégias passivas para melhorar a eficiência da envoltória do edifício é uma alternativa viável para reduzir o consumo energético e aumentar a eficiência energética, uma vez que é capaz de minimizar a necessidade de resfriamento e iluminação artificial. Essas estratégias incluem a ventilação natural, iluminação natural, resfriamento evaporativo, entre outras, que não requerem o uso de energia elétrica.

Segundo Kwok e Grondznik (2007), a ventilação natural é essencial na arquitetura como uma estratégia de resfriamento passivo. Para que essa estratégia seja efetiva, é necessário levar em conta a área de abertura para entrada e saída de ventilação, bem como a amplitude térmica diária, para avaliar a viabilidade do resfriamento passivo em ambientes de escritório.

Isto posto, convém ressaltar que a análise desenvolvida por Ochoa e Capeluto (2007) sobre as estratégias passivas permitiu identificar abordagens eficazes para alcançar o conforto térmico em edifícios existentes. O estudo considerou edifícios de escritórios situados em Haifa, Israel, que apresentam clima predominantemente quente e seco, semelhante ao de Brasília. Entre as principais estratégias passivas apontadas na Tabela 12 para regiões de clima quente e frio, destacam-se aquelas utilizadas para controlar os três tipos de transmissão de calor: condução, convecção e radiação.

Tabela 12 Estratégias passivas para climas frios e/ou quentes

Transferência de calor	Estratégias para clima frio	Estratégias para clima quente
Condução	<ul style="list-style-type: none"> - Isolamento térmico da cobertura, paredes e das janelas; - Armazenamento do calor. 	<ul style="list-style-type: none"> - Isolamento térmico da cobertura; - Rejeição do calor.
Convecção	<ul style="list-style-type: none"> - Ventilação reduzida. 	<ul style="list-style-type: none"> - Ventilação para conforto e massa térmica para resfriamento.
Radiação	<ul style="list-style-type: none"> - Aproveitamento da luz natural; - Entrada da radiação. 	<ul style="list-style-type: none"> - Controle solar com intuito de evitar a entrada de radiação e promover o sombreamento das aberturas; - Aproveitamento da luz natural.

.Fonte: Ochoa; Capeluto (2007) e Keller e Burke (2010) apud. Costa, (p.30, 2018)

No clima de Brasília, conforme Costa (2018), recomenda-se analisar o sombreamento externo, o isolamento térmico da cobertura, o uso de vidros com baixo fator solar e materiais reflexivos na envoltória, como medidas para alcançar uma envoltória mais eficiente. Quanto à taxa de PAF (%) ideal para o contexto climático de localidades quentes e secas, Goia (2016) e Lima (2010) recomendam o PAF entre 25% e 49%. A norma ABNT NBR 15.220-2 (2005) apresenta uma variedade de recomendações específicas para o clima da capital brasileira, que incluem o desempenho térmico em edificações com o uso da ventilação da massa térmica e ventilação seletiva dos ambientes internos.

Diante dessas recomendações, cabe refletir sobre a importância e a necessidade de os projetos arquitetônicos integrarem estratégias passivas e ativas visando alcançar um melhor conforto ambiental. Essa abordagem é um aspecto relevante, uma vez que a busca pela melhoria da eficiência energética em edifícios de escritórios requer a coordenação de estratégias ativas que visem reduzir o consumo de energia, conforme destacado por Costa (2018). Apesar de tudo, é importante considerar as alterações pós-modernas que não mantêm as características originais, como o uso de películas ou vidros com cores e/ou elementos refletivos exagerados. Essas intervenções vão contra o bom senso e comprometem o valor de significância atribuído, especialmente em edifícios com um nível elevado de conservação patrimonial.

Lima (2010) aponta que são frequentes as estratégias de intervenção em edifícios não residenciais de Brasília, nas quais os projetistas só recomendam o uso de películas protetoras como medida para lidar com a grande incidência de radiação solar direta em fachadas completamente envidraçadas. Contudo, essa abordagem não é a melhor opção para o conforto arquitetônico, pois prejudica o desempenho energético do edifício, o que resulta em um aumento na entrada de calor e na redução da capacidade de iluminação natural. Dessa forma, os custos de consumo energético são elevados devido ao aumento da necessidade de ar-condicionado e iluminação artificial.

Deve-se ressaltar a situação de alguns edifícios no Setor Comercial Norte em Brasília, que passaram por alterações em suas fachadas sem considerar o contexto climático local. Essas intervenções resultaram na transformação dos ambientes internos em estufas, necessitando do uso de sistemas de condicionamento de ar artificial e ocasionando desconforto visual tanto para os ocupantes internos quanto para o entorno do edifício (AMORIM, 2004).

Com base nessas informações, é essencial realizar uma seleção adequada do tipo de vidro, considerando a relação ideal entre o Fator Solar (FS) e a Transmissão Luminosa (TL). No caso de edifícios com um alto valor de PAF, é recomendável escolher um vidro com menor

FS e TL (INMETRO, 2021). Essa decisão irá auxiliar no controle do ganho de calor indesejado e na redução da entrada de luz solar direta, contribuindo para o conforto térmico e visual dos ambientes internos.

Estudos de caso

a) Sede das Nações Unidas



Figura 23 Comparação da feição da fachada da Sede da ONU nos anos de 1962, 2007 e 2015
Fonte: Autora (Fotografia adaptada de Heintges & Associates, 2017)

O edifício Sede das Nações Unidas, concebido em 1947 por, Wallace K. Harrison, Le Corbusier e Oscar Niemeyer, é um exemplo notável da arquitetura internacional do século XX, incorporando importantes inovações arquitetônicas. Destaca-se especialmente por ser o primeiro arranha-céu nos Estados Unidos a apresentar uma fachada em parede cortina de vidro (HEINTEGES, R. & ASSOCIATES, 2017). Essa obra desempenha um papel significativo no acervo de conhecimento essencial para a preservação dos primeiros edifícios modernos com fachadas de vidro e cortina, representando uma valiosa contribuição nesse contexto. Segundo os relatos dos responsáveis pelo projeto de intervenção, a envoltória dos edifícios apresentava um desempenho deficiente devido ao desgaste das fachadas expostas às condições climáticas. Esse problema resultou na perda de transparência dos vidros verdes devido à aplicação de um filme refletivo.

Com o objetivo de restaurar a integridade das fachadas dos seis prédios do campus, a empresa Heintges & Associates foi contratada para realizar o trabalho. Os autores destacam

que o projeto envolveu extensas pesquisas, revisões de arquivos históricos e simulações de desempenho energético do edifício, especialmente para auxiliar na seleção dos vidros. As principais estratégias de intervenção adotadas para melhorar o desempenho energético da envoltória foram a substituição completa do sistema estrutural e a substituição integral dos vidros. Todas as paredes foram substituídas por novas molduras e vidros que reproduzem fielmente os perfis e a aparência do projeto original.

b) Palácio Gustavo Capanema

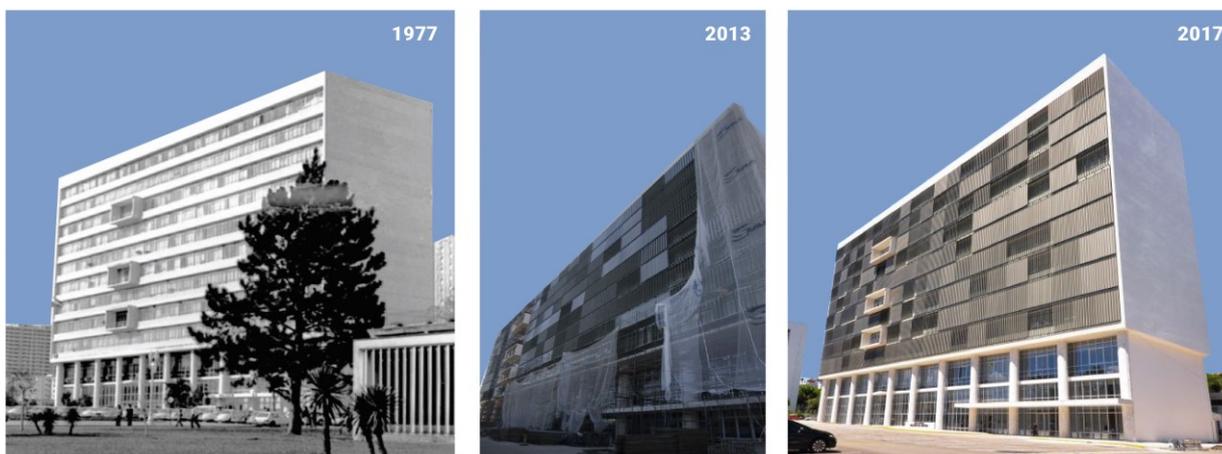


<p>Palácio Gustavo Capanema Rio de Janeiro - RJ, Brasil 1937 - 1946</p> <p>Autoria Lúcio Costa, Oscar Niemeyer, Affonso Eduardo Reidy, Jorge Machado Moreira, Carlos Leão e Ernany de Vasconcelos</p>	<p>Intervenção Restauração das fachadas 2014 - 2018</p> <p>Clima Tropical</p>	<p>Principais estratégias</p> <ul style="list-style-type: none"> - Recuperação do sistema dos brises - Substituição das aletas brises - Recuperação dos montantes metálicos - Restauração das esquadrias - Modificação da cobertura - Adição de película - Substituição parcial dos vidros
---	---	--

Figura 24 Comparação da feição da fachada do Palácio Capanema nos anos 1998 e 2018
Fonte: Autora (Fotografia adaptada de Oscar Liberal/Iphan, 2018)

O Palácio Gustavo Capanema foi concebido em 1946 por um grupo de arquitetos renomados, incluindo Lucio Costa, Oscar Niemeyer, Affonso Eduardo Reidy, Carlos Leão, Ernany de Vasconcelos e Jorge Machado Moreira. Como destacado pelo Iphan (2018), o edifício em questão é reconhecido tanto no Brasil como no mundo como um ícone do Modernismo. Sua construção pioneira com fachada *curtain wall*, uma fachada envidraçada orientada de forma a reduzir a exposição solar, contribuiu para sua relevância. Além disso, a incorporação das principais características da arquitetura moderna, como o uso de pilotis, fachada livre e outros elementos distintivos, tornaram-no um marco histórico na arquitetura brasileira. Esse edifício representa tanto uma conquista arquitetônica significativa quanto um símbolo do movimento modernista.

Segundo a construtora responsável técnica pelo projeto, a Concretajato Engenharia, a intervenção combinou serviços de retrofit e restauro para preservar o valor histórico e arquitetônico do patrimônio. Foram realizadas a recuperação de 1.100 brises-soleil distribuídos em 14 andares, além da restauração estrutural das faces internas e externas de mais de 6 mil m² de esquadrias em aço e vidro. Todos os sistemas de movimentação das janelas foram recuperados, e as pastilhas dos pavimentos foram restauradas. Adicionalmente, foi instalado um guarda-corpo de vidro ao redor da cobertura. No que diz respeito aos componentes translúcidos da fachada, a restauração incluiu a substituição completa da estrutura metálica das fachadas, a recuperação estrutural, a aplicação de película e a troca integral dos vidros (CONCREJATO, 2018). Adicionalmente, é importante mencionar que a disposição estratégica das esquadrias nas fachadas norte e sul, juntamente com a planta livre, possibilita a ventilação cruzada e a permeabilidade dos ventos. Palácio da Justiça do Paraná



<p>Palácio da Justiça do Paraná Curitiba - PA, BR 1962</p>	<p>Intervenção Retrofit das fachadas 2012 - 2017</p>	<p>Principais estratégias</p> <ul style="list-style-type: none"> - Substituição dos caixilhos metálicos - Recuperação dos montantes metálicos - Restauração dos brise-soleis - Recuperação estrutural das fachadas - Restauração dos revestimentos - Adição de película - Substituição total dos vidros
<p>Autoria Sérgio Rodrigues</p>	<p>Clima Tropical</p>	

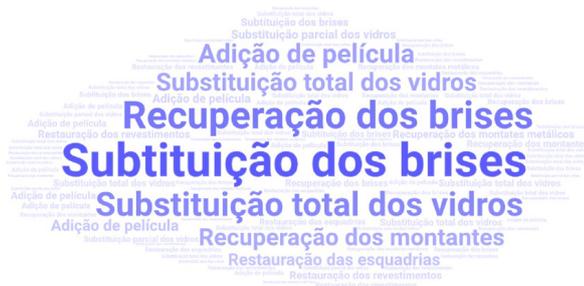
Figura 25 Feição da fachada do Palácio da Justiça do Paraná nos anos 1977, 2013 e 2017
Fonte: Autora (Fotografias adaptadas de Hilda Maia de 1977, e as demais de Sial Engenharia (2018))

O Palácio da Justiça do Paraná, um icônico edifício modernista projetado por Sérgio Rodrigues em 1962, foi submetido a uma intervenção de retrofit energético com o objetivo de preservar seus elementos originais. De acordo com Gnoato (2018), a restauração completa das fachadas foi realizada entre 2013 e 2017, com o intuito de preservar a integridade desse patrimônio arquitetônico. Durante esse processo, foram adotadas diversas soluções para tratar os componentes construtivos opacos da envoltória. Destacam-se a recuperação do sistema dos brises, a substituição das aletas danificadas, a restauração dos montantes, a revitalização das esquadrias e a modificação da cobertura. No que diz respeito aos

componentes translúcidos da fachada, a restauração incluiu a aplicação de película e a substituição parcial dos vidros. Tais medidas foram essenciais para garantir a preservação e o resgate da autenticidade deste importante patrimônio arquitetônico.

Com base na seleção dos estudos de caso mencionados, é evidente o desafio de restaurar os três casos de acordo com os princípios de conservação patrimonial. Essa situação ressalta ainda mais a expertise das equipes técnicas, que demonstraram um amplo conhecimento em relação aos materiais, técnicas de fabricação e estratégias de aquisição. Isso permitiu que eles resolvessem com sucesso os complexos problemas encontrados nos estudos de caso, como a deterioração significativa da estrutura metálica devido a manutenções inadequadas, como corrosão do alumínio externo, reparos inadequados nos montantes de alumínio, camadas de calafetagem corretiva e filmes altamente refletivos de controle solar. De acordo com Macdonald (2013), a falta de manutenção adequada contribui, em parte, para a reduzida vida útil de várias obras da arquitetura moderna. O autor destaca que, em comparação com as construções tradicionais, edifícios do patrimônio moderno requerem reparos mais frequentes devido à composição dos materiais como concreto aparente, caixilhos de vidro e alumínio (*curtain wall*), cobogós, entre outros. Considerando essa perspectiva, as intervenções mencionadas podem servir como ponto de referência para a preservação, uma vez que suas soluções estão alinhadas ao mecanismo de atualização dos sistemas do edifício em termos de avanços tecnológicos e critérios para a renovação de fachadas em parede cortina e estruturas de alumínio.

Dito isso, ao observar a frequência das palavras na nuvem apresentada na figura abaixo, fica evidente que as principais ações relacionadas às intervenções nos estudos de caso mencionados envolvem a restauração do sistema de brises e a substituição total ou parcial dos vidros. Essas medidas desempenham um papel fundamental na recuperação e preservação dos edifícios, pois garantem a integridade de suas características arquitetônicas e o bom desempenho ambiental.



Tendo como base tais constatações, vale ressaltar ainda mais a necessidade de um processo analítico refinado para a conservação da arquitetura moderna, especialmente no que diz respeito à tecnologia e aos materiais utilizados. Esses desafios surgem devido à

natureza inovadora e altamente experimental da arquitetura moderna, que frequentemente envolve a utilização de novos materiais de construção ou a aplicação de materiais tradicionais de maneiras ainda não testadas.

Para finalizar a discussão abrangente sobre as estratégias comuns de preservação das construções da arquitetura moderna, é fundamental ressaltar a importância das estratégias destinadas ao retrofit da envoltória. Nessa linha, com base nas diretrizes apresentadas pelos autores Rose & Engelund (2015), são sugeridas as seguintes estratégias comuns para aprimoramento energético: Redimensionamento das aberturas para aproveitamento da luz natural;

- Substituição das janelas para evitar superaquecimento e ofuscamento. É recomendado que a área de janela não ultrapasse 60% da área total da fachada, pois isso pode causar desconforto térmico e visual devido ao ganho excessivo de radiação luminosa e térmica;
- Sombreamento externo das aberturas para redução da carga térmica;
- Substituição dos sistemas de refrigeração, ventilação e aquecimento por aquecimento solar passivo no inverno;
- Instalação de lâmpadas LED para redução do consumo de energia;
- Escolha dos materiais para a envoltória.

Além das estratégias previamente abordadas, no âmbito do retrofit energético em Brasília, Nicoletti (2009) acrescenta critérios adicionais, como a modificação do revestimento, como a cor da superfície, a alteração da estrutura da envoltória e o coeficiente de ganho solar do vidro, bem como a modificação do tamanho das aberturas e a substituição do sistema de ar condicionado. Conseqüentemente, tais propostas da autora são consideradas como estratégias passivas de retrofit energético.

Como resultado da abordagem adotada, é de extrema importância considerar não apenas os aspectos históricos e arquitetônicos ao realizar intervenções em edificações patrimoniais, mas também a eficiência energética. Isso se deve ao fato de que ao aprimorar a performance energética dessas propriedades, é possível reduzir o consumo de energia e, conseqüentemente, mitigar os impactos ambientais relacionados à sua operação. Considerando esse aspecto, faz sentido estabelecer como objetivo o desenvolvimento de uma estrutura decisória para projetos que incluam estratégias de retrofit energético, de modo a atender às necessidades dos edifícios da arquitetura moderna que não possuem reconhecimento de valor histórico.

PARTE II

Método

5 MÉTODO

Em resposta aos objetivos estabelecidos na dissertação, propõe-se um método que consiste basicamente em aplicar e avaliar um conjunto de métodos concebidos por Amorim et al. (2020), a fim de propor e comprovar aprimoramentos em relação à base procedimental e às diretrizes gerais para projetos de retrofit energético e preservação em fachadas da arquitetura moderna. Para essa finalidade, tomou-se Brasília como estudo de caso, conforme descrito na seção 5.3, para aplicar o método proposto em cinco etapas, como ilustrado na Figura 26. A descrição de cada etapa será apresentada nos tópicos subsequentes à seção que aborda as principais fontes teóricas para o desenvolvimento do estudo pretendido.



Figura 26 Etapas do método proposto
Fonte: Autora

5.1 Principais referências utilizadas no método proposto

No que se refere à fundamentação do método proposto, a pesquisa da literatura nacional e internacional abordou temas relevantes relacionados ao desempenho energético das edificações e aos princípios de preservação patrimonial em edifícios da arquitetura moderna. Na Tabela 13, destacam-se as principais referências utilizadas na revisão bibliográfica apresentada. A maioria dessas referências também é mencionada ao longo da descrição das fases do método nas seções subsequentes.

Tabela 13 Principais referências utilizadas para fundamentação do método proposto

Etapas do método	Abordagem	Referências
1 Análise sistemática de métodos da pesquisa Amorim et al (2020)	<p>a. Base dos resultados da pesquisa anterior: Retrofit e preservação de edifícios não residenciais modernos em Brasília;</p> <p>b. Correlação do PAF (%) com as formas estruturais das fachadas da arquitetura moderna.</p>	<p>Amorim et al (2020); Amorim et al (2021); Goia (2016), Lima (2010) e Costa (2018)</p> <p>Siegel (1966); Sánchez (2020, 2021); Amorim et al. (2020) e Amorim et al. (2021);</p>

2	Caracterização da amostra representativa	<ul style="list-style-type: none"> Dados gerais das edificações; Caracterização geométrica e variáveis de eficiência energética. 	Iphan (2005), Lima (2010), Amorim et al (2021), Costa (2018), Japiassú (2019).
3	Aplicação do método de valoração patrimonial	<ul style="list-style-type: none"> Definição da forma estrutural visível predominante; Escala de valoração patrimonial; Diretrizes gerais para o projeto de retrofit e preservação de edifícios não residenciais modernos em Brasília. 	Sánchez (2020), Sánchez (2021) e Sánchez & Amorim (2022)
4	Avaliação da aplicabilidade	<ul style="list-style-type: none"> Visão crítica dos resultados da aplicação do método de valoração patrimonial: base procedimental e diretrizes gerais. 	Prudon (2008), Silva, P. (2017); Russell e Winkworth (2009); Zanchehti e Hidaka (2014) e Silva, P. (2012)
5	Proposição e comprovação de aprimoramentos	<ul style="list-style-type: none"> Propor melhorias para o conjunto de métodos analisados a partir da análise crítica realizada na etapa 4; Comprovar a aplicabilidade das melhorias propostas. 	Buda et al (2017), Task 59 (IEA, 2017), Iphan (2005), Silva, P. (2012), Silva, E. (2017);

Fonte: Autora

5.2 Procedimentos do método da dissertação

5.2.1 Etapa 1 – Análise sistemática de métodos da pesquisa Amorim et al (2020)

A primeira etapa constitui-se em análise sistemática dos métodos desenvolvidos na pesquisa conduzida por Amorim et al (2020), que apresenta orientações de projetos de retrofit e preservação patrimonial de edifícios não residenciais modernos em Brasília. Diante disso, procura-se reconhecer do ponto de vista da iluminação natural e eficiência energética, a harmonização com a questão da valoração patrimonial de edifícios da arquitetura moderna.

Nesse intuito, realiza-se o estudo com base na análise dos critérios listados na Tabela 14, os quais abrangem os seguintes conteúdos: a) Retrofit e preservação de edifícios não residenciais modernos em Brasília: base dos resultados da pesquisa anterior; b) Correlação do PAF (%) com as formas estruturais das fachadas da arquitetura moderna.

Tabela 14 Análise e procedimentos gerais da Etapa I

Análise sistemática	Procedimentos
a. Base dos resultados da pesquisa anterior: Retrofit e preservação de edifícios não residenciais modernos em Brasília	<ul style="list-style-type: none"> Analisar os parâmetros de valoração patrimonial, bem como a verificação das variáveis de eficiência energética consideradas para o tratamento da envoltória;.
b. Correlação do PAF (%) com as formas estruturais das fachadas	<ul style="list-style-type: none"> Calcular o PAF(%) das formas estruturais de fachadas da arquitetura moderna delimitadas por Siegel, sendo elas: trama fina, trama aberta, parede cortina e encaixotados.

Fonte: Autora

a. Procedimentos para analisar a base dos resultados da pesquisa anterior: Retrofit e preservação de edifícios não residenciais modernos em Brasília

A primeira análise fundamenta-se no estudo e aplicação do conjunto de métodos da referida pesquisa, segundo os parâmetros analíticos considerados para a valoração patrimonial no contexto do retrofit energético em fachadas da arquitetura moderna. À vista disso, busca-se a elaboração de um esquema gráfico para representar a base procedimental de avaliação do objeto de estudo, indicando os procedimentos e diretrizes gerais para o tratamento da envoltória.

Para tanto, é necessário levar em consideração as taxas recomendadas para as variáveis de eficiência energética derivadas do diagnóstico dos resultados de simulação dos modelos representativos definidos na pesquisa de Amorim et al. (2020), conforme descrito no item 5.3.3. À vista disso, é necessário considerar os seguintes pontos:

- Relação das diretrizes gerais propostas pelo método de valoração patrimonial, desenvolvido por Sánchez & Amorim (2022), com base nas formas estruturais das fachadas da arquitetura moderna abordadas na seção 3.1 (páginas 50 a 51);
- Observação dos valores indicados para as variáveis de eficiência energética, que incluem o percentual de abertura das fachadas (PAF), as propriedades do vidro, como fator solar (FS) e transmissão luminosa (TL), e os elementos de proteção solar.

b. Procedimentos para correlacionar o PAF (%) com as formas estruturais das fachadas da arquitetura moderna

Com o intuito de verificar a harmonização das variáveis de eficiência energética com os parâmetros de preservação patrimonial, calcula-se o Percentual de Abertura na Fachada (PAF%) dos desenhos que representam as formas estruturais, visíveis ou não, na finalização de fachadas da arquitetura moderna. Ressalta-se que essas formas estruturais visíveis foram delineadas por Siegel e descritas na Seção 3.1 (páginas 50 a 51).

Para isso, é necessário analisar um conjunto exaustivo de 32 possibilidades de configuração de fachadas da arquitetura moderna. Esse conjunto inclui trama fina (9 unidades), trama aberta (9 unidades), parede cortina (8 unidades) e encaixotados (6 unidades). O objetivo é avaliar a média do PAF (%) das diferentes configurações de trama estrutural, a fim de identificar as melhores práticas para intervir na finalização das fachadas, visando maximizar a eficiência energética.

O processo de abstração das formas estruturais das fachadas, esquematizado na Figura 27, envolve essencialmente três estágios: (1) seleção de uma tipologia de forma estrutural na finalização da fachada; (2) redesenho da seção modular da tipologia selecionada, com definição das superfícies dos componentes construtivos, como vidros transparentes ou elementos opacos como pilares, paredes ou caixilhos metálicos; e, por fim, (3) cálculo do PAF (%) com base no levantamento geométrico das superfícies definidas.

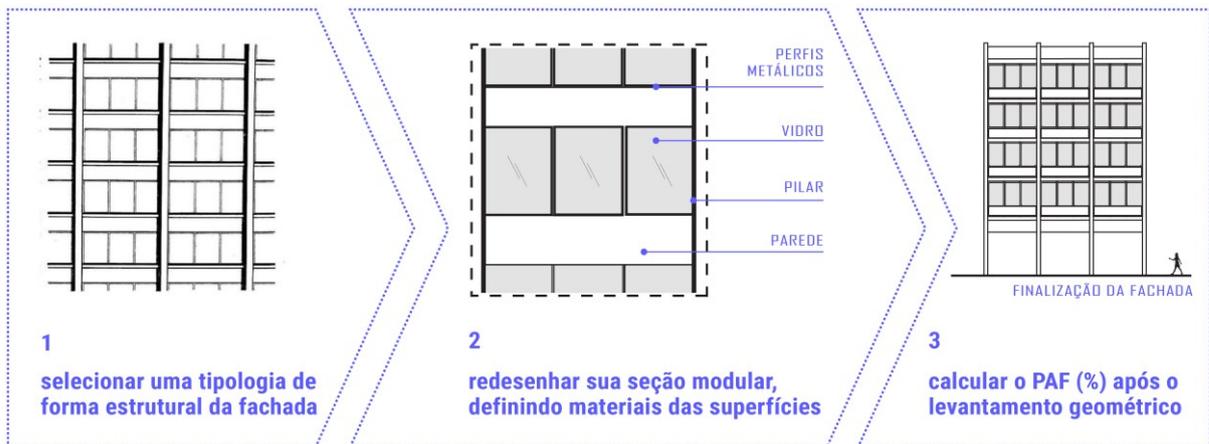


Figura 27 Processo de abstração das formas estruturais das fachadas
 Fonte: Autora

Em relação aos pré-requisitos para o desenvolvimento do processo mencionado, destacam-se os seguintes procedimentos: (1) Decomposição das formas estruturais: será realizada por meio do redesenho de traços das 32 configurações de finalização das fachadas, correspondentes às tipologias trama estrutural, fina e aberta, em parede cortina e encaixotados. Para isto, com auxílio do software AutoCAD, as ilustrações serão ajustadas proporcionalmente com base na altura padrão do pé-direito de uma edificação, que é de 3 metros. Além disso, é necessário que as superfícies opacas e transparentes sejam definidas para que a caracterização geométrica possa ser realizada posteriormente; (2) Registro de dados das características da envoltória: os dados de áreas da seção modular da finalização das fachadas, serão exportados para planilhas no Excel, a fim de favorecer o cálculo do PAF (%).

A Equação 1, descrita no manual de aplicação da INI-C (BRASIL, 2021, p. 52-53), será utilizada para calcular o PAF (%) das 32 configurações de formas estruturais representadas na finalização de fachadas da arquitetura moderna.

$$PAF = A_{ab}/A_{par} \quad (1)$$

Onde:

A_{ab} é a área da abertura (m²);

A_{par} é a área da fachada (m²).

5.2.2 Etapa 2 – Caracterização da amostra representativa

Nesta etapa, pretende-se coletar os dados gerais de edifícios não residenciais da arquitetura moderna, selecionados na Seção 5.3, com o objetivo de aprofundar o estudo de caso em Brasília. Para o levantamento de dados, são considerados os seguintes aspectos: (1) dados gerais das edificações e (2) caracterização geométrica e variáveis de eficiência energética da envoltória. A Tabela 15 abrange os principais parâmetros a serem observados no estudo, bem como as principais referências e os procedimentos básicos para a aquisição de dados.

Tabela 15 Dados a serem levantados para a caracterização geral da amostra representativa

Levantamento	Parâmetros	Referências e/ou procedimentos
Dados gerais das edificações	<ul style="list-style-type: none"> - Localização e implantação das edificações selecionadas; - Autor do projeto; - Ano de construção; - Registro fotográfico; 	<p>Análise de documentos existentes sobre os edifícios da amostra. Banco de dados LACAM; Acervo digital do Iphan; Brasília: roteiro de arquitetura, caderno de notas; Acervo técnico das instituições.</p>
Caracterização geométrica e variáveis de eficiência energética da envoltória	<p>Características geométricas da envoltória: superfícies opacas (tipo de aberturas e elementos de sombreamento); e superfícies translúcidas (aberturas);</p> <ul style="list-style-type: none"> - Forma; - Número de pavimentos; - Altura do pavimento (m); <p>Área de projeção da cobertura – A_{PCOB} (m²); Área total construída – A (m²); Volume total - V_{TOT} (m³); Área das paredes – A_{PAR} (m²); Área dos vidros – A_{AB} (m²);</p> <p>Relação entre características das aberturas, valores da condição real da fachada (materiais do vidro, paredes e cobertura) e variáveis de eficiência energética:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Orientação solar; - Percentual de área de abertura na fachada da zona térmica – PAF (%); - Percentual de área de abertura na fachada total – PAF_T (%); - Área total da envoltória – A_{ENV} (m²); - Fator Forma – FF (%); - Fator Altura – FA (%); - Elemento de sombreamento: brises e ângulos AHS - Ângulo horizontal de sombreamento (°) e AVS - Ângulo vertical de sombreamento (°); - Vidro: aspecto externo, Fator solar - FS (%); Transmissão luminosa - TL (%); e, Absortância solar - α (%); 	<p>Apuração de dados disponíveis na base de dados do LACAM/FAU-UnB, e levantamentos feitos em Amorim et al (2020) e Costa (2018)</p> <p>Análise documental, dimensional e detalhamento dos componentes da envoltória:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Levantamento dos materiais constituintes a partir de dados históricos e registros fotográficos. <p>Procedimentos de cálculo presentes no manual de aplicação da INI-C:</p> <ul style="list-style-type: none"> - $PAF = A_{ab} / A_{fachada}$ (INMETRO, 2021, p.52-53); - $PAF_T = A_{ab\ total} / A_{fachada\ total}$ (INMETRO, p.55, 2021); - $A_{ENV} = \text{somatório dos planos}$ (INMETRO, p.18, 2021); - $FF = A_{env} / V_{tot}$ (INMETRO, 2021, p.103); - $FA = A_{pcob} / A_{total}$ (INMETRO, 2017, p.45); - AHS e AVS (INMETRO, p.155, 2021); <p>Verificação das propriedades térmicas e ópticas dos componentes construtivos da envoltória:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dados técnicos do vidro (catálogos CEBRACE, 2019); - Anexo Geral V da Portaria INMETRO nº 50/ 2013 – Catálogo de propriedades térmicas de paredes, coberturas e vidros; - (LAMBERTS et al., 2014); - INI-C (INMETRO, p.62, 2021 .)

<p>– Superfícies opacas externas: Transmitância térmica – U ($W/(m^2.K)$); Capacidade térmica – CT ($kJ/(m^2.K)$); e, Absortância solar – α (%)</p>	<p>Determinação da máscara de sombreamento pelo software Sol-AR apenas quando os edifícios apresentam elementos de proteção solar.</p>
---	--

Fonte: Autora

É realizada a caracterização preliminar das edificações a partir de dados gerais, tais como parâmetros de localização e implantação, autoria do projeto arquitetônico, ano de construção e inclusão de imagens que auxiliem na compreensão e aplicação do método proposto.

Para a caracterização geométrica e as variáveis de eficiência energética da envoltória, devem ser consideradas quatro possibilidades de implantação do projeto, levando em conta a orientação solar da fachada principal. As equações utilizadas para determinar as variáveis que dependem de dados geométricos devem ser baseadas principalmente nos métodos de cálculo definidos no manual da INI-C.

No que diz respeito ao levantamento de dados arquitetônicos, a análise dos desenhos técnicos deve se concentrar na identificação das variáveis que, juntamente com as características bioclimáticas da região, podem ter um impacto direto na eficiência energética da envoltória. Essas variáveis incluem a área de projeção da cobertura, a área total construída, o volume total da edificação, a área de aberturas envidraçadas, o Percentual de Abertura da Fachada (PAF) e o Percentual de Abertura da Fachada Total (PAFT), a área total da envoltória, o Fator de Forma (FF), o Fator de Altura (FA), os ângulos de sombreamento, bem como as propriedades ópticas e térmicas dos materiais que compõem a envoltória da edificação, como vidro, paredes e cobertura.

Para caracterizar os vidros dos edifícios, são utilizados dados obtidos por fontes diversas, como normas e catálogos específicos, que determinam as propriedades em relação ao Fator Solar – FS (%) e a Transmissão Luminosa – TL (%), como também a Absortância – α (%) e a Transmitância térmica – U (W/m^2K).

Tendo em vista que o desempenho energético dos edifícios também é relevante no contexto das zonas urbanas, os fatores que influenciam o uso da luz natural e sua penetração nos ambientes internos devem ser avaliados. Dessa forma, as duas últimas análises desta seção serão baseadas na observação de fatores que interferem na eficiência energética, em particular no sombreamento e nas formas dos edifícios, de acordo com os procedimentos descritos no instrumento de auxílio para projetos arquitetônicos, o diagrama morfológico das edificações, proposto por Amorim (2007).

Logo, o primeiro fator a ser avaliado é o nível do espaço urbano, com os parâmetros "D", os quais detectam o ângulo máximo de incidência solar na fachada do edifício. O segundo fator é a verificação dos parâmetros "E", que medem a incidência solar nas formas e planta da edificação.

Desse modo, para a análise das condições de sombreamento das fachadas dos edifícios selecionados, é necessário utilizar dados geométricos e informações, dentre os quais se destacam os azimutes das fachadas Norte, Sul, Leste e Oeste, que apresentam em maioria os ângulos de 18°, 298°, 108° e 288°, respectivamente. O diagrama mencionado leva em consideração o ângulo máximo de incidência solar em relação à fachada, ilustrado na Figura 28, que é dividido em cinco variáveis: D1 - Ângulo menor que 30°, D2 - Ângulo de 30° a 60°, D3 - Ângulo de 60° a 90°, D4 - Ângulo de 90° e D5 - Outros.

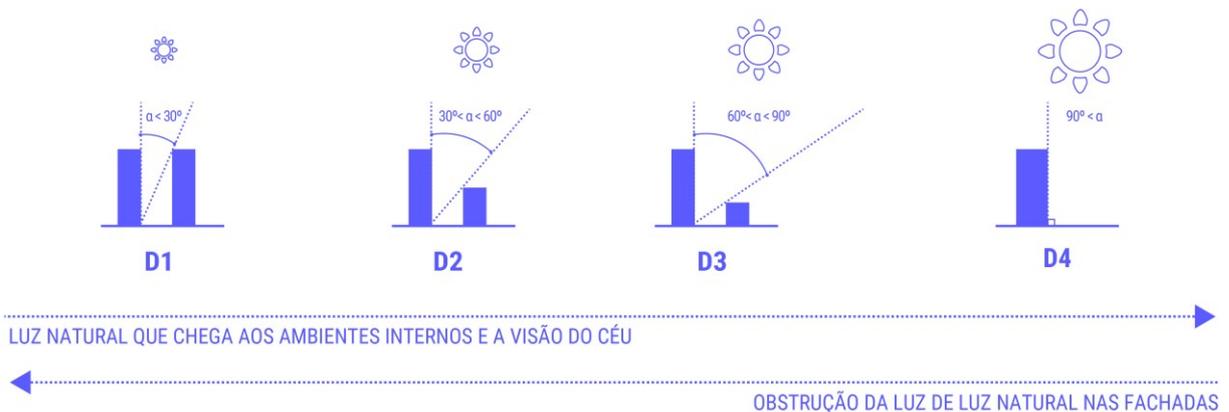


Figura 28 Parâmetros "D" de incidência solar nas fachadas
 Fonte: Adaptado de Amorim (2007)

É importante ressaltar, conforme mencionado por Amorim (2007), que a análise dos ângulos de incidência solar é fundamental para compreender as condições de insolação do edifício, incluindo a quantidade de luz natural que penetra nos ambientes internos e a visibilidade do céu. Em áreas urbanas onde os edifícios estão próximos uns dos outros, os ângulos de incidência solar na fachada tendem a ser reduzidos, o que pode resultar no bloqueio da luz natural e na restrição da visão do céu. Por essa razão, a verificação dos ângulos de incidência deve levar em consideração a angulação a partir da base do edifício.

Por fim, o último parâmetro de análise envolve a fachada no nível do edifício e utiliza o parâmetro "E" do diagrama mencionado, que estabelece a classificação da forma e da planta baixa do edifício. Essa classificação leva em consideração diversos aspectos, como ilustrado na Figura 29, incluindo a profundidade da planta e a presença de átrios na edificação, entre outras condições.



Figura 29 Parâmetros “E” de incidência solar na forma e planta
 Fonte: Adaptado de Amorim (2007)

De acordo com Amorim (2007), os edifícios classificados como “E1” possuem menor possibilidade de aproveitamento da luz natural em seus ambientes internos devido às plantas profundas. Entretanto, essa condição pode ser mitigada por meio do uso de elementos zenitais, típicos do parâmetro “E2”, em edifícios térreos. Já em relação ao parâmetro “E3”, destinado aos edifícios com átrio ou pátio interno, é possível otimizar a utilização da luz natural através do vazio interno.

Os edifícios unilaterais ou bilaterais, classificados como “E4”, possuem uma forma alongada com uma ou duas fontes de luz laterais, o que garante uma boa possibilidade de uso da luz natural. Por sua vez, os edifícios com pilotis, classificados como “E5”, não influenciam no uso da luz natural, mas têm consequências no desempenho térmico. Por fim, os edifícios com pele dupla, incluídos no parâmetro “E6”, adicionam uma outra camada de controle à pele (ou invólucro) existente, condicionando as trocas térmicas, luminosas e energéticas, além da ventilação.

Dessa forma, a classificação desses parâmetros do diagrama morfológico é essencial para estabelecer relações entre o desempenho térmico e energético, identificar soluções e otimizar o uso da luz natural, reduzindo o consumo de energia nos edifícios. Para compreender melhor os resultados obtidos e avaliar a efetividade de brises ou outros elementos de proteção solar, os resultados da simulação da máscara de sombreamento feita pelo software SOL-Ar serão incluídos.

5.2.3 Etapa 3 – Aplicação do método de valoração patrimonial

Após a caracterização geral da amostra representativa na etapa 3, prossegue-se com a avaliação da amostra com base nos procedimentos gerais do conjunto de métodos desenvolvidos na pesquisa de Amorim et al. (2020), conforme demonstrado no esquema

gráfico da Etapa 1. Portanto, o método de valoração patrimonial deve ser aplicado nas seguintes etapas: definição das fachadas, escala valorativa e determinação das diretrizes gerais do projeto.

Convém ressaltar que o processo de aplicação desses métodos consiste basicamente em caracterizar o objeto de estudo, a fim de direcioná-lo ao método de valoração patrimonial. Em tal método, o edifício é definido em relação aos atributos patrimoniais visíveis, principalmente as formas estruturais das fachadas da arquitetura moderna, conforme descrito no estudo de Siegel na seção 3.1. Para determinar essas formas, é necessário avaliar se a construção possui um caráter funcional e construtivo coerente com os aspectos predominantes da fachada, considerando a finalização do edifício em relação ao térreo, empenas e cobertura (conforme indicado na Tabela 16).

Tabela 16 Levantamento de dados das fachadas

Levantamento	Parâmetros	Procedimentos
Caracterização dos atributos visíveis das fachadas	Tipologia predominante: trama fina; trama aberta; encaixotado, parede cortina; Finalização do térreo, lateral e cobertura.	Verificação conforme o método de valoração patrimonial tratada Amorim et al (2020) e Sánchez & Amorim (2022).

Fonte: Autora

Após a determinação das formas estruturais, realiza-se a associação de cada edifício com as diretrizes gerais preexistentes propostas para o tratamento da envoltória dos edifícios, as quais englobam recomendações tanto para a preservação do patrimônio moderno quanto para a eficiência energética.

5.2.4 Etapa 4 – Avaliação da aplicabilidade

Na Etapa 4, procede-se a uma análise crítica do processo de aplicação do conjunto de métodos da pesquisa de Amorim et al. (2020) que estão relacionados à avaliação da envoltória, tanto em termos da estrutura em si quanto do sistema que caracteriza a fachada.

Essa análise crítica visa obter uma visão aprofundada dos resultados obtidos a partir da utilização do método de valoração patrimonial da etapa anterior, levando em consideração sua fundamentação procedimental e as diretrizes gerais para o projeto de retrofit energético e preservação de fachadas da arquitetura moderna.

Ademais, é importante destacar que todas as questões relacionadas à preservação patrimonial devem estar em conformidade com a fundamentação teórica descrita nas

referências metodológicas. Isso implica considerar a importância cultural como um valor de preservação e aderir às recomendações de aprimoramento dos métodos com base nas diretrizes estabelecidas no "Manual de Elaboração de Projetos de Preservação do Patrimônio Cultural" (IPHAN, 2005). Essas orientações desempenham um papel essencial na garantia de uma abordagem adequada para a preservação e intervenção em edifícios de valor histórico e cultural.

5.2.5 Etapa 5 – Proposição e comprovação de aprimoramentos

Na etapa final do método da dissertação, busca-se estabelecer propostas de aprimoramento com base nos resultados da análise crítica realizada na etapa anterior. Para isso, é necessário realizar um estudo direcionado aos resultados de cada edifício que compõe a amostra representativa, a fim de concretizar as seguintes práticas:

- Propor aprimoramentos: avaliar soluções com base na análise crítica dos resultados obtidos na aplicação do conjunto de métodos da pesquisa de Amorim et al. (2020), realizados na etapa 4, especialmente em relação aos valores de preservação patrimonial e critérios de eficiência energética;
- Comprovar a eficácia de aprimoramentos propostos: estabelecer critérios para avaliar a eficácia da aplicação dos aprimoramentos propostos.

Assim, é realizada a proposição de melhorias a partir do entendimento do processo de avaliação do edifício resultante da aplicação do conjunto de métodos da pesquisa de Amorim et al. (2010), baseados em estudos sobre a eficiência energética e iluminação natural, juntamente com os parâmetros analíticos de valoração patrimonial.

Quanto ao desenvolvimento das propostas que visam aprimorar os procedimentos de avaliação e as diretrizes gerais integrantes do conjunto de métodos analisados, é necessário estabelecer uma sistematização capaz de compreender soluções pertinentes às lacunas encontradas. Isso garantirá o máximo atendimento aos objetivos de preservação patrimonial, indo além das indicações de eficiência energética.

5.3 Estudo de caso em Brasília

O estudo de caso desta pesquisa abrange um recorte de edificações não residenciais situadas na zona central do Plano Piloto de Brasília, construídas predominantemente entre as décadas de 1960 e 1980. Essas edificações são exemplares do patrimônio histórico e cultural da arquitetura moderna, sendo que algumas possuem valor patrimonial reconhecido e outras não. Com base nisso, pode-se inferir que o estudo de caso em Brasília tem o potencial de estabelecer diretrizes gerais para a intervenção de retrofit energético de fachadas, em conformidade com os princípios de preservação do patrimônio arquitetônico moderno.

Para embasar teoricamente a seleção da amostra representativa, realiza-se uma ampla caracterização do estudo de caso em Brasília. Nesse sentido, é feito um levantamento conforme os seguintes critérios: (1) Contexto histórico e parâmetros de preservação; (2) Fatores geográficos e climáticos; (3) Caracterização morfológica das edificações do recorte de estudo; e a (4) Seleção da amostra representativa para aplicação do método. Na Tabela 17, estão presentes os procedimentos e referências gerais para a obtenção dessas informações.

Tabela 17 Dados a serem levantados para a caracterização geral do estudo de caso

Assunto	Levantamento	Procedimento
Contexto histórico e aspectos urbanísticos de Brasília	<ul style="list-style-type: none"> – História da cidade; – Traçado urbano e suas escalas; – Normas que regem a política urbana; e zonas de preservação. 	Pesquisa de dados históricos disponíveis em livros, teses e dados disponíveis pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional – IPHAN do DF.
Fatores geográficos e climáticos	<ul style="list-style-type: none"> – Geografia e clima; – Estratégias gerais para melhoria do conforto térmico; – Dados meteorológicos. 	Apuração de dados disponíveis Instituto Nacional de Meteorologia – INMET do Distrito Federal.
Caracterização morfológica de edificações não residenciais na zona central do Plano Piloto	<ul style="list-style-type: none"> – Mapa de localização e de tombamento dos setores estudados; – Dados de tipologias construtivas dos 267 edifícios: ano de construção; número de pavimentos; forma e orientação; composição da envoltória dos edifícios em relação às variáveis de eficiência energética pertinentes à dissertação. 	<p>Análise e atualização de documentos disponíveis na base de dados do LACAM/FAU-UnB e dados levantados pelas pesquisas Amorim et al (2020) e Costa (2018):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Análise documental (projetos); - Levantamento dimensional; - Registro fotográfico - Levantamento in loco das características morfológicas da envoltória através da ferramenta Google Earth.
Seleção da amostra representativa para aplicação do método	<ul style="list-style-type: none"> – Critério para a escolha de edifícios para a aplicação do método proposto; – Especificar dados gerais dos edifícios. 	

Fonte: Autora, 2022

5.3.1 Contexto histórico e aspectos urbanísticos de Brasília

De acordo com Amaral (2003, p.303), a implantação da capital planejada por Lúcio Costa em 1956, no Centro-Oeste, representou a inauguração de um novo pólo de desenvolvimento e conquista, que também funcionava como um ponto de encontro que intensificava as conexões inter-regionais.

Durante a gestão do presidente Juscelino Kubitschek, a ordenação da nova capital também foi caracterizada pela imigração de uma população que buscava trabalho, especialmente na construção civil. O aumento populacional levou a uma expansão territorial além do Planalto Central durante todo o processo de concepção de Brasília. Conforme a cidade ia sendo concluída, a preocupação das autoridades locais aumentava devido ao crescimento desordenado e à especulação imobiliária (PÊGO, 2013, p. 76 e 77). Para controlar essa expansão urbana e, principalmente, preservar o traçado urbano de Brasília, foi criada a Lei nº 3751/1960, que trata da organização administrativa do Distrito Federal e estabelece a autorização obrigatória para a execução de qualquer modificação durante o processo de urbanização de Brasília.

Adotou-se ainda outra medida, que foi avaliar o processo de urbanização da capital brasileira, conforme descrito no documento intitulado "Brasília Revisitada 1985/1987: Complementação, Preservação, Adensamento e Expansão Urbana", escrito por Lucio Costa (COSTA, 1987). Neste documento, são abordadas questões relacionadas aos atributos do patrimônio cultural e às características fundamentais de preservação do Plano Piloto, conforme definido na Tabela 18.

Tabela 18 Atributos e características fundamentais de preservação do Plano Piloto

Atributos e características	
Interação das quatro escalas urbanas	<ul style="list-style-type: none"> – Escala monumental: foi firmada no Eixo Monumental, que abarca o corpo Leste-Oeste da cidade e possui a área da Praça dos Três Poderes à estação ferroviária. Trata-se, portanto, da escala onde o "homem adquire dimensão coletiva" (EL-DAHDAH, 2009). – Escala residencial: foi pensada para abrigar as superquadras. – Escala gregária: estava prevista para o centro da cidade. Essa escala situa-se no cruzamento entre os dois eixos e ocupa a Zona Central do Plano Piloto de Brasília, onde estão localizados os setores bancários, hoteleiros, comerciais, de diversões e médico-hospitalares (EL-DAHDAH, 2009). – Escala bucólica: engloba áreas livres que devem ser arborizadas ou com cobertura vegetal nativa.
Estrutura viária	Vias caracterizadas pelo tráfego livre capaz de integrar as quatro escalas urbanas.
Questão residencial	Áreas de vizinhança, próximas ao centro, que tenham apenas habitações multifamiliares para apartamentos com chão livre (superquadra) e casas isoladas (mais distantes do centro).

Orla do Lago	Lugar com acesso livre a todos, salvo em áreas reservadas aos clubes (escala bucólica).
Importância do paisagismo	“A memória descritiva do plano deixou clara a importância da volumetria paisagística na interação das quatro escalas urbanas da cidade; o canteiro central da Esplanada gramado, as cercaduras verdes das Superquadras, a massa densamente arborizada prevista para os Setores Culturais [...]”
Presença do céu na proposta urbana	“[...] integrante e onipresente da própria concepção urbana — os “vazios” são por ele preenchidos; a cidade é deliberadamente aberta aos 360 graus do horizonte que a circunda”.
Não alastramento urbano	“[...] expansão se faria através de cidades satélites, e não da ocupação urbana gradativa das áreas contíguas ao núcleo original. Previa-se a alternância definida de áreas urbanas e áreas rurais —proposição contrária à ideia do alastramento suburbano extenso e rasteiro”.

Fonte: Adaptado de Brasília Revisitada (COSTA, 1987)

A concepção arquitetônica e urbanística de Brasília alinhou-se aos ideais modernistas do século XX, com traços que delimitam uma dimensão contemporânea, destacando-se pela excelência da produção e inovação tanto estética como técnica. Dessa forma, a expressão de identidade nacional da nova capital foi reforçada a partir de dois eixos principais: o rodoviário e o monumental, que interagem entre as quatro escalas complementares e distintas: monumental, residencial, gregária e bucólica.

Esses princípios serviram de base para a elaboração de documentos preservacionistas posteriores, como o Decreto nº 10.829/87 do Governo do Distrito Federal. Esse foi o primeiro instrumento com enfoque na preservação do projeto urbanístico da capital e atendeu às exigências da Unesco para a inclusão de Brasília na Lista de Patrimônio Mundial em 1987 (IPHAN, 2016 a).

Esse tombamento já havia sido mencionado como “tombamento branco para o plano urbanístico da Capital”, no Art. 38 da Lei nº 3.751, de 13 de abril de 1960. Esta lei do ano da inauguração da capital “serviu de apoio para a ratificação do tombamento da cidade” e o Decreto nº10.829 de 14 de outubro de 1987, que é considerado oficialmente como o documento do tombamento de Brasília, na realidade, apenas regulamenta esta lei de 1960 “no que se refere à preservação urbanística de Brasília” (PÊGO, 2013, p. 77).

O reconhecimento de Brasília como Patrimônio Cultural da Humanidade deve-se, em grande parte, à singularidade das suas escalas urbanas e arquitetônicas. Isso motivou a criação de leis para proteger a cidade de modificações e distorções, incluindo o tombamento pelo Governo Federal e Governo do Distrito Federal. O objetivo era preservar a ideia urbanística original, com apenas alguns edifícios notáveis ou fundamentais no traçado urbano. A partir de 1990, a cidade passou a ser protegida legalmente por três instâncias: GDF, Unesco e tombamento federal. A principal norma que rege a política urbana do DF é o Plano Diretor de Ordenamento Territorial do Distrito Federal - PDOT, que orienta os agentes públicos e privados envolvidos na produção e gestão do território. Entre os objetivos do PDOT está a consolidação, proteção e valorização do Conjunto Urbanístico do Plano Piloto de Brasília

(CUB), tombado como sítio urbano e Patrimônio Cultural da Humanidade, e que abrange uma área de 112,25 km².

O PDOT esclarece o Plano de Preservação do Conjunto Urbanístico de Brasília (PPCUB) para a área do Plano Piloto de Brasília, bem como os Planos Diretores Locais (PDLs) e a Lei de Uso e Ocupação do Solo (LUOS) para as demais Regiões Administrativas do Distrito Federal.

No que diz respeito aos parâmetros de uso e ocupação do solo, o artigo 12, inciso II, do PDOT estabelece que a área de entorno do Conjunto Urbanístico de Brasília está sujeita ao cumprimento de restrições estabelecidas em normas distritais e federais. No entanto, a Lei não especifica claramente quais normas seriam aplicáveis ao CUB. Ainda assim, há legislações em vigor, como as NGBs e alguns decretos, que estabelecem regras básicas mínimas para ocupação dos lotes, como o coeficiente de aproveitamento ou taxa de construção, altura, taxa de ocupação, afastamentos, taxa de permeabilidade e taxa de área verde.

Outro instrumento relevante para qualquer tipo de intervenção no CUB é a Portaria Nº 166/2016 do Iphan, que tem como objetivo:

Art. 2º. Garantir para a presente e futuras gerações a preservação dos valores históricos do Conjunto Urbanístico de Brasília, que ensejam seu tombamento como Patrimônio Cultural Brasileiro; e, complementar e detalhar os critérios para as intervenções de natureza urbana, arquitetônica e paisagística no Conjunto Urbanístico de Brasília estabelecidos na Portaria Iphan nº 314/1992, de forma a orientar o processo de gestão, preservação e fiscalização do bem tombado. IPHAN (2016b).

Logo, a menção desta Portaria se tornou necessária não somente pela importância do papel do Iphan para com a preservação deste patrimônio da humanidade, mas também por todos os cuidados para orientar o processo de gestão, preservação e fiscalização deste bem, e conseqüentemente dos setores analisados neste trabalho. É importante ressaltar que a lei Nº 166/2016 desempenha um papel complementar à Portaria do Iphan nº 314/1992, que por sua vez estabelece definições e critérios para intervenções no Conjunto Urbanístico de Brasília. Dessa forma, a referida lei não apenas reforça os cuidados a serem observados, mas também implementa medidas específicas para garantir a preservação adequada da Zona Central de Plano Piloto.

Para efeitos de gestão, preservação e fiscalização do CUB, a normativa estabelece duas Macroáreas de Proteção denominadas A e B, sendo a primeira composta por 4 (quatro) Zonas de Preservação (ZP1A, ZP2A, ZP3A e ZP4A), e a segunda por 3 (três) Zonas de Preservação (ZP1B, ZP2B e ZP3), conforme ilustrado na Figura 30.

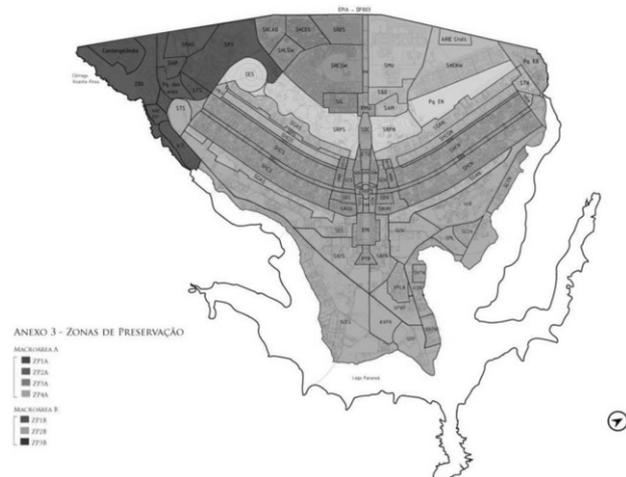


Figura 30 Mapa da área tombada contendo as macroáreas A e B e as respectivas zonas de preservação
 Fonte: Portaria Nº 166 / 2016 do Iphan

O conceito de Zona de Preservação - ZP é descrito no artigo 16 como porções territoriais que constituem as Macroáreas, delimitadas de acordo com os atributos, morfologia e papéis que desempenham na constituição da paisagem urbana. Conforme estabelecido pelo parágrafo único, as zonas mencionadas são compostas por Áreas de Preservação (AP), as quais são definidas levando em consideração as particularidades urbanas de cada região.

De acordo com o PPCUB a zona urbana do conjunto tombado é dividida em 12 Territórios de Preservação (TP) conforme representado na Figura 31, sendo a localização dos Setores da zona central compreendida no TP3.

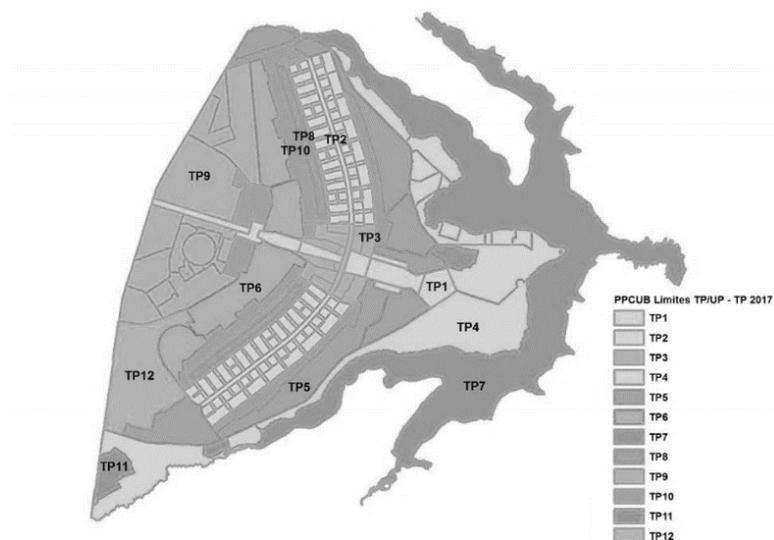


Figura 31 Proposta de divisão do CUB em Territórios de Preservação
 Fonte: PPCUB (BRASIL, 2017)

O Distrito Federal possui um patrimônio variado, incluindo diferentes tipos de bens culturais, bens tangíveis e intangíveis que podem ser identificados e/ou reconhecidos por meio do Tombamento ou Registro, e outras formas e medidas de proteção (como inventários)

(IPHAN, (2016a). Atualmente, a cidade é a quarta maior metrópole do país, com uma população estimada em 3.094.325 habitantes em 2021. Além disso, apresenta uma densidade demográfica de 444,66 habitantes por quilômetro quadrado (IBGE, 2022).

5.3.2 Fatores geográficos e climáticos

Referente aos dados geográficos, Brasília está localizada na região Centro-Oeste do Brasil, na latitude -15.8° , longitude -47.9° e altitude de 1161 m². A cidade está na Zona Bioclimática 4, e de acordo com Ferreira et al. (2014), possui clima tropical e nas estações é caracterizado por verão chuvoso e inverno seco, sendo possível ao longo do ano o período vespertino manter temperaturas mais altas e no período noturno, temperatura mais baixas.

De acordo com o Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (2020), as temperaturas mínimas (abaixo de 14°C) foram registradas nos meses de junho e julho e a média das máximas em setembro fica em torno de $27,7^\circ\text{C}$. As variações térmicas diárias existem em função dos fatores climáticos da altitude e da continentalidade (localização geográfica na área central do país) e se intensificam no período seco. A capital, portanto, apresenta níveis altos de radiação solar que variam entre 5,25 kWh/m² e 6,3 kWh/m² ao longo do dia. Em relação à média anual para as condições de conforto, Brasília possui 46% em desconforto por frio, 18% em desconforto por calor e 37% em conforto térmico (Figura 32).



Figura 32 Condições de conforto anual e principais
Fonte: Adaptado, Projeteee (2022)

De acordo com Projeteee (2022), no contexto climático de Brasília, é necessário considerar a aplicação das principais estratégias bioclimáticas nas edificações, tais como inércia térmica para aquecimento, ventilação natural e sombreamento. A inércia térmica é essencial para o aquecimento da edificação ao longo do ano, fazendo com que a temperatura interna diminua em relação à temperatura externa. Essa estratégia é importante tanto para o verão, absorvendo o calor e reduzindo a temperatura interna, quanto para o inverno,

armazenando o calor e liberando-o durante a noite, desde que os componentes construtivos estejam bem orientados.

5.3.3 Caracterização morfológica de edificações não residenciais na zona central do Plano Piloto

Para caracterizar as edificações não residenciais na zona central do Plano Piloto, foram utilizados valores de referência provenientes de pesquisas realizadas por Amorim et al. (2020), Costa (2018) e Lima (2010), que envolveram visitas in loco, registros fotográficos e buscas com os aplicativos Google Earth e Google Maps.

Foram analisadas as características morfológicas de 267 edificações, em sua maioria escritórios, localizadas nos 7 setores investigados: (1) Setor Comercial Sul - SCS; (2) Setor Comercial Norte - SCN; (3) Setor Bancário Sul - SBS; (4) Setor Bancário Norte - SBN; (5) Setor de Autarquias Sul - SAUS; (6) Setor de Autarquias Norte - SAUN; e (7) Esplanada dos Ministérios - EMI. A Figura 33 apresenta a relação dos edifícios de escritórios, públicos ou privados, delimitados nos setores da zona central do Plano Piloto.

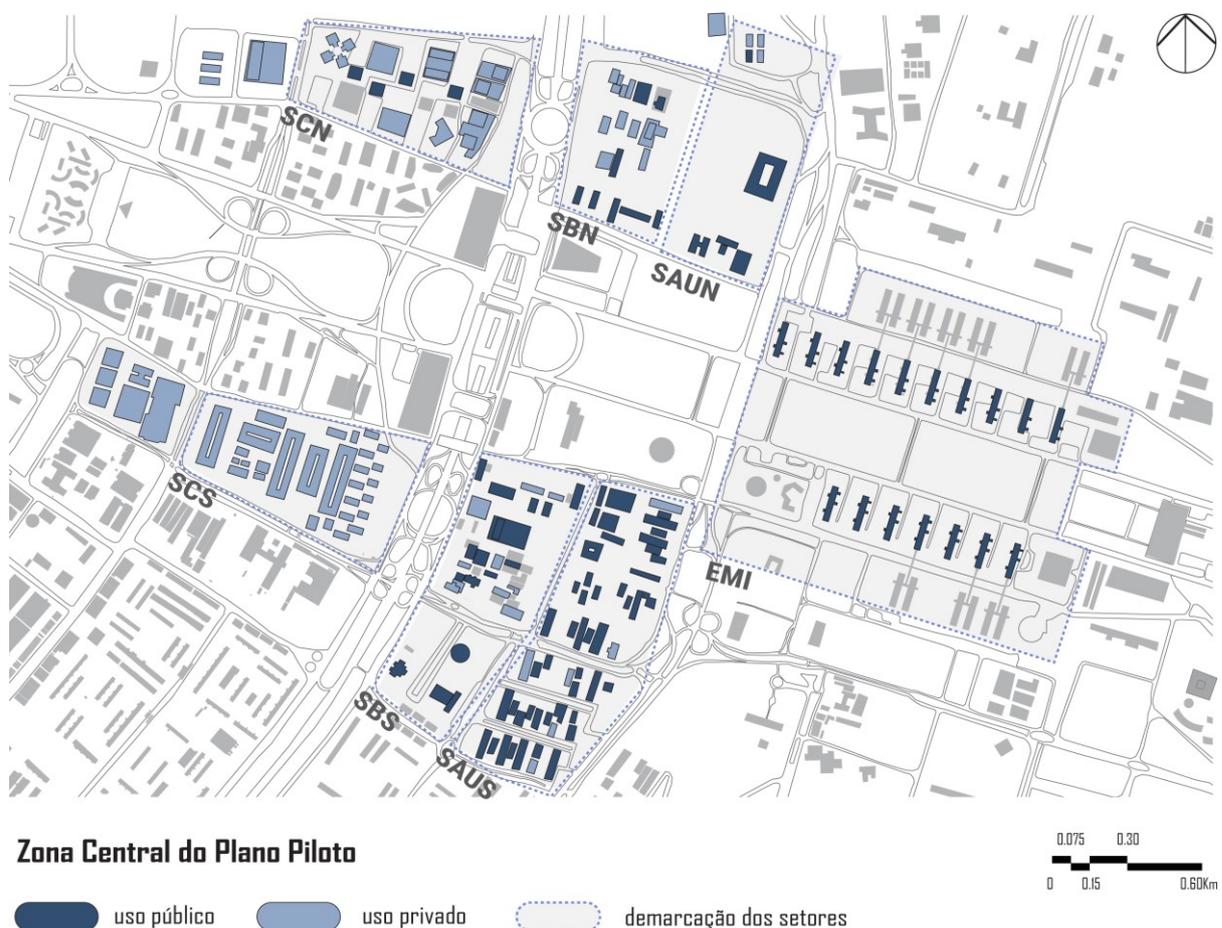


Figura 33 Localização dos setores estudados com suas edificações públicas e privadas

Fonte: Adaptado de Amorim et al (2020)

Quanto ao valor patrimonial e à notoriedade arquitetônica, há diversas edificações construídas principalmente a partir da década de 1960. Por essa razão, é possível inferir que muitos desses edifícios, independentemente de terem sido tombados ou não, precisam receber especial atenção para fins de preservação patrimonial.

Com relação ao tombamento, somente 18 edifícios possuem essa proteção legal. No entanto, alguns edifícios têm potencial de serem tombados em virtude de sua importância simbólica, construtiva e/ou arquitetônica, conforme demonstrado na Figura 34.

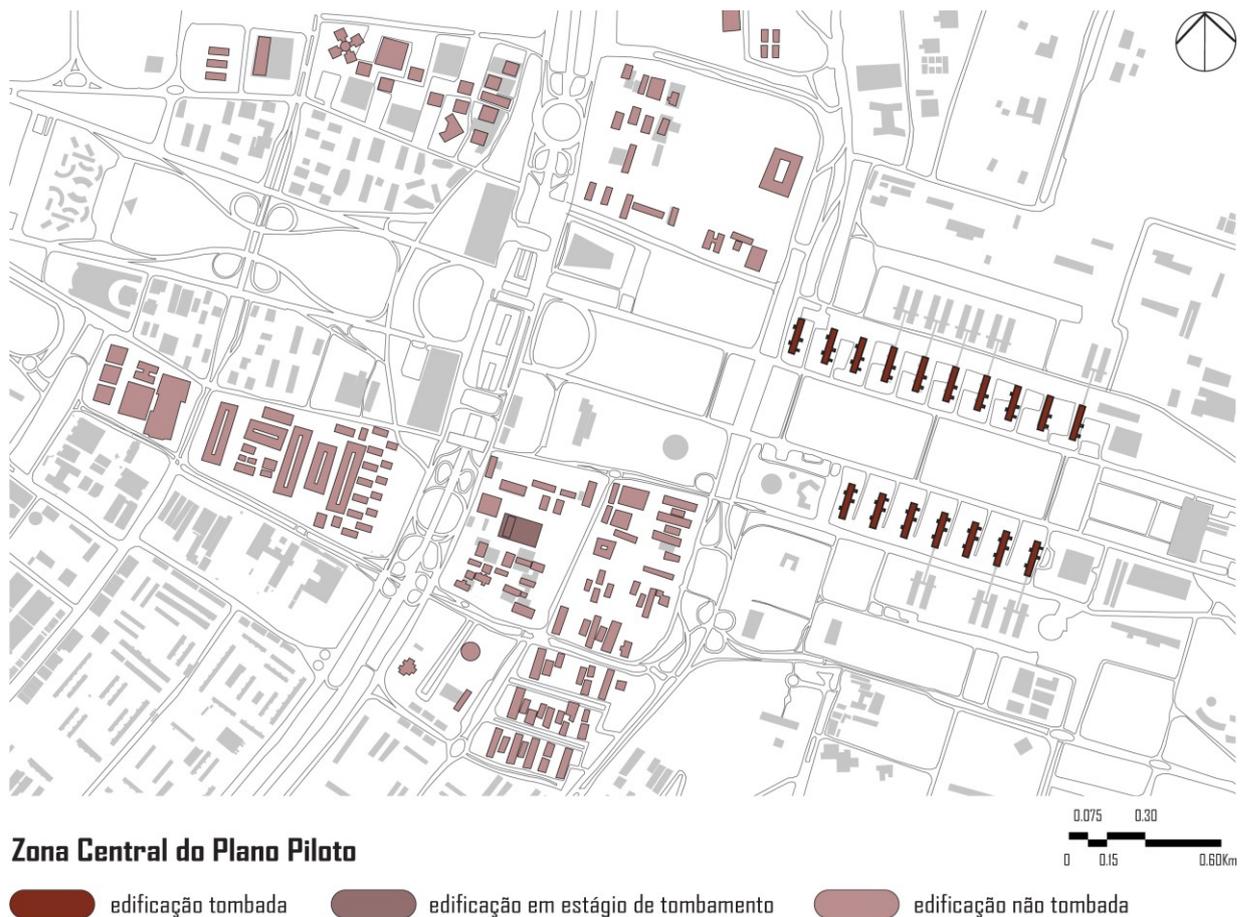


Figura 34 Mapa de tombamento no centro do Plano Piloto
 Fonte: Fonte: Adaptado de Amorim et al (2020)

Em relação ao ano de construção, 38% dos edifícios analisados apresentam as seguintes características: 34 edifícios construídos na década de 1960, 30 edifícios na década de 1970, 5 edifícios na década de 1980, 13 edifícios na década de 1990, 9 edifícios na década de 2000 e 9 edifícios construídos a partir de 2010 até os dias atuais. Além disso, de acordo com os dados coletados, excluindo-se a Esplanada dos Ministérios, nota-se uma maior quantidade de edificações construídas entre as décadas de 1970 e 1980 (Figura 35).

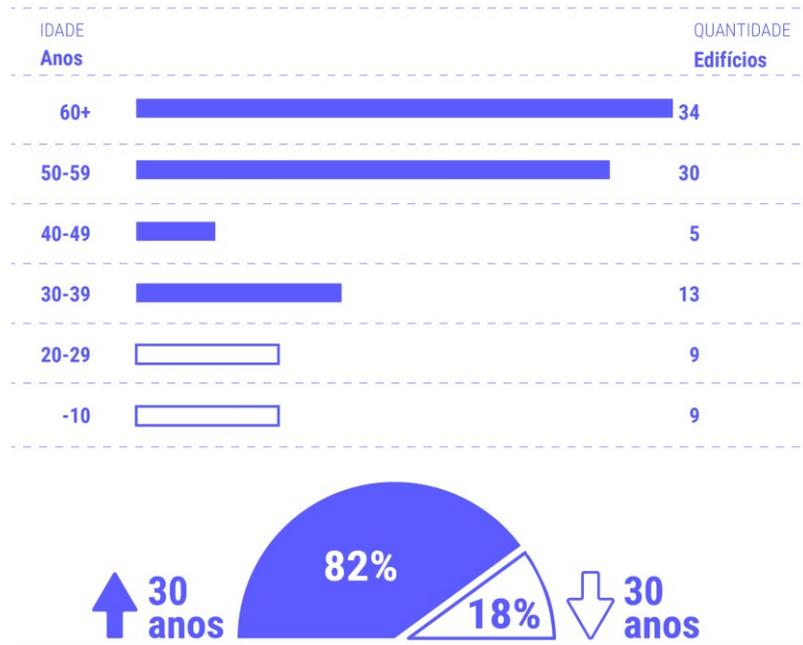


Figura 35 Infográfico dos edifícios selecionados: idade e quantidade
 Fonte: Adaptado de Amorim et al (2020)

Para compreender a tipologia dos 267 edifícios analisados, a Tabela 19 apresenta dados compilados referentes ao número de pavimentos, forma geométrica e orientação.

Tabela 19 Compilação do banco de dados de 267 edifícios

Dados	Tipo	2020	Quantidade
Número de Pavimentos	1 a 4	32%	88
	5 a 10	30%	84
	11 a 16	25%	68
	Maior 17 (máx. 28)	10%	27
Forma	Circular	0%	3
	H	3%	10
	Irregular	3%	9
	Retangular	84%	225
	Quadrada	7%	20
Orientação	18° (Norte)	13%	38
	108° (Leste)	35%	87
	198° (Sul)	18%	52
	288° (Oeste)	22%	70
	Outras	12%	20
Total de edifícios	-	-	267

Fonte: Adaptado de Amorim et al (2020)

A partir dessas informações, pode-se constatar que a maioria dos edifícios analisados apresenta de 1 a 4 pavimentos, o que corresponde a 32% do total avaliado. Quanto à forma predominante, a maioria é retangular, o que representa 89% do total avaliado. Em relação ao

ângulo de orientação das fachadas, a maioria dos edifícios apresenta 108° (leste), correspondendo a 35% do total avaliado.

Quanto às envoltórias analisadas, em especial às aberturas (janelas), cerca de 40% dos edifícios possuem fachadas quase completamente envidraçadas, e quase 65% dos edifícios não apresentam nenhum tipo de elemento de proteção solar. Já 30% dos edifícios analisados possuem brises ou pórticos. A Figura 36 apresenta a relação entre os tipos de proteção solar predominantes no recorte examinado.

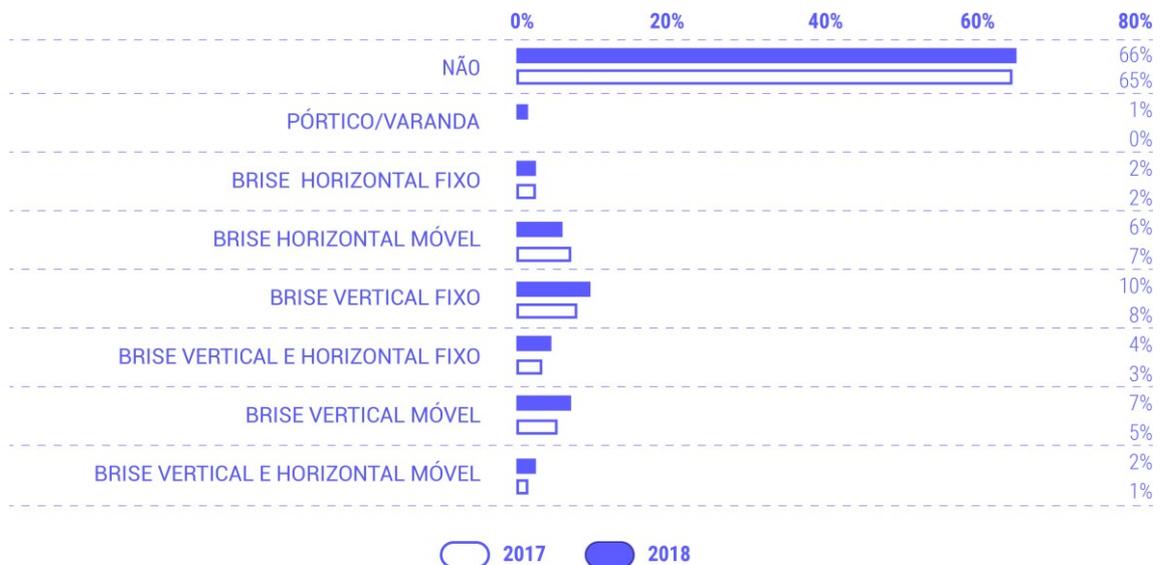


Figura 36 Percentual dos elementos de proteção solar das fachadas
 Fonte: Adaptado de Amorim et al (2020)

Ainda em relação à análise das aberturas nas fachadas, pode-se observar na Figura 37 que 32% dos edifícios apresenta PAF (Percentual de Área de Abertura de Fachada) igual ou superior a 75%.

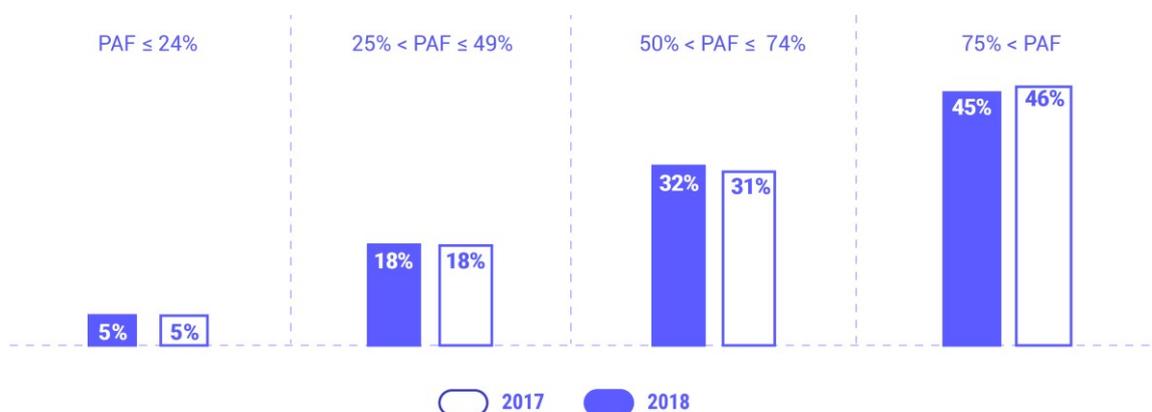


Figura 37 Relação do PAF nas envoltórias
 Fonte: Adaptado de Amorim et al (2020)

Referente aos tipos de vidro predominantes no recorte estudado, foram identificados os seguintes tipos: bronze, cinza, incolor, azul refletivo, bronze refletivo, champanhe refletivo, cinza refletivo, prata refletivo, verde refletivo, violeta e verde. Em alguns casos não foi possível o acesso à informação. Para a definição dos dados de simulação dos cenários da pesquisa, os valores de referência para o tipo de vidro com espessura de 6mm foram obtidos a partir da base de dados do programa Design Builder. Esses valores foram especificados para as taxas de Fator Solar (FS) e Transmissão Luminosa (TL), além da Transmitância Térmica.

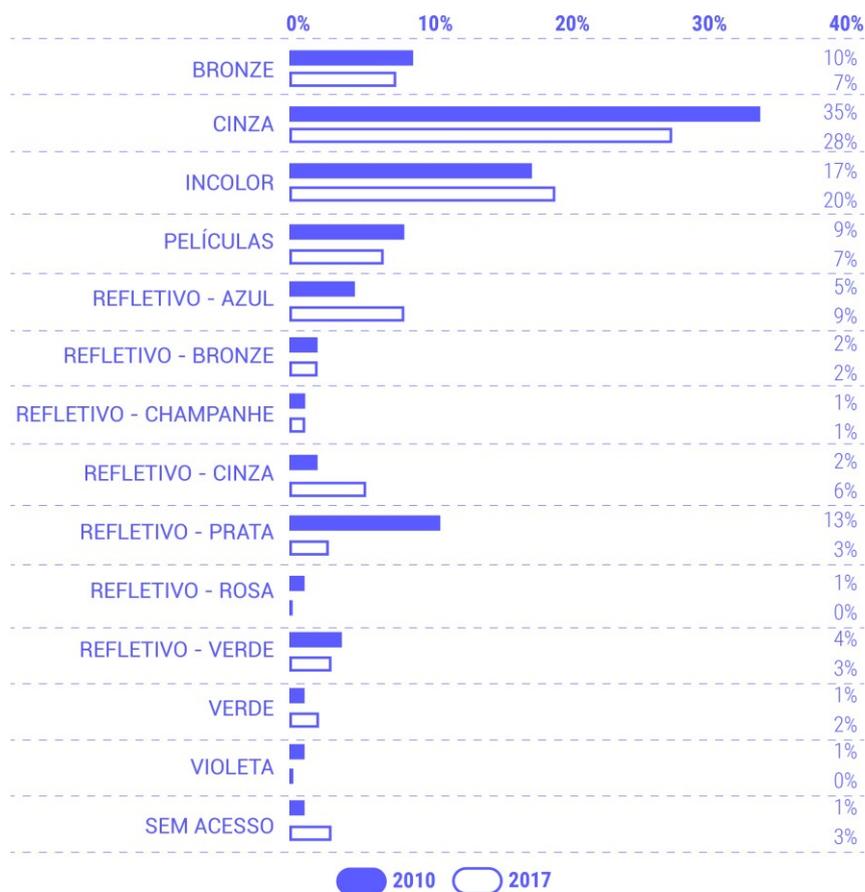


Figura 38 Percentual de edifícios com cada tipo de vidro em 2010 e 2017
 Fonte: Adaptado de Amorim et al (2020)

Na análise dos edifícios, destaca-se a presença de vidros em várias cores, como cinza, incolor, bronze e refletivo azul. Conforme mencionado por Costa (p.51, 2018, apud. Lima, 2010), é preocupante o elevado Fator Solar (FS) dos vidros incolores, com 81,5%, assim como os vidros verdes, com 60,2%, e os vidros bronze, com 60,6%, uma vez que esses valores contrariam as recomendações da Agência Internacional de Energia (2013). Na Figura 38, constata-se que houve poucas alterações nos tipos de vidro utilizados, tanto nos levantamentos realizados por Lima (2010) quanto nas observações feitas por Amorim et al. (2020) em 2017. Os vidros mais comuns são os de cor cinza e incolor, que correspondem a 50% das fachadas analisadas.

Estratégias de retrofit energético da envoltória: pesquisa Amorim et al (2020)

Neste item, busca-se estabelecer um apanhado teórico do estudo sobre eficiência energética em edificações não residenciais localizadas no centro de Brasília, conforme a pesquisa conduzida por Amorim et al. (2020), enfatizando apenas os aspectos relevantes para o procedimento metodológico da dissertação. A pesquisa em foco aprofundou-se nesse tema a partir da coleta de dados relacionada à caracterização morfológica apresentada na seção anterior, mais especificamente em um recorte de estudo composto por 30 edifícios públicos.

Dado isso, no que se refere ao levantamento para avaliação do consumo energético, foram apuradas as contas de energia elétrica no período de 2013 a 2017. A partir dessas informações, foi possível determinar uma média de consumo de 132 kWh/m²ano (COSTA, 2018; AMORIM et al., 2019). No entanto, é importante ressaltar que esse valor representa uma estimativa baseada nos dados obtidos durante esse período específico.

No que diz respeito aos dados arquitetônicos, o estudo categorizou as tipologias dos edifícios com o objetivo de criar modelos representativos para simulação computacional. Para esse fim, foram obtidos desenhos técnicos detalhados, como plantas, cortes, elevações, leiaute interno e detalhamentos dos materiais de vedação. A pesquisa utilizou esses dados para avaliar o consumo de energia do uso final, levando em consideração aspectos como iluminação, refrigeração do ar e o uso de equipamentos elétricos de escritório.

Para realizar essa avaliação, foram utilizadas variáveis arquitetônicas consideradas extremamente relevantes, conforme indicado na Tabela 20 do estudo. Essas variáveis têm um impacto direto no conforto térmico e luminoso dos usuários. Além disso, englobam características arquitetônicas da estrutura envolvente do edifício, do layout dos escritórios e também a configuração e o uso do sistema elétrico do edifício. Essas informações foram consideradas essenciais para analisar e compreender o consumo energético relacionado ao uso e às características específicas desses edifícios.

Tabela 20 Variáveis de Eficiência energética avaliadas

Variável	Descrição	Fonte
Fator Forma	Razão entre a área da envoltória e o volume total da edificação (A_{env}/V_{tot})	Instituto... (2009) Didoné (2014) Voss e Musall (2012)
Forma do edifício	Retangular, quadrada, circular, com pátio interno ou poço de luz etc.	Alves et al. (2017) e Lima (2010)
Fator altura	Razão entre a área de projeção da cobertura e a área total construída (A_{pcob}/A_{tot}), com exceção dos subsolos	Instituto... (2009) Didoné (2014)
Altura	Número de pavimentos	Lima (2010)
PAF	Percentual de área envidraçada na fachada	Alves et al. (2017), Lima (2010) e Goia (2016)

FS	Fator Solar do Vidro	Alves et al. (2017) e Lima (2010)
TL	Transmissão Luminosa do Vidro	Alves et al. (2017)
Sombreamento externo	Ângulos de sombreamento externo das aberturas envidraçadas por orientação	Instituto... (2009)
U (W/m²K)	Transmitância Térmica	Alves et al. (2017) e Lima (2010)
Absortância (α)	Absortância dos materiais da envoltória (paredes externas e telhado)	Alves et al. (2017)
Ventilação natural noturna	Áreas de abertura (entrada e saída) Amplitude térmica diária Velocidade e direção dos ventos	Chen, Augenbroe, Song (2018) Schulze, Gürlich, Eicker (2018)

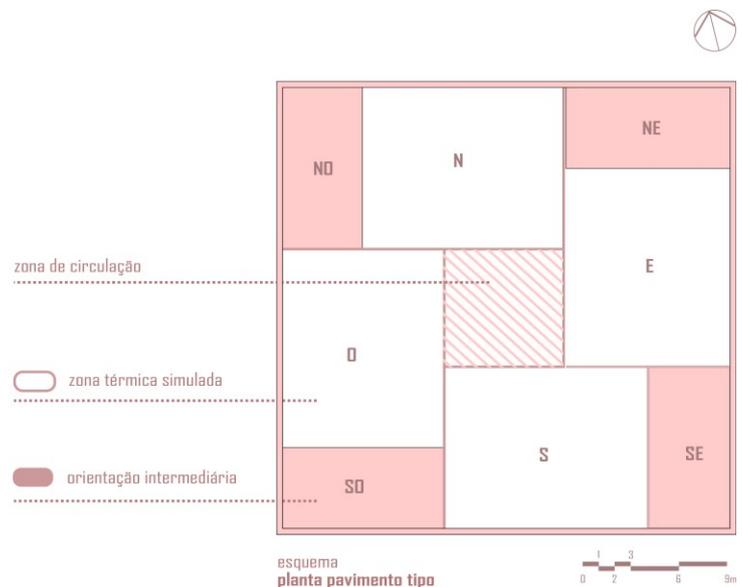
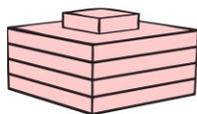
Fonte: Adaptado de Amorim et al (2020)

Partindo da coleta de dados sobre a ocorrência das características morfológicas (Tabela 20), o estudo concebeu 3 modelos que representam a totalidade de quase 267 edifícios na zona central de Brasília, sendo eles:

- **Modelo 1:** edifícios de planta quadrada (30 x 30 m) e com 4 pavimentos;
- **Modelo 2:** edifícios de planta retangular (11 x 102 m) e com 10 pavimentos;
- **Modelo 3:** edifícios de planta retangular (15 x 35 m) e com 15 pavimentos.

Para melhor compreensão dos dados, os modelos foram representados por uma única cor ao longo de todo o estudo, conforme ilustrado nas Figuras 39, 40, 41 e 42.

MODELO I
4 PAVIMENTOS



Nº PAVIMENTOS 1 A 4	ÁREA 900.00 M²	FORMA QUADRADA	REPRESENTATIVIDADE 32%	FF 0,36	FA 0,40	PAF 80%	VIDRO FS 32% TL 21%	ELEMENTO PROTEÇÃO SOLAR NÃO	ORIENTAÇÃO DAS FACHADAS PRINCIPAL: 18°N; LATERAL DIREITA: 288°L LATERAL ESQUERDA: 108°O; POSTERIOR: 198°S
CONSUMO ENERGÉTICO SIMULADO:				USOS FINAIS DE ENERGIA					
POR CENÁRIO ORIGINAL 115 kWh/m²ano		POR CENÁRIO OTIMIZADO 63 kWh/m²ano		ILUMINAÇÃO 25%		AC 50%		OUTROS 25%	

Figura 39 Dados gerais do modelo de 4 pavimentos

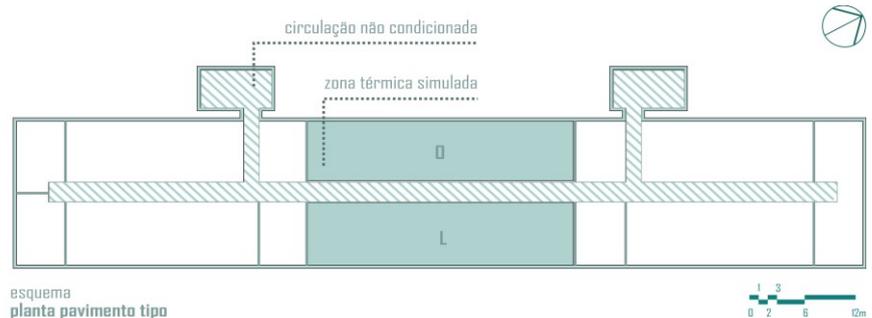
Fonte: Adaptado de Amorim et al (2020)

No Modelo 1, representado na Figura 39, o cenário simulado mais próximo da tipologia original apresenta PAF de 80% e nenhuma proteção solar, o que resulta em aumento do consumo de ar-condicionado. Nessa situação, a proporção de consumo por uso final é de 25% para iluminação, 50% para refrigeração de ar e 25% para outras cargas de equipamentos elétricos de escritório. O consumo energético total nessa condição original é de 115 kWh/m²ano

Após a realização de diversas simulações, a melhor combinação de envoltória encontrada foi similar ao modelo de 4 pavimentos, o que levou à aplicação do mesmo procedimento nos modelos de 10 e 15 pavimentos, respectivamente.

No Modelo 2, representado na Figura 40, na situação original em que o PAF é de 80% e não há proteção solar, a proporção de consumo por uso final é de 7% para iluminação, 67% para condicionamento de ar e 26% para outras cargas de demanda elétrica. Nessa condição, o consumo energético total é de 108 kWh/m²ano.

MODELO II
10 PAVIMENTOS

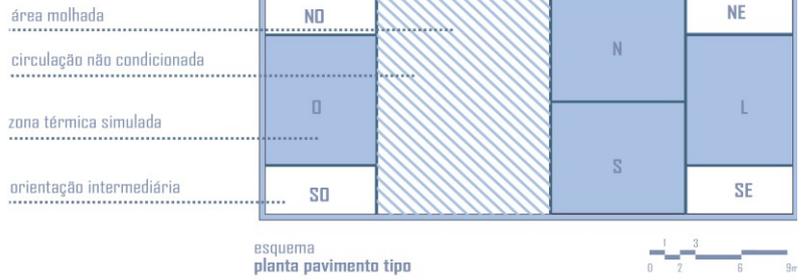


Nº PAVIMENTOS	ÁREA	FORMA	REPRESENTATIVIDADE	FF	FA	PAF	VIDRO	ELEMENTO	ORIENTAÇÃO DAS FACHADAS
05 A 10	1734M ²	RETANGULAR	30%	0,41	0,10	80%	FS 32% TL 21%	PROTEÇÃO SOLAR NÃO	PRINCIPAL: 108°L; LATERAL DIREITA: 18°N LATERAL ESQUERDA: 198°S; POSTERIOR: 288°O
CONSUMO ENERGÉTICO SIMULADO:							USOS FINAIS DE ENERGIA		
POR CENÁRIO ORIGINAL 108 kWh/m ² ano			POR CENÁRIO OTIMIZADO 61 kWh/m ² ano				ILUMINAÇÃO 7%	AC 67%	OUTROS 26%

Figura 40 Dados gerais do modelo de 10 pavimentos
Fonte: Adaptado de Amorim et al (2020)

No Modelo 3, representado na Figura 41, na situação original em que o PAF é de 80% e não há proteção solar, a proporção de consumo por uso final é de 38% para iluminação, 49% para ar-condicionado e 22% para outras cargas de demanda elétrica. Nessa condição, foi observado o maior consumo simulado, de 129,7 kWh/m²ano, que é bastante próximo à média de 132 kWh/m²ano obtida no levantamento de dados iniciais dos 30 edifícios.

MODELO III
15 PAVIMENTOS

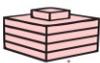


Nº PAVIMENTOS 11 A 15	ÁREA 525.00M²	FORMA RETANGULAR	REPRESENTATIVIDADE 25%	FF 0,19	FA 0,07	PAF 80%	VIDRO FS 32% TL 21%	ELEMENTO PROTEÇÃO SOLAR NÃO	ORIENTAÇÃO DAS FACHADAS PRINCIPAL: 18°N; LATERAL DIREITA: 288°L LATERAL ESQUERDA: 108°O; POSTERIOR: 198°S
CONSUMO ENERGÉTICO SIMULADO:				USOS FINAIS DE ENERGIA					
POR CENÁRIO ORIGINAL 129 kWh/m²ano		POR CENÁRIO OTIMIZADO 81,6 kWh/m²ano		ILUMINAÇÃO 38%		AC 49%		OUTROS 22%	

Figura 41 Dados gerais do modelo de 15 pavimentos
Fonte: Adaptado de Amorim et al (2020)



Zona Central do Plano Piloto



MODELO I
MENOR OU IGUAL A
04 PAVIMENTOS



MODELO II
05 A 10 PAVIMENTOS



MODELO III
11 A 15 PAVIMENTOS

Figura 42 Mapa de localização dos modelos representativos
Fonte: Adaptado de Amorim et al (2020)

Na pesquisa em questão, foram conduzidas simulações para avaliar o consumo de energia elétrica e o desempenho energético dos equipamentos nos modelos representativos I, II e III, os quais foram definidos em relação ao número de pavimentos. As diretrizes para a classificação da eficiência energética e etiquetagem de edifícios foram estabelecidas com base no método de avaliação do nível de eficiência energética de edifícios comerciais, de serviços e públicos - RTQ-C (INMETRO, 2010). Em 2020, a Instrução Normativa Inmetro para Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas - INI-C substituiu o RTQ-C (INMETRO, 2021).

Para avaliar a iluminação dos ambientes, a pesquisa utilizou o *software Rhinoceros*, versão 6.0, devido à sua capacidade de modelagem tridimensional. A geometria dos ambientes simulados foi estipulada com base em parâmetros como volume, altura, profundidade, obstruções externas, dispositivos de sombreamento, dentre outros..

Após a modelagem, os valores ópticos dos materiais foram identificados, tais como informações sobre as refletâncias internas e externas, coletadas por meio de diversas fontes, como literatura especializada, catálogos e normas. Posteriormente, o processo de pesquisa foi seguido pela parametrização no *plug-in Grasshopper*, na versão 1.0.0005, onde os valores necessários de iluminância foram definidos e a malha de pontos criada, além dos diretórios para salvamento dos arquivos de simulação terem sido determinados. Dentro da parametrização do *Grasshopper*, o cálculo foi efetuado pelo programa *Diva*, na versão 4.0.2.57.42. Nas simulações, foram utilizadas as seguintes variáveis: percentual de abertura na fachada (PAF), caracterização dos vidros (fator solar e transmissão luminosa), eficiência dos equipamentos e resfriamento passivo.

Ao considerar apenas os resultados de simulação dos cenários sem produção de energia solar fotovoltaica, a pesquisa revelou o potencial de economia na demanda energética dos edifícios simulados por meio de estratégias de redução de consumo. O modelo I, que engloba edifícios de 1 a 4 pavimentos, apresentou o maior percentual de economia de energia, com uma redução de 46% (Tabela 21). Os modelos II e III também demonstraram redução no consumo, alcançando 43% e 37%, respectivamente.

A partir da extrapolação desses dados, foi realizada uma análise sistemática para determinar a média ponderada do percentual de economia global. O resultado indicou uma redução de 55% no consumo energético para uso final considerando os 267 edifícios analisados. Esse resultado foi obtido por meio da implementação de estratégias de redução do consumo energético total nos 3 modelos estudados (AMORIM et al, p.19, 2020).

Tabela 21 Potencial de economia na demanda energética dos edifícios simulados com estratégias de redução de consumo

Modelo simulado	Número de edifícios	Representatividade dos grupos representativos	Economia de energia total final
I 	1 a 4 pavimentos	32% 87 unidades	46%
II 	5 a 10 pavimentos	30% 87 unidades	43%
III 	11 a 15 pavimentos	25% 68 unidades	37%
Média ponderada do percentual de economia global sem produção de energia Percentual			55%

Fonte: Adaptado de Amorim et al (2020)

Dentre as análises desses dados, considerou-se a hipótese de que, caso os três modelos de edifícios permitissem a geração de energia solar fotovoltaica, certamente a média ponderada do percentual de economia global resultaria em um valor ainda mais vantajoso.

Destacou-se também, desconsiderando os edifícios com mais de 16 pavimentos, que esses resultados seriam obtidos por meio da combinação de estratégias de redução de consumo, bem como a geração de energia própria nos edifícios. Nesse caso, seria possível alcançar um balanço energético de 100% para o Modelo I, com 4 pavimentos, 67,8% para o Modelo II, com 10 pavimentos, e 60% para o Modelo III, com 15 pavimentos (AMORIM et al., p. 54, 2020).

Tendo como base os resultados de simulação que consideraram apenas cenários similares às condições originais do edifício e focaram apenas em estratégias passivas de retrofit da envoltória, ou seja, desconsiderando a integração de estratégias para os sistemas de iluminação e ar-condicionado para a eficiência energética, foi possível identificar as variáveis que influenciam na otimização energética por meio de ajustes nos componentes construtivos. Assim, as seguintes recomendações para redução do consumo de energia podem ser aplicáveis aos três modelos representativos:

- Taxa de aberturas nas fachadas: ou percentual de abertura da fachada (PAF), é um fato que não só influencia as trocas térmicas, mas também a quantidade e qualidade de luz natural, a visão para o exterior e os aspectos energéticos do edifício (AMORIM et al., p.65, 2007). Por isso, recomenda-se manter a proporção ideal de PAF entre 30% e 50%;

- Vidro: é importante considerar as propriedades térmicas e ópticas do vidro, como o fator solar (FS) e a transmissão luminosa (TL). O valor ideal do FS é em torno de 43% ou inferior, enquanto que para TL é de 32% ou superior, visando a máxima eficiência energética. No entanto, este é um valor otimizado para o alcance da máxima eficiência energética e corresponde a um único tipo de vidro. A depender da situação, outros tipos de vidros podem ser utilizados;
- Elementos de proteção solar: é recomendado utilizar elementos de proteção solar, buscando proteção da radiação solar direta das 9h às 16h (AMORIM et al, 2020), caso seja possível em função de questões técnicas, econômicas, ou de valorização.

De acordo com Amorim et al. (2020), apenas com essas variações da envoltória do edifício, é possível alcançar uma elevação significativa da eficiência energética e obter economias de energia consideráveis, variando de 14% a 24% dependendo do modelo. Esses resultados são ilustrados na Figura 43.



Figura 43 Variáveis de eficiência energética para o tratamento da envoltória
 Fonte: Adaptado de Amorim et al (2020)

Os resultados obtidos pela pesquisa evidenciam a influência significativa que a envoltória exerce no que tange à busca pela eficiência energética. Em outras palavras, eles reforçam a importância da redução da carga térmica nas fachadas e do bom aproveitamento da luz natural como fatores capazes de minimizar o consumo energético para iluminação artificial e condicionamento de ar.

Portanto, é de suma importância considerar as estratégias passivas sugeridas pela pesquisa de Amorim et al. (2020) no projeto de intervenção, a fim de obter melhorias na envoltória. Isso deve levar em conta outros fatores combinados com o intervalo ideal de PAF (%) entre 30% e 50%, que incluem não apenas a orientação solar e ventilação natural, mas também as propriedades ópticas dos vidros e a disposição de elementos de proteção solar.

5.3.4 Seleção da amostra representativa para aplicação do método

Para a aplicação do método proposto, seleciona-se uma amostra representativa composta por edifícios coletados da base de dados da pesquisa Amorim et al (2020) descrita na seção anterior. Na Figura 44, são listados os principais critérios utilizados para a seleção dos edifícios da amostra de estudo. Esses critérios incluem: (1) Edifícios não residenciais da arquitetura moderna; (2) Número de pavimentos de 1 a 4, de 5 a 10 ou de 11 a 16; (3) Ano de construção entre 1960 e 1980; e (4) Finalização das fachadas com variadas tipologias de formas estruturais.



Figura 44 Critérios de seleção da amostra representativa
Fonte: Autora

Com base nas informações contidas na planilha de edificações não residenciais na zona central de Brasília do banco de dados da pesquisa referida, os dados foram analisados em relação aos modelos representativos que se caracterizam predominantemente por formas geométricas retangulares ou quadradas. Em decorrência disso, houve uma redução do conjunto para um total de 220 edificações. Posteriormente, observou-se o número de pavimentos dos edifícios e os organizou em três grupos principais: Grupo A, com até 4 pavimentos; Grupo B, com 5 a 10 pavimentos; e Grupo C com 11 a 16 pavimentos. Para determinar a quantidade mínima adequada de edifícios para a composição desses grupos, o tamanho da amostra representativa foi obtido estatisticamente por meio do cálculo da seguinte equação:

$$\text{Tamanho da amostra} = \frac{\{[z^2 \cdot p \cdot (1 - p)] / e^2\} / 1 + [z^2 \cdot p \cdot (1 - p)] / 3e^2 \cdot N}{(2)}$$

Onde:

N é o tamanho da população, sendo o total igual a 220;

e é a margem de erro (porcentagem no formato decimal), sendo 50%;

z é o número de desvios padrão entre determinada proporção e a média, sendo 0,88.

Após a aplicação dos critérios mencionados, foram selecionados doze edifícios para compor a amostra representativa destinada à aplicação do método proposto. Os dados preliminares desses edifícios foram consolidados na Tabela 22, levando em consideração a taxa de representatividade dos grupos A, B e C, conforme avaliada na pesquisa de Amorim et al (2020).

Tabela 22 Dados gerais da amostra representativa

Grupo	Modelo	Pavimentos	Representatividade	Código	Nome do edifício
A		1 a 4	32%	ED 01	ED. ANEXO I, TSE
				ED 02	ED. SEDE I, TRF 1ª REGIÃO
				ED 03	ED. ANEXO I, TRT 10ª REGIÃO
				ED 04	ED. AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO
B		5 a 10	30%	ED 05	ED. CAIXA CULTURAL – CEF – ANEXO
				ED 06	ED. DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTE – DNIT
				ED 07	ED. INSS GERÊNCIA EXECUTIVA
				ED 08	ED. MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA / TURISMO – MME
C		11 a 15	25%	ED 09	ED. SEDE II, TRF 1ª REGIÃO
				ED 10	ED. TELECOMUNICAÇÕES
				ED 11	ED. SEDE, STM
				ED 12	ED. MORRO VERMELHO

Fonte: Autora

Duas observações podem ser feitas sobre as edificações selecionadas. A primeira delas diz respeito ao processo de escolha, que priorizou a busca por edificações de uso público, em razão da obrigatoriedade da certificação energética para edificações destinadas à prestação de serviço público (BRASIL, p. 01, 2014). No entanto, somente um edifício de uso privado, o ED 12, foi selecionado devido à expressividade de sua envoltória. A segunda observação relevante foi a preferência por edificações não tombadas. Embora a proposta da dissertação seja aperfeiçoar métodos existentes para a tomada de decisão em projetos de intervenção em edificações da arquitetura moderna que não contam com uma instância específica de preservação, optou-se pela inclusão de um único edifício tombado, o ED-08, devido à necessidade de compor a variação tipológica das formas estruturais na finalização das fachadas.

PARTE III

Resultados e Conclusão

6 RESULTADOS

6.1 Análise sistemática de métodos da pesquisa Amorim et al (2020)

Nesta seção, apresenta-se a análise sistemática dos resultados de uma pesquisa preexistente conduzida por Amorim et al. (2020) que aborda o retrofit e a preservação de edifícios não residenciais modernos. Considerando a premissa de que a preservação do patrimônio tombado requer pesquisas históricas e construtivas, tanto arquitetônicas quanto artísticas, neste tópico busca-se a harmonização dos conceitos de forma estrutural da arquitetura moderna com as variáveis de eficiência energética, conforme aprofundado no item 5.3.3 (páginas 98 a 109).

6.1.1 Base dos resultados da pesquisa anterior: Retrofit e preservação de edifícios não residenciais modernos em Brasília

Como visão preliminar dos resultados pretendidos, é pertinente recapitular a problematização da dissertação antes de abordar a harmonização das variáveis de eficiência energética com os parâmetros de preservação patrimonial. Nesse sentido, embora o centro de Brasília adote um cenário repleto de aspectos de valorização em sua visualidade monumental, existem inúmeros edifícios da arquitetura moderna sem o devido reconhecimento oficial de seus valores arquitetônicos, o que majoritariamente não assegura a preservação da autenticidade quando passam por intervenções em fachadas. Foi pensando nesses casos que a pesquisa de Amorim et al. (2020) combinou estratégias de eficiência energética e parâmetros de preservação, com o intuito de propor diretrizes gerais para a tomada de decisão preliminar em edifícios integrantes do legado moderno, com ou sem valor arquitetônico reconhecido.

O entendimento da valoração patrimonial está relacionado ao estudo realizado por Curt Siegel em sua obra "Formas estruturais da arquitetura moderna", publicada em 1966 (tratada na Seção 3.1). De acordo com Sánchez e Amorim (2022), esse livro foi uma referência importante na formação de arquitetos na década de 1960. Segundo o professor Érico Weidle, da UFRS, essa obra sobre arquitetura moderna foi considerada, por muitos profissionais na época, como uma espécie de "cânone modernista" (SÁNCHEZ, 2021). Portanto, a associação utilizada com o estudo analítico proposto por Siegel sobre a arquitetura moderna pode ser compreendida como um reflexo do pensamento daquela geração.

Com base no exposto, a pesquisa em questão expandiu a visão de Siegel e desenvolveu um método para o retrofit energético da envoltória de edifícios da arquitetura moderna. Essa abordagem estabeleceu uma avaliação baseada no conceito das formas

estruturais, com o objetivo de classificar e hierarquizar as fachadas características encontradas nesses edifícios. A Figura 45 apresenta uma escala de valoração patrimonial concebida pelos autores, na qual as fachadas são classificadas em quatro tipologias: trama estrutural, edifícios encaixotados, parede cortina e pele de vidro. É importante ressaltar que a inclusão desta última tipologia foi feita para representar construções do legado moderno com fachadas descaracterizadas, um aspecto amplamente utilizado a partir da década de 1990.

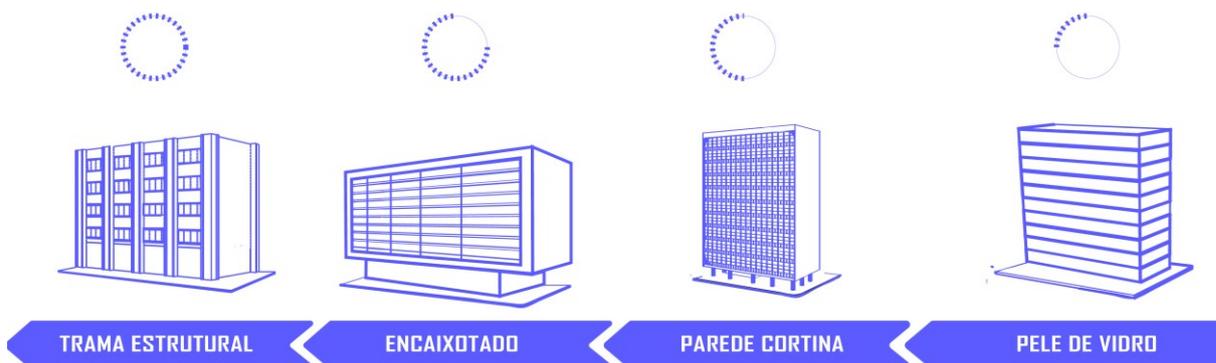


Figura 45 Escala de valoração patrimonial
Fonte: Adaptado de Sánchez e Amorim (2022)

Com base nisso, foram estabelecidas diretrizes gerais para intervenções em edifícios da arquitetura moderna, tendo em vista uma hierarquização dos valores patrimoniais visíveis, que determinam o nível de modificação das envoltórias. A elaboração das diretrizes gerais foi baseada no desafio de conciliar as vertentes de preservação patrimonial e eficiência energética, visando orientar projetos de intervenção de retrofit energético (AMORIM et al., p. 52, 2020). Nesse contexto, foram propostas as seguintes orientações para uma análise preliminar em projetos de intervenção em edifícios da arquitetura moderna:

- Edifícios com **trama aparente** devem ter sua característica construtiva preservada quando contarem com finalização na cobertura e na base construtivamente formuladas;
- Edifícios encaixotados podem ter sua fachada alterada uma vez que a característica construtiva pode ser substituída sem danos estruturais ou prejuízo estético;
- Edifícios em **parede cortina** podem ser passíveis de retrofit com a substituição completa da fachada com vistas à melhoria da condição de eficiência energética;
- Edifícios em **pele de vidro**, quase padrão nos últimos 30 anos, devem seguir diretivas de eficiência energética.

Convém destacar que essas instruções levaram em consideração a linguagem expressa pela fachada e o uso abundante de vidro, que deve ser avaliado com cautela. No entanto, caso a fachada seja composta por elementos estruturais, a sua remoção não pode ser realizada sem um estudo adequado de estabilidade e avaliação patrimonial.

Em um estudo recente realizado pelos autores Sánchez e Amorim (2022), utilizando a mesma base de dados da pesquisa Amorim et al. (2020), foram avaliadas as fachadas de edifícios modernos em uma região específica do Setor Comercial Sul de Brasília - SCS. Os pesquisadores escolheram essa área como recorte ideal para testar a aplicabilidade da escala valorativa, uma vez que abrange edifícios construídos nas décadas de 1960 e 1970, com enfoque construtivo na arquitetura moderna. Desse modo, a aplicação do método de valoração patrimonial nas fachadas modernistas do SCS seguiu a escala de valoração patrimonial em conformidade com as diretrizes gerais aprofundadas por Sánchez (2020).

Com o intuito de realizar uma demonstração preliminar do método de valoração patrimonial utilizando a escala valorativa, serão considerados dois exemplos de edifícios localizados no Setor Comercial de Brasília:



Figura 46 Exemplo da avaliação comparativa de fachadas na aplicação da escala de valoração patrimonial
 Fonte: Adaptado de Sánchez (2020)

Na Figura 46, é possível realizar uma análise comparativa das tipologias das formas estruturais presentes nas fachadas do edifício Morro Vermelho, projetado em 1974 pelo arquiteto João Filgueiras Lima (Lelé), e do edifício Oscar Niemeyer, projetado pelo arquiteto Oscar Niemeyer. Em tal caso, a envoltória dos edifícios apresenta uma aderência à melhor qualidade de expressão da forma estrutural, conforme os princípios apresentados por Siegel (1966). Portanto, qualquer modificação realizada em prol da eficiência energética não pode descaracterizar esses exemplos do modernismo em Brasília das décadas de 1960 e 1970.

Em vista disso, os procedimentos que integram o conjunto de métodos propostos pela pesquisa Amorim et al. (2020) representam uma espécie de roteiro simplificado de tomada de decisão para projetos de retrofit e preservação patrimonial. As diretrizes gerais propostas são fundamentadas na avaliação das formas estruturais em relação à composição visual das fachadas, bem como nas suas conexões com o piso, cobertura e cantos, visando melhorar a fluidez do projeto.

A Figura 47 exibe um esquema da base procedimental pertinente à avaliação do edifício, compreendendo os seguintes passos: 1) Levantamento de dados das fachadas para determinar as variáveis de eficiência energética (PAF; propriedades dos vidros e elementos de proteção solar); 2) Identificação das formas estruturais predominantes nas tipologias de fachadas da arquitetura moderna, avaliadas por Siegel (1966); e, por fim, 3) Avaliação tipológica na escala de valoração patrimonial associada às diretrizes gerais de intervenção em edifícios da arquitetura moderna (AMORIM et al, p. 48 a 52, 2020).

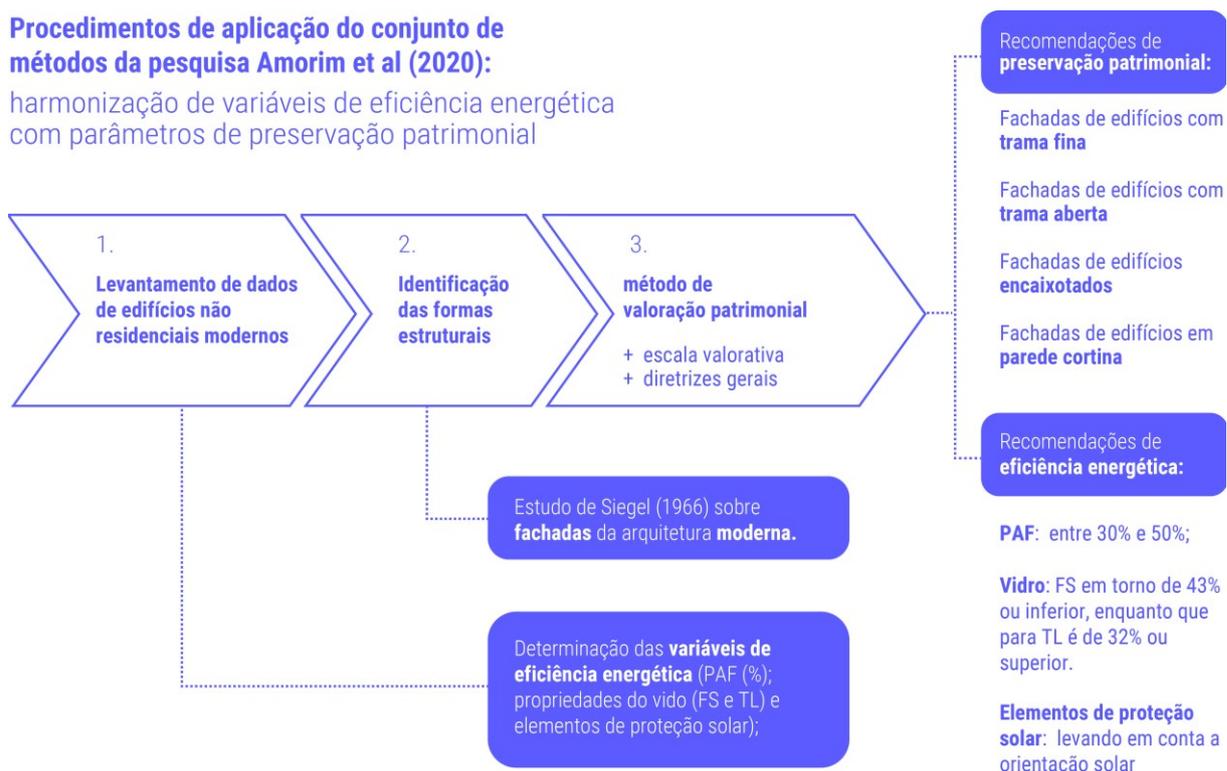


Figura 47 Esquema da base procedimental do conjunto de métodos da pesquisa Amorim et al. (2020)
 Fonte: Autora

Portanto, cabe destacar que a base procedimental do conjunto de métodos apresentados na pesquisa Amorim et al. (2020) estabelece o nível de intervenção em conformidade com a forma estrutural visível para a avaliação da fachada da arquitetura

moderna. Isso posto, a utilização desses procedimentos fortalece o embasamento teórico e amplia o alcance das contribuições desta dissertação no campo de estudo.

6.1.2 Correlação do PAF (%) com as formas estruturais das fachadas

A Figura 48 apresenta os resultados do cálculo do PAF (%) para as tipologias de tramas estruturais na finalização das fachadas da arquitetura moderna. Os Apêndices A, B, C e D detalham o redesenho das 32 configurações de finalização das fachadas, bem como os valores numéricos resultantes da decomposição das formas estruturais.

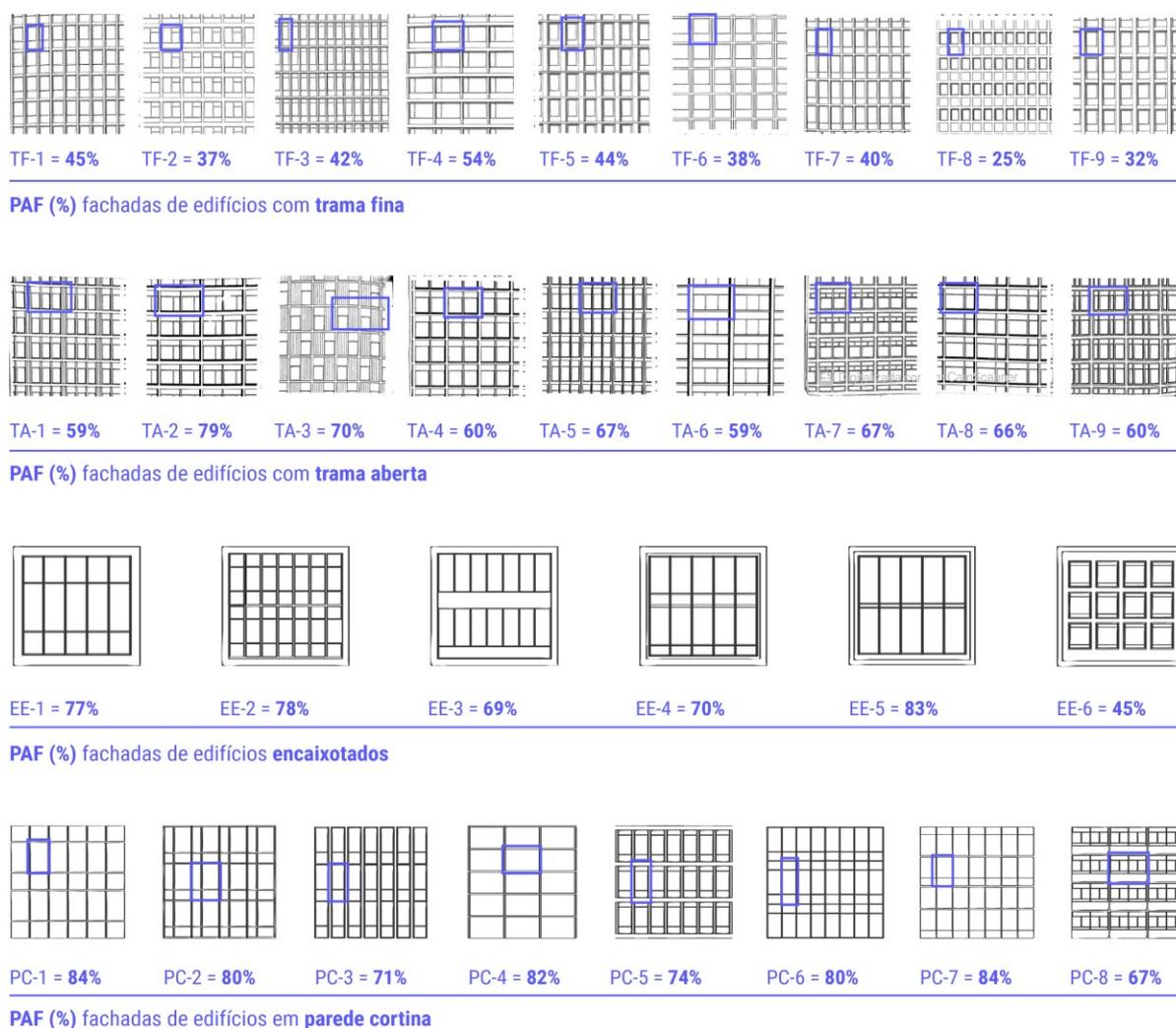


Figura 48 Resultado da co/relação entre PAF (%) e as formas estruturais
 Fonte: Autora

Para os dados que desconsideram os elementos de proteção solar, é possível obter a Média Percentual de Abertura de Fachadas (PAF_m) de 42% para fachadas de edifícios com trama fina, 69% para fachadas de edifícios com trama aberta, 70% para fachadas de edifícios encaixotados e 78% para fachadas em parede cortina. Na Figura 45, observa-se uma

associação entre o PAFm (%) das tramas estruturais e a sequência hierárquica da escala de valoração patrimonial desenvolvida por Sánchez & Amorim (2022). Considerando a zona climática de Brasília, é possível inferir que os edifícios em parede cortina, que possuem os maiores PAF (%), tendem a receber uma maior quantidade de radiação solar direta nas fachadas, enquanto os edifícios com trama fina, que apresentam os menores PAF (%), são aqueles que recebem uma menor quantidade de radiação solar direta nas fachadas.



Figura 49 Relação entre o PAFm (%) e a escala de valoração patrimonial
Fonte: Autora

Cabe considerar ainda que, quanto maior o PAF (%), menor será a necessidade de iluminação artificial durante o dia, o que pode resultar em uma considerável diminuição no consumo de energia elétrica. No entanto, é importante ressaltar que a abertura excessiva das fachadas pode aumentar a carga térmica em determinadas configurações, o que, por sua vez, pode elevar a necessidade de utilização de ar condicionado para manter o conforto térmico no interior do edifício.

No âmbito da preservação patrimonial, a análise da envoltória do edifício desempenha um papel crucial. Essa análise permite constatar que as modificações nas fachadas de edifícios com valor arquitetônico devem ser realizadas por meio de projetos de retrofit energético, que buscam preservar a composição da estrutura visível, garantindo que essas fachadas permaneçam o mais próximo possível de sua arquitetura original.

6.2 Caracterização da amostra representativa

Inicialmente, o estudo identificou que os edifícios selecionados para compor a amostra representativa estão distribuídos em cinco setores da zona central do Plano Piloto de Brasília (Figura 50), a saber:

- Setor Comercial Sul – **SCS**: ed. de Telecomunicações (ED 10, Grupo C) e ed. Morro Vermelho (ED 12, Grupo C);
- Setor Bancário Sul – **SBS**: ed. Anexo da Caixa Cultural (ED 05, Grupo B);
- Setor de Autarquias Sul – **SAUS**: Ed. Anexo I, TSE (ED 01, Grupo A); Ed. Sede I, TRF 1ª (ED 02, Grupo A); Ed. Anexo I, TRT 10ª (ED 03, Grupo A); Ed. Gerência

Executiva do INSS (ED 07, Grupo B); Ed. Sede II, TRF 1ª (ED 09, Grupo C); Ed. Sede do STM (ED 11, Grupo C);

- Esplanada dos Ministérios – **EMI**: Ed. Ministério de Minas e energia/Turismo – MME (ED 08, Grupo B);
- Setor de Autarquias Norte – **SAUN**: Ed. Agência Nacional de Mineração – ANM (ED 04, Grupo A); Ed. Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte – DNIT (ED 06, Grupo B).



Zona Central do Plano Piloto

ED 01 ANEXO I, TSE	ED 07 INSS GERÊNCIA EXECUTIVA
ED 02 SEDE I, TRF 1ª REGIÃO	ED 08 MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA / TURISMO – MME
ED 03 ANEXO I, TRT 10ª REGIÃO	ED 09 SEDE II, TRF 1ª REGIÃO
ED 04 AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO - ANM	ED 10 TELECOMUNICAÇÕES
ED 05 CAIXA CULTURAL – CEF – ANEXO	ED 11 SEDE, STM
ED 06 DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTE – DNIT	ED 12 MORRO VERMELHO

Figura 50 Localização dos edifícios da amostra representativa
Fonte: Autora

Cabe ressaltar que essas edificações estão localizadas principalmente em setores de escala gregária, exceto o ED-08, situado em uma escala monumental. As Figuras 51, 52 e 53 apresentam as fachadas dos edifícios da amostra representativa divididos em três grupos, levando em consideração os parâmetros de modelos representativos definidos por Amorim et al. (2020) em relação à altura dos pavimentos.

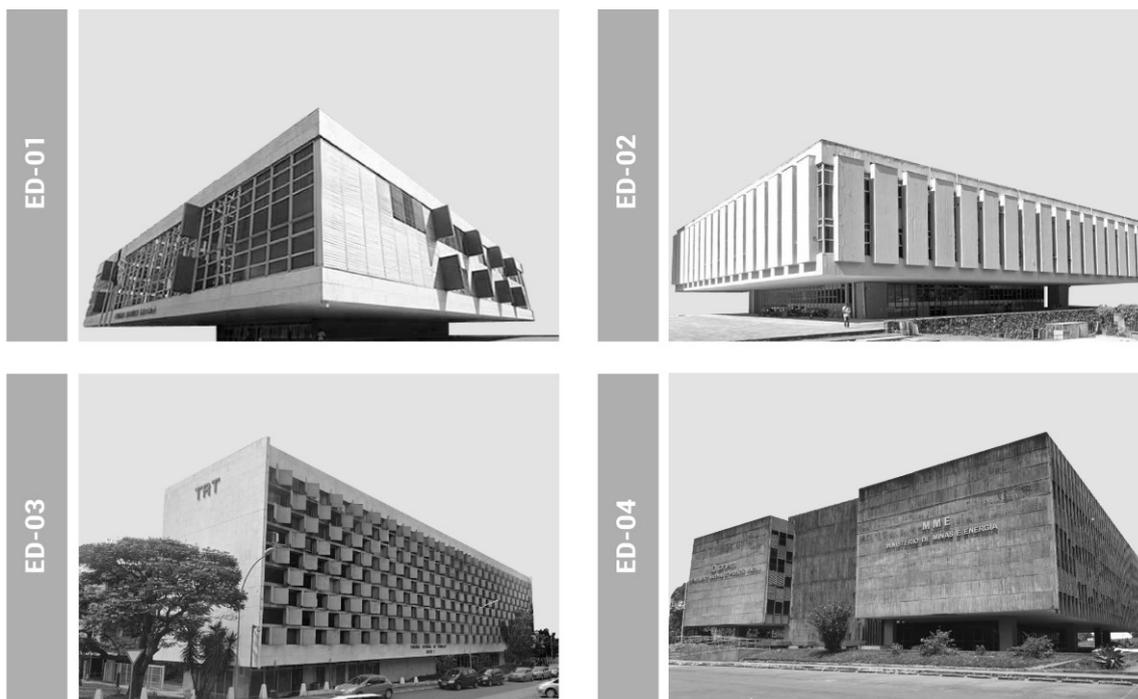


Figura 51 Edificações do Grupo A: Anexo I, TSE (ED-01); Sede I, TRF 1ª (ED-02); Anexo I, TRT 10ª (ED-03); e (ED-04) ANM.
 Fonte: Adaptado de Google Earth (2021)



Figura 52 Edificações do Grupo B: CEF Cultural (ED-05); DNIT (ED-06); INSS (ED-07); e, MME (ED-08)
 Fonte: Adaptado de Google Earth (2021)



Figura 53 Edificações do Grupo C: . Sede II, TRF 1ª (ED-09); TELECOM (ED-11); SEDE STM (ED-11); e, MORRO VERMELHO (ED-12)
Fonte: Adaptado de Google Earth (2021)

A partir da caracterização geral, foi possível identificar os principais fatores que podem influenciar a eficiência energética na envoltória das edificações, como por exemplo, a orientação solar e o tipo de vidro utilizado. Sendo assim, a caracterização de 12 edifícios foi realizada, partindo-se da sequência de informações gerais das edificações, bem como das características da geometria e das variáveis de eficiência energética relevantes para a envoltória.

6.2.1 Dados gerais das edificações

Para o levantamento inicial, foram empregados os dados gerais que fornecem um detalhamento sucinto, permitindo uma verificação ampla da amostra representativa. Isso ocorre, pois, os resultados obtidos nesta etapa são suficientes, como referência e contextualização, para atestar a eficácia do método proposto que visa a aplicabilidade de outros métodos tratados anteriormente (Item 6.1).

Nas Tabelas 23, 246 e 25, os dados da amostra representativa são apresentados em ordem crescente por classificação quanto ao número de pavimentos delimitados nos Grupos A, B e C.

Tabela 23 Dados gerais das edificações do Grupo A

Código do edifício	ED-01	ED-02	ED-03	ED-04
Nome do edifício	ANEXO I, TSE	SEDE I, TRF 1ª	ANEXO I, TRT 10ª	ANM
Imagem				
Autor do projeto	Nauro Jorge Esteves	Hermano Gomes Montenegro	Hermano Gomes Montenegro	José Francisco Mendes del Peloso
Ano de construção	1971	1967	1969	1972
Uso	Público	Público	Público	Público
Setor	SAS	SAS	SAS	SAN

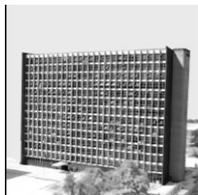
Fonte: Autora

Tabela 24 Dados gerais das edificações do Grupo B

Código do edifício	ED-05	ED-06	ED-07	ED-08
Nome do edifício	CEF CULTURAL	DNIT	INSS - GERÊNCIA	MME
Imagem				
Autor do projeto	João Alfredo Ortigão Friedmann	Rodrigo Lefèvre	Oscar Niemeyer	Oscar Niemeyer
Ano de construção	1980	1979	1962	1960
Uso	Público	Público	Público	Público
Setor	SBS	SAN	SAN	EMI

Fonte: Autora

Tabela 25 Dados gerais das edificações do Grupo C

Código do edifício	ED-09	ED-10	ED-11	ED-12
Nome do edifício	SEDE II, TRF 1ª	TELECOMUNICAÇÕES	SEDE, STM	MORRO VERMELHO
Imagem				
Autor do projeto	R. R. Roberto	Hélio Ferreira Pinto e Alaôr Savoi de Sena	Nauro Jorge Esteves	João Filgueiras Lima
Ano de construção	1978	1966	1971	1974
Uso	Público	Público	Público	Privado
Setor	SAS	SCS	SAS	SCS

Fonte: Autora

No gráfico apresentado a seguir (Figura 54), verifica-se que a coleta de dados o ano de construção dos edifícios da amostra, permite constatar maior quantidade de edificações entre as décadas de 1960 e 1970, sendo 11 delas edificadas neste período e apenas um caso, o ED-05, construído em 1980.

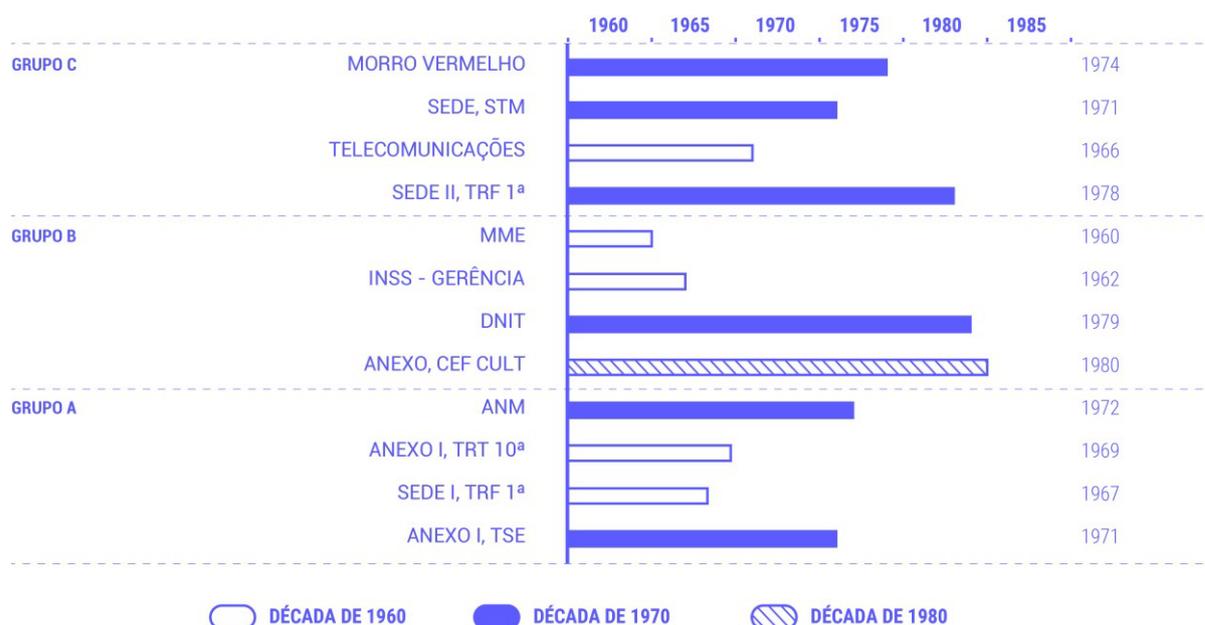


Figura 54 Relação dos edifícios com o ano de construção
Fonte: Autora

6.2.2 Caracterização geométrica e variáveis de eficiência energética

Em relação aos dados arquitetônicos, o resultado das 12 edificações considerou especialmente a verificação de seus desenhos técnicos de planta, cortes e fachadas, como também a pesquisa de materiais de vedação externa. As Tabelas 26, 27 e 28, apresentam as características da condição real de edificações que integram os Grupos A, B e C, respectivamente.

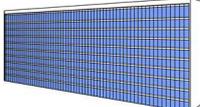
Tabela 26 Caracterização geométrica e variáveis de eficiência energética do Grupo A

Código do edifício	ED-01	ED-02	ED-03	ED-04
Nome do edifício	ANEXO I, TSE	SEDE I, TRF 1ª	ANEXO I, TRT 10ª	ANM
Perspectiva				
Forma estrutural	Parede Cortina	Trama Fina	Encaixotado	Encaixotado
Número de pavimentos	3	4	4	4
Forma	Quadrada	Quadrada	Retangular	Retangular

Altura do pavimento (m)		3,1	3,8	3,8	3,8
Largura (m)		55,0	52,6	18,3	45,4
Comprimento (m)		55,0	52,6	78,5	48,5
Área de projeção (m²)		3024,8	2770,9	1435,6	2201,9
Área total construída (m²)		6744,3	9444,6	5742,5	7475,7
Volume total - Vtot (m³)		20704,9	35417,1	21821,7	28407,7
Elevação Principal	Orientação Solar	108° Leste	108° Leste	108° Leste	18° Norte
	Área total (m ²)	626,2	997,02	1220,9	635,4
	Área de vidros (m ²)	344,4	507,4	720,8	73,1
	PAF (%)	55	51	59	12
Elevação Posterior	Orientação Solar	288° Oeste	288° Oeste	288° Oeste	198° Sul
	Área total (m ²)	626,3	634,0	1220,9	635,4
	Área de vidros (m ²)	344,4	213,0	493,3	73,1
	PAF (%)	55	34	40	12
Elevação Lateral Direita	Orientação Solar	18° Norte	18° Norte	18° Norte	108° Leste
	Área total (m ²)	626,2	634,0	263,0	675,5
	Área de vidros (m ²)	336,0	213,0	20,1	293,8
	PAF (%)	54	34	8	43
Elevação Lateral Esquerda	Orientação Solar	198° Sul	198° Sul	198° Sul	288° Oeste
	Área total (m ²)	626,2	634,0	264,0	675,5
	Área de vidros (m ²)	336,0	213,0	0	293,8
	PAF (%)	54	34	0	43
Elevação Total	Área total (m ²)	2504,9	2899,0	2968,9	2621,8
	Área de vidros (m ²)	1360,9	1146,4	1234,3	733,9
	PAFT (%)	54	40	42	28
Área total da envoltória (m²)		5529,7	5669,9	4404,5	4823,7
Fator Forma (Aenv/Vtotal)		0,27	0,16	0,20	0,17
Fator Altura (Apcob/Atotal)		0,45	0,29	0,25	0,29

Fonte: Autora

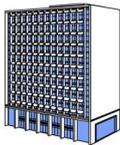
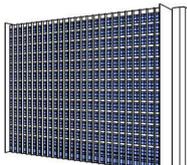
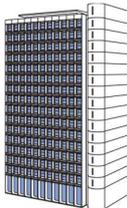
Tabela 27 Caracterização geométrica e variáveis de eficiência energética do Grupo B

Código do edifício	ED-05	ED-06	ED-07	ED-08	
Nome do edifício	CEF CULTURAL	DNIT	INSS - GERÊNCIA	MME	
Perspectiva					
Forma estrutural	Trama Aberta	Encaixotado	Parede Cortina	Parede Cortina	
Número de pavimentos	5	6	10	10	
Forma	Retangular	Retangular	Retangular	Retangular	
Altura do pavimento (m)	3,1	3,3	3,4	3,2	
Largura (m)	10,0	82,6	15,9	17,5	
Comprimento (m)	50,0	116,7	34,2	102,7	
Área de projeção (m ²)	500,0	9641,1	542,1	1794,5	
Área total construída (m ²)	2500,0	57846,4	5420,7	17945,2	
Volume total - Vtot (m ³)	7750,0	188000,9	18430,4	56527,3	
Elevação Principal	Orientação Solar	215° Sudoeste	18° Norte	288° Leste	288° Leste
	Área total (m ²)	176,7	2025,4	1736,5	4015,3
	Área de vidros (m ²)	56,9	444,8	1382,2	3244,8
	PAF (%)	32	22	80	81
Elevação Posterior	Orientação Solar	40° Nordeste	198° Sul	291° Oeste	288° Oeste
	Área total (m ²)	176,7	2025,4	1736,5	4015,3
	Área de vidros (m ²)	56,9	257,0	1244,8	2739,2
	PAF (%)	32	13	72	68
Elevação Lateral Direita	Orientação Solar	125° Sudeste	288° Oeste	18° Norte	18° Norte
	Área total (m ²)	797,5	3235,8	801,7	685,4
	Área de vidros (m ²)	178,1	370,6	20,3	0
	PAF (%)	22	11	3	0
Elevação Lateral Esquerda	Orientação Solar	305 Noroeste	108° Leste	198° Sul	198° Sul
	Área total (m ²)	797,5	3235,8	801,7	685,4
	Área de vidros (m ²)	214,7	634,8	20,3	0
	PAF (%)	27	20	3	0

Elevação Total	Área total (m ²)	1948,3	10522,5	5076,4	9401,4
	Área de vidros (m ²)	506,5	1707,2	2667,6	5984,0
	PAFT (%)	26	16	53	64
Área total da envoltória (m²)		2448,3	20163,5	5618,4	11195,9
Fator Forma (Aenv/Vtotal)		0,32	0,11	0,30	0,20
Fator Altura (Apcob/Atotal)		0,20	0,17	0,10	0,10

Fonte: Autora

Tabela 28 Caracterização geométrica e variáveis de eficiência energética do Grupo C

Código do edifício	ED-09	ED-10	ED-11	ED-12	
Nome do edifício	SEDE II, TRF 1ª	TELECOMUNICAÇÕES	SEDE, STM	MORRO VERMELHO	
Perspectiva					
Forma estrutural	Encaixotado	Trama Aberta	Encaixotado	Trama Fina	
Número de pavimentos	12	14	14	16	
Forma	Retangular	Retangular	Retangular	Retangular	
Altura do pavimento (m)	2,8	3,8	3,4	2,9	
Largura (m)	15,3	17,6	15,0	18,5	
Comprimento (m)	33,9	52,9	65,0	28,6	
Área de projeção do edifício (m²)	516,9	931,0	975,0	527,8	
Área total construída (m²)	6203,7	13034,6	13650,0	8444,6	
Volume total - Vtot (m³)	17370,4	48879,6	46410,0	24489,4	
Elevação Principal	Orientação Solar	288° Oeste	198° Sul	198° Sul	
	Área total (m ²)	1317,1	3138,7	3773,3	1331,3
	Área de vidros (m ²)	922,6	1438,4	2335,3	530,0
	PAF (%)	70	46	62	40
Elevação Posterior	Orientação Solar	108° Leste	18° Norte	18° Norte	
	Área total (m ²)	1317,0	3138,8	3773,3	1331,3
	Área de vidros (m ²)	1162,6	1438,4	2351,0	530,0

	PAF (%)	88	46	62	40
Elevação Lateral Direita	Orientação Solar	18° Norte	288° Oeste	288° Oeste	288° Oeste
	Área total (m ²)	673,6	1395,0	833,8	881,8
	Área de vidros (m ²)	59,5	204,5	0,0	0,0
	PAF (%)	9	15	0	0
Elevação Lateral Esquerda	Orientação Solar	198° Sul	108° Leste	108° Leste	108° Leste
	Área total (m ²)	673,6	1395,0	833,8	881,8
	Área de vidros (m ²)	53,3	204,5	0,00	0,00
	PAF (%)	8	15	0	0
Elevação Total	Área total (m ²)	3981,3	9067,4	9214,1	4426,1
	Área de vidros (m ²)	2198,0	3285,9	4686,3	1060,0
	PAFT (%)	55	36	51	24
Área total da envoltória (m²)	4498,2	9998,4	10189,1	4953,9	
Fator Forma (Aenv/Vtotal)	0,26	0,20	0,22	0,20	
Fator Altura (Apcob/Atotal)	0,08	0,07	0,07	0,06	

Fonte: Autora

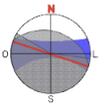
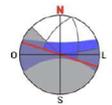
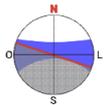
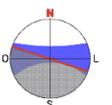
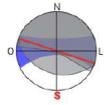
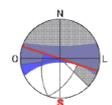
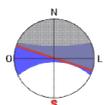
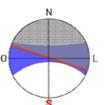
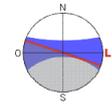
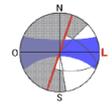
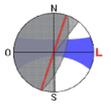
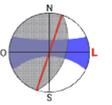
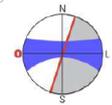
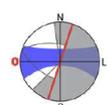
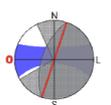
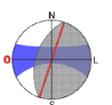
Analisando comparativamente os resultados das variáveis de eficiência energética da envoltória, o estudo identificou dentro de cada grupo os seguintes pontos críticos:

- **Grupo A:** o ED-01 compreende o menor volume total construído, PAF da fachada principal com 55%, sendo na orientação oeste (duração prolongada de incidência solar) o maior PAF_o (55%) do grupo, além de dispor os maiores índices de FF (0,26) e FA (0,45). Todavia, cabe a comparação com outro edifício também projetado em planta quadrada, o ED-02, com maior volume total construído e menores índices de PAF_o (34%), FF (0,16) e de FA (0,25).
- **Grupo B:** o ED-05 compreende o menor volume total construído do grupo, com PAF da fachada principal de 22%, PAF_o (32%) e os maiores índices de FF (0,32) e FA (0,20) do grupo. Em contrapartida, o ED-06, mesmo que seu PAF da fachada principal também seja de 22%, apresenta os menores índices de PAF_o (11%) e de FF (0,11) do grupo, tendo FA igual a 0,17.

Grupo C: o ED-05 compreende o menor volume total construído, com PAF da fachada principal, o PAF_O (70%), sendo o maior do grupo, como também seus índices de FF (0,26) e FA (0,08). Diferentemente do que ocorre no ED-06, pois ele compreende os menores índices do grupo ao apresentar o PAF da fachada principal de 24%, PAF_O (15%), de FF (0,20) e FF (0,07).

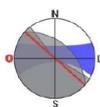
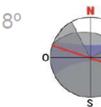
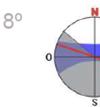
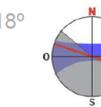
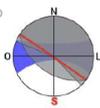
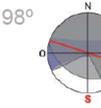
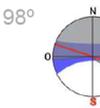
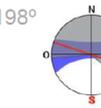
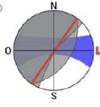
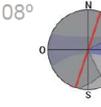
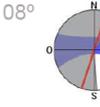
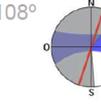
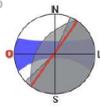
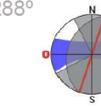
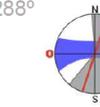
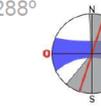
Quanto ao efeito da insolação nas fachadas, os resultados exibidos nas Tabelas 29, 30 e 31, contribuem para identificar a exposição excessiva ao sol que pode levar a um aumento na demanda de energia para resfriamento dos ambientes internos, resultando em um consumo maior de energia elétrica. Por outro lado, a falta de luz solar pode reduzir a iluminação natural e afetar a qualidade do ambiente interno.

Tabela 29 Fatores de proteção solar nas fachadas do Grupo A

Código do edifício	ED-01	ED-02	ED-03	ED-04	
Nome do edifício	ANEXO I, TSE	SEDE I, TRF 1 ^a	ANEXO I, TRT 10 ^a	ANM	
Elemento de proteção solar	Tipo				
		Brise Horizontal Móvel	Brise Vertical Fixo	Brise Misto Fixo	Brise Vertical Móvel
	AHS	10°	0	27° (L); 63° (O)	45 (L, O)
AVS	63°	26,5	18° (L); 43° (O)	0	
Máscara de sombreamento	Norte	18° 	18° 	18° 	18° 
	Sul	198° 	198° 	198° 	198° 
	Leste	108° 	108° 	108° 	108° 
	Oeste	288° 	288° 	288° 	288° 

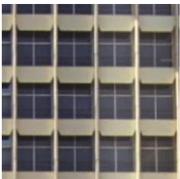
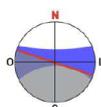
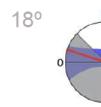
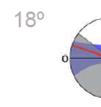
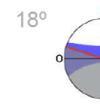
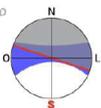
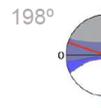
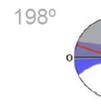
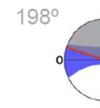
Fonte: Autora

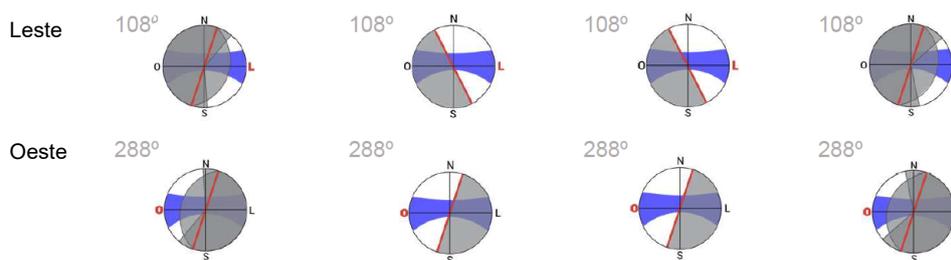
Tabela 30 Fatores de proteção solar nas fachadas do Grupo B

Código do edifício		ED-05	ED-06	ED-07	ED-08
Nome do edifício		ANEXO, CEF CULT	DNIT	INSS - GERÊNCIA	MME
Elemento de proteção solar	Tipo				
		Brise Horizontal Móvel e Vertical Fixo	Brise Vertical Fixo	Brise vertical móvel	Brise vertical móvel
	AHS	45°	64°	21° (O)	21° (O)
	AVS	11°	45°	0	0
Máscara de sombreamento	Norte	40° 	18° 	18° 	18° 
	Sul	215° 	198° 	198° 	198° 
	Leste	125° 	108° 	108° 	108° 
	Oeste	305° 	288° 	288° 	288° 

Fonte: Autora

Tabela 31 Fatores de proteção solar nas fachadas do Grupo C

Código do edifício		ED-09	ED-10	ED-11	ED-12
Nome do edifício		SEDE II, TRF 1ª	TELECOM	SEDE, STM	MORRO VERMELHO
Elemento de proteção solar	Tipo				
		Brise Misto	Proteção Vertical	Proteção Vertical	Brise Misto
	AHS	63°	0	0	65°
	AVS	22°	27°	22°	30°
Máscara de sombreamento	Norte	18° 	18° 	18° 	18° 
	Sul	198° 	198° 	198° 	198° 



Fonte: Autora

Em relação à discrepância entre os valores observados nas máscaras de sombreamento dos modelos de fachadas, foram identificados os seguintes pontos:

Embora as fachadas do ED-06, compostas por brises fixos e verticais, apresentem uma máscara de sombreamento que evidencia o bloqueio significativo da iluminação natural, trata-se de uma edificação com átrio central que possibilita a entrada de luz natural indireta no interior do edifício. Além disso, o átrio favorece a circulação de ar fresco, o que melhora a qualidade do ar interior e proporciona uma sensação de frescor e conforto térmico aos usuários;

No caso dos modelos de fachadas em que os componentes construtivos com volumes proeminentes foram considerados como elementos de proteção solar para a obtenção da máscara de sombreamento, constatou-se que o ED-10 foi o mais eficaz nesse aspecto. Por outro lado, no ED-02, os elementos de proteção vertical representados por volumes verticais de concreto mostraram-se ineficazes, uma vez que funcionam apenas durante os solstícios de verão para as fachadas voltadas para o Norte e Sul, não exercendo influência significativa nas demais direções. Outro caso em que os elementos não são eficazes para a proteção solar é o ED-11, que, além disso, apresenta uma desvantagem estética devido à adaptação de condensadores de ar condicionado nas fachadas;

Em geral, os modelos de fachadas com elementos de proteção solar representados por brises, sejam eles móveis ou fixos, verticais ou horizontais, mostram-se eficazes na proteção solar das fachadas que enfrentam uma duração prolongada de incidência solar direta ao longo do ano.

Em relação às tramas estruturais da amostra, pode-se inferir que os edifícios encaixotados funcionam melhor em termos de proteção solar. De maneira geral, observou-se nos modelos de fachadas com brises que eles proporcionam proteção solar eficiente, o que ressalta a importância de considerar a manutenção ou reparos estruturais nesses elementos ao realizar intervenções nos edifícios. É essencial garantir a integridade e funcionamento

adequado dos brises para que eles continuem desempenhando sua função de proteção solar de forma eficaz. Isso pode envolver inspeções regulares, limpeza, reparos ou substituição, caso necessário, para garantir a eficiência energética e o conforto térmico nas edificações.

As considerações obtidas a partir da amostragem realizada para apurar os dados de sombreamento das fachadas complementam os resultados referentes às condições de obstruções indicadas no diagrama morfológico para o parâmetro "D" de incidência solar nas fachadas, conforme os dados descritos na Tabela 32.

Tabela 32 Resultados da predominância dos parâmetros α de incidência solar direta nas fachadas

Fachadas	ED-01	ED-02	ED-03	ED-04	ED-05	ED-06	ED-07	ED-08	ED-09	ED-10	ED-11	ED-12
Norte	D2	D1	D4	D4	D4	D4	D4	D4	D3	D4	D3	D2
Sul	D2	D2	D1	D4	D4	D4	D1	D4	D2	D3	D4	D2
Leste	D4	D4	D2	D4	D4	D4	D2	D3	D4	D4	D4	D3
Oeste	D4	D3	D4	D3	D4	D4						

Parâmetro e ângulo máximo de incidência: ■ D1 = $\alpha < 30^\circ$, ■ D2 = $30^\circ < \alpha < 60^\circ$, ■ D3 = $60^\circ < \alpha < 90^\circ$, ■ D4 = $90^\circ < \alpha$

Fonte: Autora

Quanto aos valores relevantes da aplicação do diagrama "D", observa-se que os edifícios ED-04, ED-05 e ED-06 apresentam predominância de ângulo máximo de incidência solar em todas as fachadas superior a 90° , justamente por estarem localizados em áreas com reduzido adensamento urbano. Isso significa que estes edifícios podem ter algumas implicações, como a ocorrência de luz solar direta intensa em determinadas épocas do ano. Isso, por sua vez, pode resultar em ganho de calor excessivo dentro do edifício, exigindo a implementação de medidas eficientes de controle solar para mitigar os efeitos desse ganho de calor excessivo. No entanto, essa condição também pode oferecer oportunidades para o aproveitamento da luz solar como fonte de iluminação natural.

Nos demais edifícios da amostra, observa-se que a média varia entre os parâmetros "D3" (ângulo máximo de incidência solar entre 60° a 90°) e "D4" (ângulo máximo de incidência solar superior a 90°) nas fachadas principais. Isso indica um padrão considerável em relação à incidência solar nas fachadas destas edificações. Na análise dos dados da amostra, verifica-se que aproximadamente 80% das fachadas orientadas para oeste apresentam um ângulo máximo de incidência solar superior a 90° . Isso indica que a maioria das fachadas nessa direção recebe uma quantidade significativa de luz solar direta durante determinados períodos do dia.

No que diz respeito às formas estruturais e à duração da proteção solar nas fachadas, a Tabela 33 destaca os intervalos de horas de incidência solar considerando a orientação solar de todas as fachadas, incluindo aquelas sem aberturas.

Tabela 33 Intervalo de horas de incidência solar nas fachadas

Edifício	Forma estrutural	Norte	Sul	Leste	Oeste
ED-01	Parede Cortina	06:00 - 08:00	17:00 - 18:00	06:00 - 12:00	13:00 - 18:00
ED-02	Trama Fina	08:30 - 14:30	09:00 - 15:00	06:00 - 12:00	13:00 - 18:00
ED-03	Encaixotado	06:00 - 18:00	11:00 - 18:00	06:00 - 10:00	15:00 - 18:00
ED-04	Encaixotado	07:00 - 17:45	11:00 - 18:00	06:00 - 09:00	15:40 - 18:00
ED-05	Trama Aberta	06:00 - 07:00	16:30 - 18:00	06:00 - 08:30	16:20 - 18:00
ED-06	Encaixotado	07:00 - 08:00	17:00 - 18:00	06:00 - 07:30	17:00 - 18:00
ED-07	Parede Cortina	07:00 - 15:00	12:00 - 18:00	06:00 - 12:00	13:00 - 18:00
ED-08	Parede Cortina	07:00 - 15:00	11:00 - 18:00	07:00 - 13:00	13:00 - 16:00
ED-09	Encaixotado	07:00 - 18:00	11:00 - 18:00	06:00 - 07:30	17:00 - 18:00
ED-10	Trama Aberta	07:00 - 14:30	11:40 - 18:00	07:00 - 13:00	12:00 - 18:00
ED-11	Encaixotado	07:00 - 15:00	11:30 - 18:00	07:00 - 13:00	12:00 - 18:00
ED-12	Trama Fina	07:00 - 18:00	11:00 - 18:00	06:00 - 07:30	17:00 - 18:00

Horas de proteção da radiação solar direta: ■ Duração adequada (6h-8h; 16h30-18h); ■ Duração inadequada (maior radiação 9h-16h);

Fonte: Autora

Das análises sobre a quantidade de tempo em que cada fachada é exposta à incidência direta do sol, observa-se que o ED-02, com trama fina, confirma a implicação dos resultados da máscara de sombra quanto à insuficiência dos elementos de proteção das fachadas que enfrentam uma duração prolongada de horas de insolação solar direta. Além disso, destaca-se que os edifícios encaixotados, como o ED-11, e aqueles com fachadas em parede cortina, como o ED-07 e o ED-08, apresentam durações inadequadas em todas as orientações. Entretanto, é importante notar que esses edifícios possuem fachadas que são empenas cegas ou protegidas por brises.

Sobre a avaliação das formas e planta baixa dos edifícios da amostra representativa com base no parâmetro "E", conforme sistematizado na Figura 55, constata-se que os edifícios representados pelo "E1" são o ED-01 e ED-02, caracterizados por uma planta profunda. Isso implica em menores possibilidades de aproveitamento da luz natural nos espaços internos desses edifícios. Devido à profundidade da planta, a penetração da luz natural pode ser limitada, o que exige uma maior dependência de iluminação artificial e resulta em potenciais desafios relacionados à eficiência energética e ao conforto visual nos ambientes internos desses edifícios.

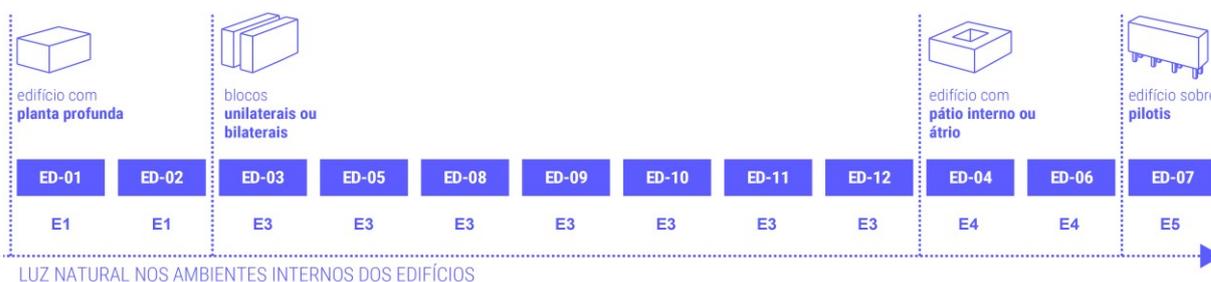


Figura 55 Resultados da avaliação dos Parâmetros "E"
 Fonte: Autora

Os edifícios inseridos no parâmetro "E3" são o ED-03, ED-05, ED-08, ED-09, ED-10, ED-11 e ED-12. Eles os apresentam uma forma alongada, com uma ou duas fontes de luz laterais, o que lhes garante uma boa possibilidade de aproveitamento da luz natural. Já os edifícios no parâmetro "E4" dotados de átrio ou pátio interno são o ED-04 e ED-06, o que permite otimizar o uso da luz natural através do vazio interno. Destaca-se o ED-07, o único edifício inserido no parâmetro "E5", no grupo de edifícios sobre pilotis, os quais permitem uma maior influência da luz natural nos ambientes internos. Além disso, representam a estética padrão da arquitetura moderna, possibilitando uma maior interação do edifício com o ambiente ao seu redor.

Nas Tabelas 34, 35 e 36, encontram-se listadas apenas as características visíveis da envoltória que possam indicar fatores de proteção solar, bem como as propriedades térmicas e ópticas das superfícies opacas e translúcidas em relação aos componentes construtivos.

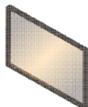
Tabela 34 Propriedades termofísicas dos componentes construtivos da envoltória do Grupo A

Código do edifício		ED-01	ED-02	ED-03	ED-04
Nome do edifício		ANEXO I, TSE	SEDE I, TRF 1ª	ANEXO I, TRT 10ª	ANM
Vidro	Aspecto externo				
	Tipo	Monolítico, cinza médio	Monolítico, cinza médio	Monolítico, cinza médio	Semi refletivo, Bronze, Laminado
	Espessura (mm)	4	4	4	6
	FS (%)	58,3	58,3	58,3	33
	TL (%)	43,1	43,1	43,1	31
	α (%)	43	43	43	61
	U [W/m²K]	6,1	6,1	6,1	5,6

Parede	Descrição do Material	Gesso interno (placa 2,0cm), bloco de concreto (14,0 x 19,0 x 39,0cm); argamassa externa (2,5cm) e pintura branca.	Gesso interno (placa 2,0cm), bloco de concreto (14,0 x 19,0 x 39,0cm); argamassa externa (2,5cm) e pintura branca.	Gesso interno (placa 2,0cm), Bloco de concreto (14,0 x 19,0 x 39,0cm); argamassa externa (2,5cm) e Pintura Branca.	Argamassa interna (2,5cm). Bloco de concreto (9,0 x 19,0 x 39,0cm). Argamassa externa (2,5cm)
	U [W/m²K]	2,64	2,64	2,64	2,78
	CT [kJ/M²k]	241	241	241	209
	α (%)	15,8	15,8	15,8	78,1
Cobertura	Descrição do Material	Laje nervurada (15cmx10cmx7,5cm; distância entre vãos 50cm); vazios sem preenchimento (40 x 40cm); contrapiso (2cm); piso cerâmico (0,75cm). Sem telhamento.	Laje nervurada (15cmx10cmx7,5cm; distância entre vãos 50cm); vazios sem preenchimento (40 x 40cm); contrapiso (2cm); piso cerâmico (0,75cm). Sem telhamento.	Laje nervurada (15cmx10cmx7,5cm; distância entre vãos 50cm); vazios sem preenchimento (40 x 40cm); contrapiso (2cm); piso cerâmico (0,75cm). Sem telhamento.	Laje maciça impermeabilizada (10,0cm), sem telhamento
	U [W/m²K]	2,22	2,22	2,22	3,73
	CT [kJ/M²k]	278	278	278	220

Fonte: Autora

Tabela 35 Propriedades termofísicas dos componentes construtivos da envoltória do Grupo B

Código do edifício	ED-05	ED-06	ED-07	ED-08	
Nome do edifício	ANEXO, CEF CULT	DNIT	INSS - GERÊNCIA	MME	
Vidro	Aspecto externo				
	Tipo	Refletivo, champagne	Monolítico, neutro	Laminado, Semi refletivo, verde	Laminado, prata neutro
	Espessura (mm)	6	6	6	6
	FS (%)	50	50	37	24,1
	TL (%)	31	58	35	14
	α (%)	29	43	67	52
	U [W/m²K]	5,6	5,6	5,6	6,23
Parede	Descrição do Material	Gesso interno (placa 2,0cm), Bloco de concreto (14,0 x 19,0 x 39,0cm); Argamassa externa (2,5cm) e Pintura Branca.	Concreto maciço 10cm Sem revestimento externo	Argamassa interna 2.5 cm Bloco cerâmico 9x19x19 cm Argamassa externa 2.5 cm	Argamassa interna 2.5 cm Bloco cerâmico 9x19x19 cm Argamassa externa 2.5 cm
	U [W/m²K]	2,64	4,4	2,37	2,37
	CT [kJ/M²k]	241	240	151	151

	α (%)	15,8	71,6	15,8	15,8
Cobertura	Descrição do Material	Laje maciça impermeabilizada (10,0cm), sem telhamento	Laje nervurada (15cmx10cmx7,5 cm; distância entre vãos 50cm); vazios sem preenchimento (40 x 40cm); contrapiso (2cm); piso cerâmico (0,75cm). Sem telhamento.	Laje maciça impermeabilizada (10,0cm), sem telhamento	Laje maciça impermeabilizada (10,0cm), sem telhamento
	U [W/m²K]	3,73	2,22	3,73	3,73
	CT [kJ/M²k]	220	278	220	220

Fonte: Autora

Tabela 36 Propriedades termofísicas dos componentes construtivos da envoltória do Grupo C

Código do edifício	ED-09	ED-10	ED-11	ED-12	
Nome do edifício	SEDE II, TRF 1ª	TELECOMUNICAÇÕES	SEDE, STM	MORRO VERMELHO	
Vidro	Aspecto externo				
	Tipo	Neutro acinzentado	Laminado, refletivo azul intenso	Monolítico, cinza médio	Monolítico, cinza médio
	Espessura (mm)	6	6	4	4
	FS (%)	43	27	58,3	58,3
	TL (%)	47	14	43,1	43,1
	α (%)	49	55	43	43
	U [W/m²K]	5,6	6,26	6,1	6,1
Parede	Descrição do Material	Concreto maciço 10cm. Sem revestimento externo	Concreto maciço 10cm. Sem revestimento externo	Argamassa interna 2.5 cm Bloco cerâmico 9x19x19 cm Argamassa externa 2.5 cm	Concreto maciço 10cm. Sem revestimento externo
	U [W/m²K]	4,4	4,4	2,37	4,4
	CT [kJ/M²k]	240	240	151	240
	α (%)	71,6	71,6	15,8	71,6

Cobertura	Descrição do Material	Laje maciça impermeabilizada (10,0cm), sem telhamento	Laje maciça impermeabilizada (10,0cm), sem telhamento	Laje maciça impermeabilizada (10,0cm), sem telhamento	Laje nervurada (15cmx10cmx7,5cm; distância entre vãos 50cm); vazios sem preenchimento (40 x 40cm); contrapiso (2cm); piso cerâmico (0,75cm). Sem telhamento.
	U [W/m²K]	3,73	3,73	3,73	2,22
	CT [kJ/M²k]	220	220	220	278

Fonte: Autora

Na Tabela 37, nota-se que nenhum dos edifícios avaliados apresenta simultaneamente os valores recomendados para as variáveis de eficiência energética, conforme analisado no Item 6.1.1 por AMORIM et al. (2020, p.17). Entre as tipologias de forma estrutural com intervalos de taxas recomendadas de PAF (%), destacam-se os exemplares de edifícios encaixotados e trama fina. No entanto, é importante observar que 75% dos casos avaliados alcançaram um equilíbrio satisfatório entre o PAFT, o que possibilita aprimorar a envoltória a partir da modificação dos demais fatores.

Tabela 37 Relação das variáveis de eficiência energética para a melhor configuração da envoltória

Grupo	Edifício	Forma estrutural	PAF _T	FS	TL
A	ED-01	Parede Cortina	50%	58%	43%
	ED-02	Trama Fina	40%	58%	43%
	ED-03	Encaixotado	40%	58%	43%
	ED-04	Encaixotado	30%	33%	31%
B	ED-05	Trama Aberta	30%	50%	31%
	ED-06	Encaixotado	20%	50%	58%
	ED-07	Parede Cortina	50%	50%	58%
	ED-08	Parede Cortina	60%	24%	14%
C	ED-09	Encaixotado	60%	43%	47%
	ED-10	Trama Aberta	20%	27%	14%
	ED-11	Encaixotado	50%	58%	43%
	ED-12	Trama Fina	20%	58%	43%

Intervalo: ■ Taxas recomendadas 30% < PAF ≤ 50%, FS ≤ 43%, TL > 32%; ■ Taxas contraindicadas PAF < 30%, FS > 43%, TL < 32%

Fonte: Autora

6.3 Aplicação do método de valoração patrimonial

Na amostra representativa caracterizada anteriormente, foi realizada a aplicação do método de valoração patrimonial, que envolve as seguintes etapas: definição da forma estrutural visível predominante (Tabelas 38, 39 e 40); escala de valoração patrimonial (Figura 56); e as diretrizes gerais estabelecidas para o tratamento da envoltória.

6.3.1 Definição da forma estrutural visível predominante

Tabela 38 Atributos de valoração patrimonial perceptíveis da envoltória do Grupo A

Código do edifício	ED-01	ED-02	ED-03	ED-04
Forma estrutural visível	Parede Cortina	Encaixotado	Encaixotado	Encaixotado
Térreo	Sim	Sim	Não	Não
Lateral	Sim	Sim	Não	Não
Cobertura	Não	Não	Não	Não
Aspecto ou Tratamento Relevante				
Forma e concepção	Sim	Sim	Sim	Sim
Linguagem	Sim	Sim	Sim	Sim
Imagem	Sim	Sim	Sim	Sim
Técnica	Sim	Sim	Sim	Sim

Fonte: Autora

Tabela 39 Atributos de valoração patrimonial perceptíveis da envoltória do Grupo B

Código do edifício	ED-05	ED-06	ED-07	ED-08
Forma estrutural visível	Trama Aberta	Encaixotado	Parede cortina	Parede Cortina
Térreo	Não	Sim	Não	Não
Lateral	Sim	Sim	Não	Não
Cobertura	Não	Não	Não	Não
Aspecto ou Tratamento Relevante				
Forma e concepção	Não	Sim	Sim	Sim
Linguagem	Não	Sim	Sim	Sim
Imagem	Não	Sim	Sim	Sim
Técnica	Sim	Sim	Sim	Sim

Fonte: Autora

Tabela 40 Atributos de valoração patrimonial perceptíveis da envoltória do Grupo C

Código do edifício	ED-09	ED-10	ED-11	ED-12
Forma estrutural visível	Trama Fina	Trama Aberta	Trama Fina	Trama Fina
Térreo	Sim	Sim	Não	Sim
Lateral	Não	Sim	Não	Não
Cobertura	Não	Não	Não	Sim
Aspecto ou Tratamento Relevante				
Forma e concepção	Sim	Sim	Não	Sim
Linguagem	Sim	Sim	Sim	Sim
Imagem	Sim	Sim	Sim	Sim
Técnica	Sim	Sim	Sim	Sim

Fonte: Autora

6.3.2 Escala de valoração patrimonial

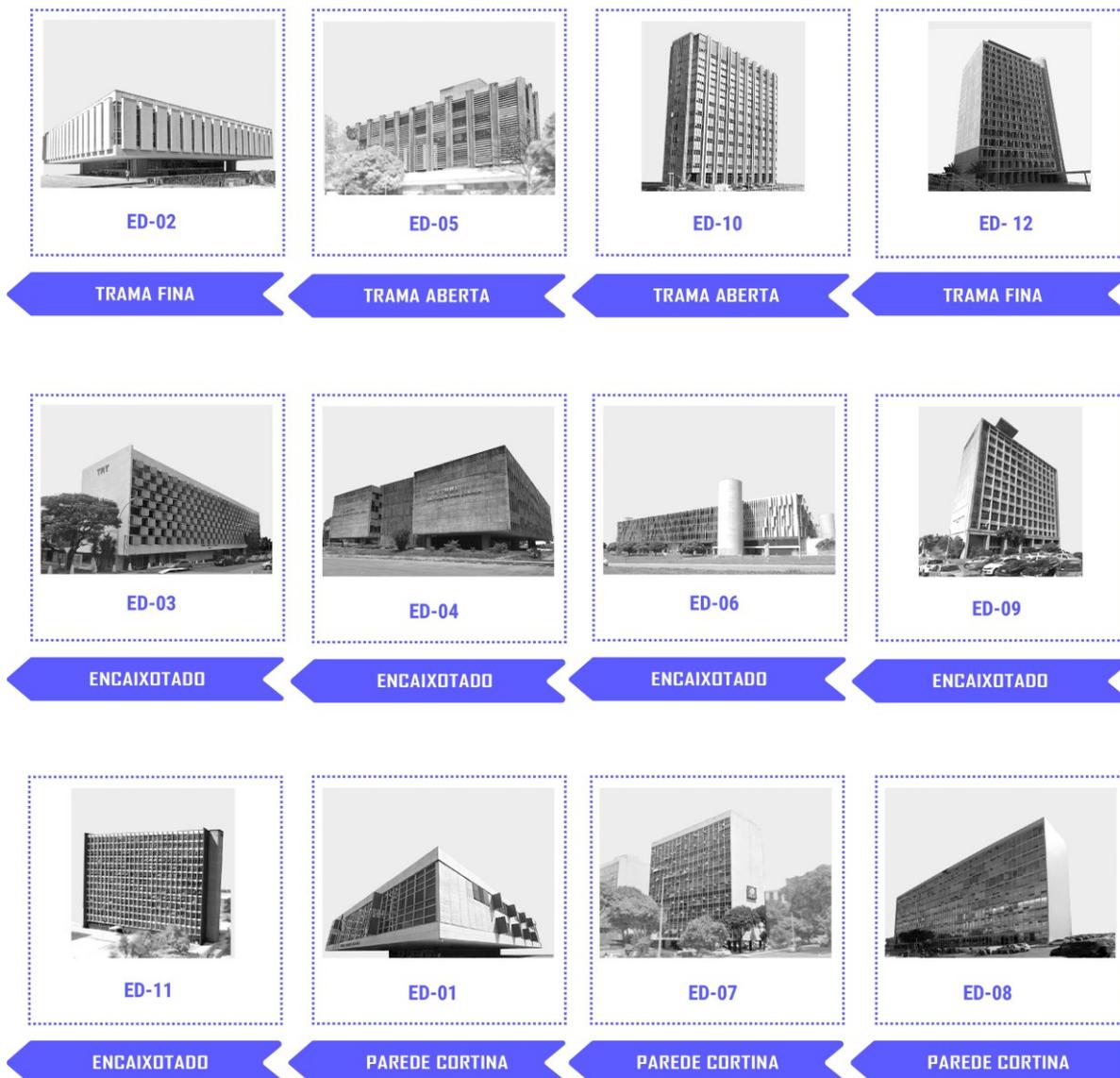


Figura 56 Resultado da amostra representativa na escala de valoração patrimonial
 Fonte: Autora

6.3.3 Diretrizes gerais

De acordo com as três categorias de valor estrutural visível na fachada apresentadas na Figura 56, correspondendo ao maior grau de intervenção, em ordem decrescente os edifícios:

- Edifícios em **tramas estruturais** devem ter sua característica construtiva preservada quando contarem com finalização na cobertura e na base construtivamente formuladas: ED-02 (trama fina); ED-05 (trama aberta); ED-09 (trama fina); ED-10 (trama aberta); ED-11 (trama fina); e ED-12 (trama fina);

- Edifícios **encaixotados** podem ter sua fachada alterada uma vez que a característica construtiva pode ser substituída sem danos estruturais ou prejuízo estético: ED-03 e ED-06;
- Edifícios em **parede cortina** são passíveis de retrofit com a substituição completa da fachada com vistas à melhoria da condição de eficiência energética: ED-01, ED-04, ED-07 e ED-08.

6.4 Avaliação da aplicabilidade

Com a finalidade de identificar e discutir oportunidades de aprimoramento a partir dos resultados da seção anterior, que abordou a aplicação do conjunto de métodos da pesquisa Amorim et al. (2020), realizou-se uma análise crítica dos parâmetros de valoração patrimonial, bem como das limitações das diretrizes gerais que combinam critérios de retrofit energético com a preservação de edifícios da arquitetura moderna.

A pesquisa mencionada teve como principal abordagem projetos de retrofit energético baseados em critérios de preservação do patrimônio moderno, especialmente no tocante à linguagem expressa pela fachada. Para o desenvolvimento dessa premissa, o estudo considerou as definições de formas estruturais visíveis tratadas por Siegel (1966) como um cânone modernista para intervenção preliminar na envoltória. O autor ainda discute a "verdade estrutural" como a expressão da forma, da distinção e clareza da estrutura visível, e alerta para a importância de não negligenciar a estrutura em segundo plano. Por esta razão, ele declara que edifícios com fachadas em parede cortina têm demérito em relação a outros edifícios que adotam fachadas com estrutura aparente.

Todavia, Siegel também faz uma ressalva em sua visão pragmática, apontando objeções que podem surgir em relação aos critérios de avaliação adotados. Para ele, a avaliação não deve se limitar a apresentar apenas edifícios exemplares, mas sim identificar exemplos que possuam maior clareza intuitiva e facilidade de apreciação. Assim sendo, a classificação realizada por este autor é baseada em aspectos específicos de avaliação.

A pesquisa foco desta dissertação, desenvolveu o método de valoração patrimonial, descrito no item 6.1.1, baseando-se na análise sistemática de determinados aspectos, os quais foram extrapolados para essa finalidade. Nesse caso específico, o estudo abordou discussões sobre a hierarquia de intervenção na envoltória, e também deu importância à clareza intuitiva da estrutura visível. Sobre a comparação entre o impacto da intervenção neste método, para fachadas classificadas como parede cortina ou encaixotados, por exemplo, as

diretrizes gerais propostas pela pesquisa oferecem maior flexibilidade de intervenção em relação aos aspectos que podem ser modificados na envoltória. Enquanto nos edifícios representados por fachadas com trama estrutural visível, as estratégias de intervenção possuem maior rigor de preservação.

Em contrapartida, a escala de valoração provoca um revés em virtude dos tipos de edifícios que, apesar de terem suas fachadas classificadas com menor grau de valoração, possuem recursos extremamente relevantes e exclusivos da arquitetura moderna. Assim, admite-se que é arriscado inferir que o edifício possua um determinado valor arquitetônico somente por um critério de valoração, pois não abrange todos os casos. Tal como ocorre, em termos de significância, nas fachadas em parede cortina, uma das maiores conquistas da arquitetura moderna e do concreto armado. E é justamente por esse estilo arquitetônico passar a ideia de explorar potenciais do balanço estrutural em cumprimento ao propósito de remeter à expressão máxima de leveza. Outros casos também refletem essa incoerência de avaliação somente pelas tipologias da escala valorativa, como pode ser observada no ED-04 que, no momento atual, o referido edifício encontra-se em processo de reforma, conforme apresentado na Figura 57.



Fachada original
Projeto de José Francisco Mendes del Peloso (1972)



Fachada reformada
Projeto de reforma de Isabel Souki

Figura 57 Transformação das fachadas do edifício sede da ANM
Fonte: Adaptação de Google (2021) e Souki (2020)

É evidente tratar-se de uma edificação em parede cortina, porém com predominância na classe dos edifícios encaixotados. Em comparação com outra edificação construída em trama estrutural visível, o ED-04 apresenta um menor grau de valoração e, conseqüentemente, um menor rigor de preservação. Entretanto, as fachadas deste edifício estão intimamente relacionadas com o partido arquitetônico delineado, o que implica em uma intervenção que deve levar em consideração uma série de questões referentes à preservação do patrimônio construído. Quanto ao impacto resultante do tratamento da fachada adotado na proposta de reforma do ED-04, percebe-se, pela imagem do edifício, que a solução

encontrada não priorizou a manutenção em favor da perenidade. Em vez disso, recorreu a uma intervenção que traz mudanças significativas às fachadas, em especial, pela troca dos brises verticais móveis por brises verticais fixos.

Numa primeira vista, surge a indagação sobre até que ponto a proposta de modificação comprometeu a significação cultural do edifício, uma vez que o sistema de fachada original reflete a intenção de projeto presente no partido arquitetônico, no qual produz um efeito visual dinâmico da fachada promovido pela alternância da posição dos brises. Numa segunda impressão, outro aspecto refere-se à atualização e modernização das instalações, que podem proporcionar melhorias significativas à condição dos usuários, à funcionalidade e ao conforto arquitetônico.

Convém destacar, que as estratégias de intervenção devem instar não apenas fatores que prezam pelo funcionamento dos sistemas da própria estrutura que compõe a fachada, mas que também priorizem o conforto arquitetônico do ponto de vista dos usuários do edifício. De acordo com Inara Barbosa, funcionária da ANM, há anos os brises móveis não funcionam devido à deterioração dos montantes metálicos da estrutura, o que dificultou a movimentação dos mesmos.

Como resposta aos pontos levantados, convém considerar a visão compartilhada por Prudon (2008) em relação à prática de intervenção em edifícios da arquitetura moderna. Segundo o autor, cada caso requer a intenção do projeto arquitetônico e a expressão consciente das ideias do arquiteto por meio da materialidade construída. Quando não é possível preservar a matéria, é fundamental pelo menos manter as intenções do projeto, o que exige uma análise histórica minuciosa de cada componente da estrutura. Além disso, Prudon destaca a importância de considerar a durabilidade e a qualidade do edifício ao definir a intenção do projeto arquitetônico. Isso significa que a escolha dos materiais e a forma como o edifício é construído devem levar em conta não apenas o aspecto visual, mas também a funcionalidade, segurança e sustentabilidade a longo prazo.

No âmbito da presente dissertação, essa visão reflete ainda mais a necessidade de harmonização entre disposições alinhadas à compreensão da forma estrutural e dos valores intrínsecos à significância dos edifícios modernos. É crucial, no entanto, estar ciente do risco de adotar essas premissas em um fluxo de diretrizes para a tomada de decisão em relação às intervenções, onde é estabelecido um grau de modificação e preservação que pode ou não ser considerado aceitável.

Ainda tomando como referência o ED-04, por exemplo, trata-se de um edifício encaixotado que ao considerar que a estrutura do sistema de fachada está intimamente relacionada ao partido, essa característica confere à edificação um valor a ser preservado, o que demonstra que a escala de valoração deveria contemplar outra categoria para edifícios encaixotados com um valor agregado. Em outros termos, existem fachadas que possuem maior ou menor valor a ser preservado e, portanto, deverão ser consideradas mais valiosas do ponto de vista da intervenção associada às formas estruturais de Siegel (1966).

Embora a discussão exponha uma lacuna no julgamento da valoração patrimonial que considera apenas o atributo da estrutura visível como valor de preservação, é importante ressaltar que o foco central da pesquisa de Amorim et al. (2020) foi propor diretrizes gerais para orientar projetos integrados de retrofit e preservação do legado moderno. Isto é, essas diretrizes devem fazer parte de um processo simplificado que, em uma rápida vista, auxilie intervenções em edifícios que não contem com uma instância para assegurar sua preservação patrimonial. Nesse sentido, considera-se pertinente um ajuste na escala de valoração e procedimentos de avaliação do conjunto de métodos analisados, a fim de incluir outros atributos visíveis das fachadas.

Em relação aos critérios de retrofit energético, há uma certa divergência nos valores recomendados para as variáveis de eficiência energética na busca pela melhor configuração da envoltória. Em tal situação, é válido considerar que as recomendações preexistentes, originadas dos parâmetros para simulação, podem servir como diretrizes desde que sejam adequadas às tipologias de fachadas. Isso significa que as recomendações não devem se limitar excessivamente às taxas das variáveis de eficiência energética, mas sim incentivar uma abordagem mais ampla e flexível.

Tendo como base tais premissas, é importante destacar o fato de que as estratégias passivas recomendadas para o tratamento da envoltória podem não ser igualmente eficazes em todos os edifícios. Isso ocorre porque essas estratégias prescrevem valores para variáveis de eficiência energética, como PAF, FS e TL do vidro, orientação e elementos de proteção solar, e alguns casos podem se beneficiar mais do que outros. Por exemplo, no caso do edifício ED-11, que possui fachadas icônicas em trama estrutural aparente, as diretrizes gerais referidas podem trazer maiores benefícios, especialmente se houver a restituição dos vidros por tipos com melhor desempenho e aspecto visual semelhante ao original. Atualmente, as películas de vidro azul vibrante comprometem significativamente a originalidade do edifício, conforme mostrado na Figura 58.

ED-II. Telecomunicações. DF.

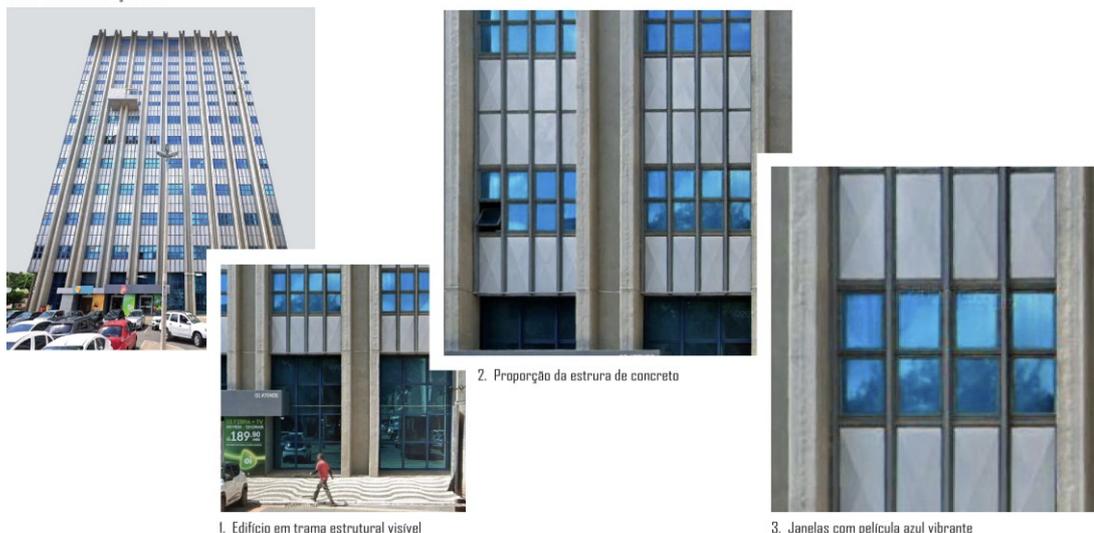


Figura 58 Detalhes da fachada do edifício ED-II
 Fonte: Adaptação de Google Earth (2021)

Neste caso, assim como em tantos outros exemplares do legado moderno, é crucial encontrar um equilíbrio entre as necessidades de eficiência energética e a preservação do patrimônio arquitetônico. No entanto, quando se trata do ED-02, apresentado na Figura 59, a busca por soluções que conciliam esses dois fatores pode ser ainda mais desafiadora. Isso se deve ao fato de que o ED-02, um dos edifícios mais emblemáticos da amostra, especialmente no que diz respeito à arquitetura moderna de Brasília, possui peculiaridades que tornam a proposta de otimização energética ainda mais complexa.

ED-01. Sede I, TRF 1ª Região, DF. Fotografia adaptada de Tavares

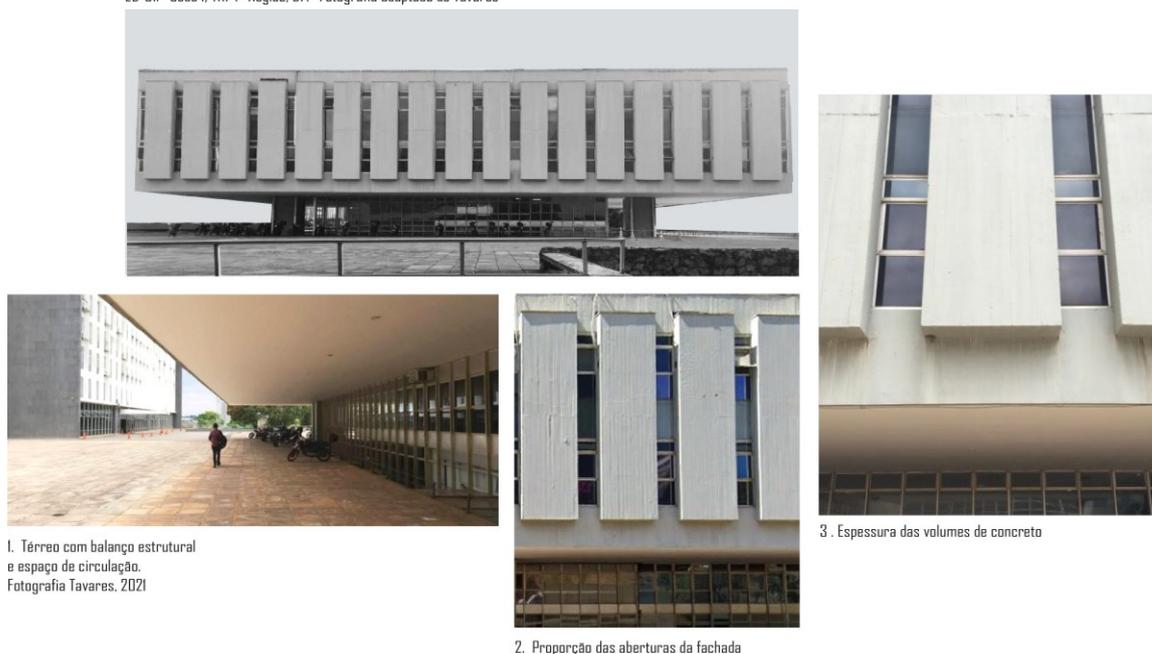


Figura 59 Detalhes da fachada do edifício ED-02
 Fonte: Adaptação de Google Earth (2021) e Tavares (2021)

Com uma planta profunda e ausência de átrio central, bem como janelas estreitas e baixo índice de PAF, o edifício está suscetível a perdas de calor no inverno e ganhos no verão, aumentando a demanda por aquecimento e resfriamento e, por consequência, elevando o consumo de energia. Adicionalmente, a fachada praticamente inteira do edifício é composta por superfícies opacas e janelas estreitas, restringindo a entrada de luz natural nos espaços internos.

Apesar disso, a substituição do vidro atual por uma alternativa de melhor desempenho energético e também semelhante ao original seria uma solução viável, em conformidade com as recomendações de eficiência energética para o edifício. É importante observar, no entanto, que essa solução pode não produzir um impacto substancial, uma vez que a área de vidro é limitada e a entrada ideal de luz natural nos espaços internos já é comprometida.

Nesse caso específico, é determinante a busca por soluções que sejam simultaneamente viáveis e eficazes quanto eficazes. Sendo um tipo de abordagem que poderia envolver a implementação de elementos de sombreamento internos, otimização do sistema de ventilação natural e até mesmo a combinação de estratégias passivas e ativas de Retrofit. Tais alternativas poderiam contribuir para a eficiência energética do edifício sem comprometer sua estética ou valor patrimonial.

É relevante mencionar que, embora esta dissertação não tenha se aprofundado na integração de estratégias para potencializar o impacto das intervenções de retrofit na envoltória dos edifícios, os benefícios desse tipo de abordagem em termos de equilíbrio energético devem ser destacados. Essa é uma via que pode ser seguida para alcançar uma solução viável em conformidade com as diretrizes gerais de retrofit energético em casos similares. Dessa forma, ao se considerar os parâmetros de desempenho térmico das edificações como um fator de resposta, é possível observar que edifícios como o ED-02 possuem uma vantagem significativa devido à maior disponibilidade de irradiação nas coberturas. De fato, de acordo com um dos núcleos de estudos da pesquisa Amorim et al (2020), que trata da "Geração de energia Solar Fotovoltaica", os resultados das simulações para diferentes cenários utilizando modelos representativos, indicaram:

"Sobre o balanço energético utilizando apenas a produção de energia nas coberturas, observou-se que as edificações de 4 pavimentos são francamente favoráveis, podendo mesmo a ter 100% de sua demanda atendida por essa fonte quando implantadas estratégias de eficiência energética. (AMORIM et al., p.44, 2020)

Isso reforça a importância de considerar estratégias de produção de energia solar nas coberturas de todos os edifícios, a fim de maximizar os critérios de desempenho energético.

De acordo com a pesquisa mencionada, no caso de edifícios com até 4 pavimentos, existe um potencial para classificá-los como edifícios quase nulos em termos de necessidades energéticas, também conhecidos como edifícios nZEB. Nesse sentido, é evidente a necessidade de aprimorar a base procedimental e as diretrizes gerais no que diz respeito às orientações de retrofit energético. Deveria haver consideração para a proposição de estratégias que englobam variáveis de eficiência energética mais amplas e flexíveis, abrangendo tanto as estratégias passivas como as ativas de retrofit. Além dos pontos mencionados, seria benéfico elaborar um esquema gráfico que ilustra o processo de intervenção em fachadas, associando uma escala valorativa às diretrizes gerais. Esse esquema poderia destacar as etapas da avaliação do edifício que conduzem à tomada de decisão do projeto, proporcionando uma visão clara e direcionada para os profissionais envolvidos no retrofit energético de edifícios.

6.5 Proposição e comprovação de aprimoramentos

Dada a necessidade de aprimorar o conjunto de métodos avaliados, especialmente em relação às diretrizes gerais para a tomada de decisão simplificada em projetos de retrofit e preservação de fachadas da arquitetura moderna, considerou-se como ponto de partida a identificação e hierarquização dos valores, bem como a declaração de sua relevância. Isso implicou na composição estrutural da fachada, levando em consideração não apenas a aparência física ou os aspectos materiais, mas também todo o contexto envolvido.

De maneira geral, a proposta de melhoria dos métodos avaliados consiste em um processo que pode ser sistematizado em dois grandes eixos: a "Identificação e hierarquização dos valores" e as "Diretrizes gerais". A Tabela 41 apresenta as categorias que compõem esses eixos, abrangendo uma série de procedimentos que avaliam critérios relacionados à preservação do patrimônio moderno, à estrutura, à valoração patrimonial, à eficiência energética e às diretrizes gerais de retrofit energético para o tratamento da fachada.

Tabela 41 Sistematização das metas de preservação patrimonial e retrofit energético

Eixo	Categoria	Parâmetro	Crítérios
1 Identificação e hierarquização dos valores	Preservação do patrimônio moderno	Significância	Avaliação de atributos
	Estrutura	Ordenamento na composição da fachada	Estrutura do sistema da fachada Estrutura visível da fachada
	Valoração patrimonial	Declaração de valores de preservação	Relação de atributos de significância e da estrutura
		Escala de valoração	Hierarquização das formas e rigor de preservação

	Eficiência energética	Variáveis para melhor configuração da envoltória e estratégias de retrofit	
2	Diretrizes gerais de intervenção da envoltória	Tomada de decisão de preservação patrimonial e retrofit energético	Tratamento da envoltória
			Valores de preservação
			Aspectos da estrutura
			Aspectos de eficiência energética
			Diagrama de fluxo de processo

Fonte: Autora

É importante destacar que os ajustes propostos estão embasados intrinsecamente no estudo realizado na referência bibliográfica, sobretudo nos procedimentos preliminares de intervenção no patrimônio edificado, no que tange o valor de significância do edifício (Seção 2.1). Ademais, estão em conformidade com as orientações descritas no manual do Programa Monumenta (IPHAN, 2005) acerca das etapas relevantes para qualquer projeto de intervenção patrimonial, destacadas na Tabela 2.

6.5.1 Identificação e hierarquização dos valores

Este tópico visa apresentar uma abordagem para identificar os atributos que devem ser considerados na avaliação de um edifício pelo método de valoração patrimonial que trata-se basicamente de um roteiro simplificado de tomada de decisão que, em uma rápida análise, pode auxiliar em intervenções de retrofit energética em edifícios do legado moderno. Dessa forma, o objetivo aqui é compreender quais fatores são relevantes para a determinação do valor de um edifício que engloba uma série de atributos, tanto de significância cultural quanto de estrutura em sentido amplo.

A partir dessa análise, será possível propor melhorias no método de valoração patrimonial utilizado, com o intuito de torná-lo mais preciso e adequado à realidade dos edifícios avaliados. A escolha dos atributos que serão considerados parte do valor de um edifício é fundamental para garantir uma avaliação justa e confiável, levando em conta todas as características relevantes dos edifícios. Para isso, serão avaliados aspectos seguindo a sequência de assuntos: atributos da significância cultural, atributos da estrutura, declaração dos valores de preservação e critérios de eficiência energética.

Atributos da significância cultural

Embora a declaração de valores de significância ligada à preservação da arquitetura moderna seja responsabilidade de um especialista capaz de identificar o valor ou conjunto de valores de um bem, este trabalho propõe uma abordagem interpretativa dos atributos de significância.

Mesmo em casos específicos em que não há valores relevantes, é quase certo que haverá algum aspecto a ser preservado em relação ao atributo em questão. Assim dizendo, busca-se identificar atributos de significância de maneira mais geral, a fim de determinar rapidamente o que torna o edifício digno de preservação.

Com base no exposto, serão considerados valores no contexto de preservação patrimonial quatro atributos de significância estabelecidos por Russell e Winkworth (2009), conforme descritos na seção 2.1.1. Para isso, propõe-se uma análise conjunta dos atributos de significância, sendo que o primeiro atributo, denominado "Origem e Autoria", examinará informações como o ano de construção, a influência arquitetônica e a reputação da equipe de projeto. O segundo atributo, "Representatividade", levará em consideração as principais características relevantes em função do contexto histórico, técnico ou autoral. O terceiro parâmetro, "Raridade", avaliará a categoria ou tipologia representativa da geração do edifício. Por fim, o quarto parâmetro, "Completeness", verificará a integridade da estrutura.

Ademais, é importante salientar que edifícios concebidos por arquitetos renomados ou com relevância cultural normalmente não sofrem modificações significativas em sua fachada, uma vez que ela possui valor intrínseco às intenções projetuais e é vista como o principal elemento arquitetônico.

É relevante enfatizar que o estudo tem a finalidade de fornecer "indicações e probabilidades" para a ponderação de fatores capazes de inferir parâmetros de significância cultural em edifícios da arquitetura moderna, a partir de características observadas na fachada, além de informações históricas sucintas e desenhos técnicos. Portanto, este estudo não pretende substituir ou desvalorizar tudo o que é considerado em um parecer técnico para a avaliação de significância de um edifício. Dessa forma, são apresentados apenas apontamentos gerais nesse processo de avaliação, a fim de embasar a indicação da existência ou não de valor.

Atributos da estrutura

Para garantir soluções apropriadas ao contexto do sistema estrutural do edifício como um todo, é fundamental que se leve em conta as particularidades e os critérios de classificação estrutural numa escala mais ampla. Com base nesse pressuposto, a expressão do ordenamento na composição da fachada é o parâmetro escolhido para determinar tanto a sistematização da estrutura visível proposta por Amorim et al. (2020) quanto a sistematização da própria estrutura que caracteriza os sistemas da fachada, como a modelação da estrutura, as proporções e formas, os montantes reticulados, a relação entre cheios e vazios, a transparência e opacidade. Portanto, os procedimentos para a verificação dos critérios fundamentais ao ordenamento da composição da envoltória estão resumidos na Tabela 42.

Tabela 42 Procedimentos para verificação do ordenamento na composição da fachada

Critério	Procedimento	Critério	Atributos da estrutura
Estrutura do sistema de fachadas da arquitetura moderna	Avalia-se o aspecto externo da edificação, forma e concepção, a fim de indicar "atributos da estrutura" que devem ser resguardados.	Volumetria	– Leitura nítida – Exprime leveza – Planos flutuantes
		Uniformidade	– Planta definida pela trama
		Estrutura	– Trama relacionada ao partido
		Material	– Revela a natureza
		Integração com o exterior	– Uso de pilotis
		Transparência do vidro	– Aberturas predominantes
		Elemento da tradição local	– Brises
Estrutura visível da fachada	Avalia-se a estrutura visível predominante considerando aspectos relevantes da finalização frontal, a qual compreende três "atributos da estrutura".	Trama finas ou abertas, edifício encaixotado e parede cortina	
		Finalização frontal da fachada	– Térreo – Lateral – Cobertura

Fonte: Autora

No que se refere ao critério que estrutura o sistema da fachada do edifício, foram selecionadas algumas das características comuns aos edifícios da arquitetura moderna, descritas na Tabela 41, a saber: (1) volumetria; (2) uniformidade; (3) estrutura; (4) material; (5) integração com o exterior; (6) transparência; (7) elemento de tradição local.

Com relação ao que deve ser verificado no critério da estrutura visível da fachada, na identificação preliminar foram considerados não apenas as tramas, visíveis ou não, mas também critérios inerentes à finalização frontal da fachada. Siegel apresenta um estudo

analítico da arquitetura moderna e aponta características da estrutura visível que identificam a verdade estrutural, utilizando a finalização das fachadas, térreos, cobertura e laterais. Esse aspecto, segundo o autor, ressalta a importância da coerência entre as soluções, independentemente da escolha da fachada, de modo que o primeiro piso deve estar relacionado estruturalmente com a finalização frontal.

O autor também aponta que as empenas ou laterais possuem soluções valoráveis do ponto de vista estrutural, como paredes cegas, balanço bilateral e unilateral. Na cobertura, é importante ressaltar que as cargas atribuídas são relativamente pequenas em comparação ao térreo e às laterais, o que reforça a ideia de que a estrutura deve ser adequada à sua carga.

Além disso, a demarcação da finalização possui forte relação com a arquitetura moderna. Nesse sentido, para além da determinação de aspectos relevantes das formas visíveis, os resultados da finalização frontal também terão respaldo no julgamento sobre o que deve ser mantido. E nessa lógica, os exemplares que possuírem relação direta entre o partido arquitetônico e a verdade estrutural serão mais valoráveis.

Declaração dos valores de preservação

Com o intuito de estabelecer uma conexão entre os valores de preservação do edifício e a hierarquia das formas da estrutura visível, primeiramente, busca-se atribuir um denominador comum às variáveis qualitativas dos atributos de significância e da estrutura, compreendido aqui como "Valor Visível da Fachada" (Tabela 43).

Tabela 43 Variáveis que compõem do Valor Visível da Fachada

Variável	Parâmetro	Atributos	Total
Qualitativa	Significância	– Origem; Representatividade; Raridade; Completude	04 pontos
	Estrutura	– Leitura nítida; Exprime leveza; Planos flutuantes; Planta definida pela trama; Trama relacionada ao partido; Revela a natureza; Uso de pilotis; Aberturas predominantes; Brises. – Térreo; Lateral; Cobertura	12 pontos
Quantitativa	Nível de rigor	– Valor visível da fachada	16 pontos

Fonte: Autora

Portanto, o denominador Valor Visível da Fachada – VVF, resultante do somatório de atributos, será atribuído numa escala de notas que varia de 0 (zero) a 16,0 (dezesseis), isto

é, a quantidade de itens a serem verificados. Assim, considera-se positivo para VVF médio (VVFm) o edifício que alcançar uma Média Final (MF) igual ou superior a 8,0 (oito), conforme a seguinte equação:

$$VVFm = AS + AE \geq 8,0 \quad (3)$$

Onde:

AS é o somatório dos Atributos de Significância;

AE é o somatório dos Atributos da Estrutura.

Com base nisso, o conjunto de atributos representado pelo "VVFm" será incorporado à escala de valoração patrimonial existente (Figura 60), como também utilizado como um fator de ponderação na hierarquização das formas da estrutura visível, conforme ilustrado na Figura 61.

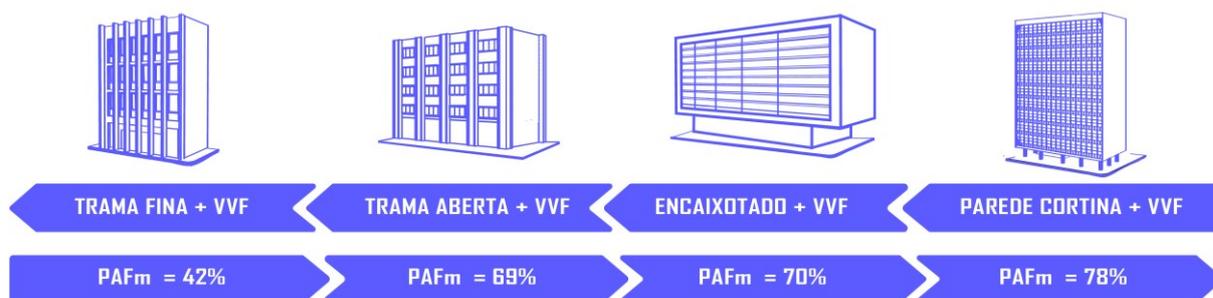


Figura 60 Escala de valoração patrimonial original com a correlação das formas estruturais como VVFm e o PAFm (%)
 Fonte: Adaptado de Amorim et al (2020)

Quanto ao ajuste proposto para a escala de valoração, observa-se uma ampliação das especificidades da forma estrutural visível, representadas na Figura 56, de 04 para 09 combinações. Essas combinações incluem: (1) Trama fina com valor e PAFm = 42%; (2) Trama aberta com valor e PAFm = 69%; (3) Trama fina sem valor e PAFm = 42%; (4) Trama aberta sem valor e PAFm = 69%; (5) Encaixotados com valor e PAFm = 69%; (6) Parede cortina com valor e PAFm = 78%; (7) Parede cortina sem valor e PAFm = 78%; (8) Encaixotado sem valor e PAFm = 70%; (9) Pele de vidro e PAFm > 80%.

Além do ajuste mencionado, foi estabelecido que o nível de rigor de preservação será determinado com base no resultado do "Valor Visível da Fachada", levando em consideração o indicador cromático. Será atribuída a cor vermelha para altíssimo rigor, amarela para alto rigor, verde para médio rigor e azul para baixo rigor, dependendo do resultado obtido.

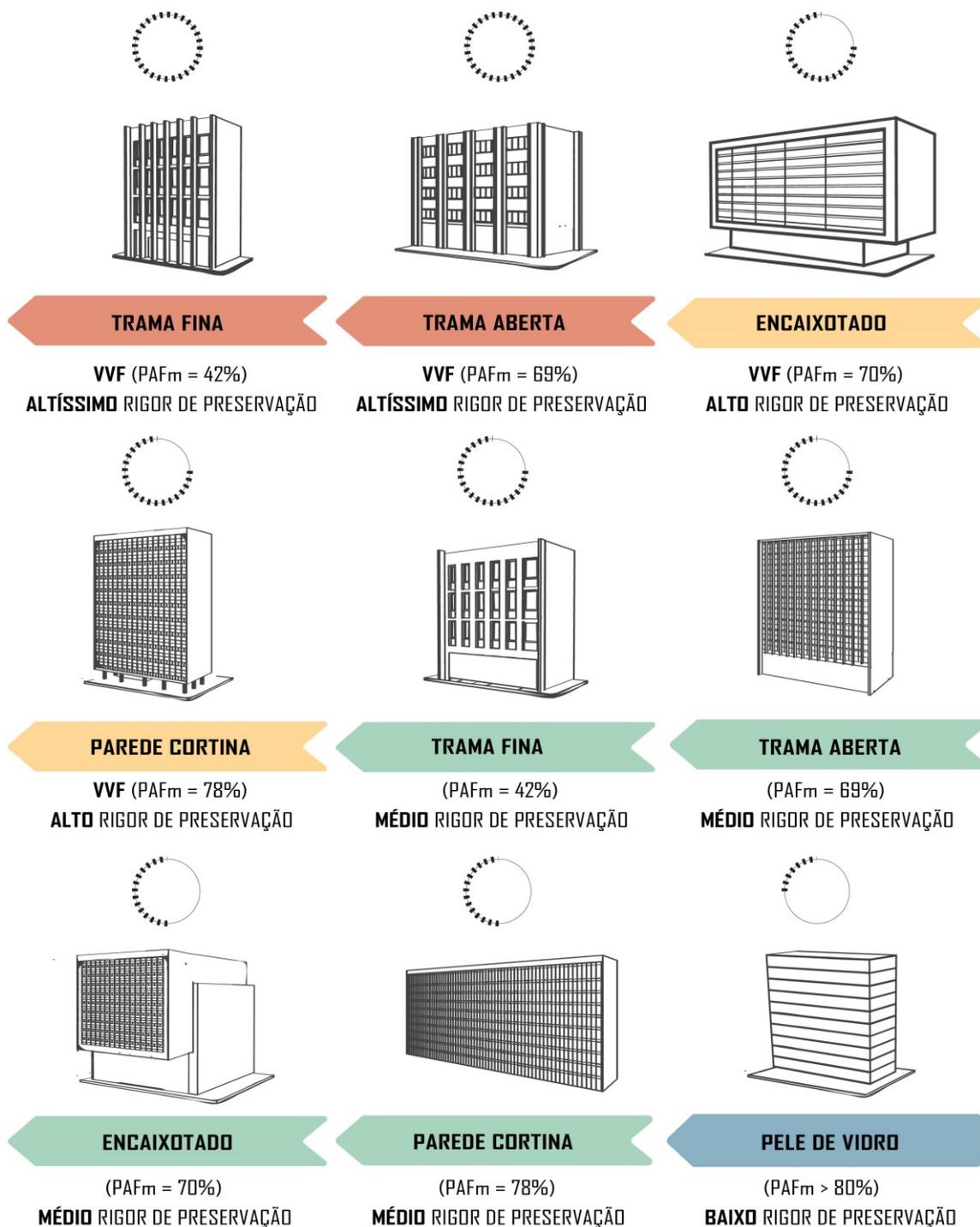


Figura 61 Proposta de modificação da Escala de valoração patrimonial
 Fonte: Autora

Portanto, com essa adaptação, busca-se ilustrar mais claramente um fluxo de ações a serem seguidas na tomada de decisões do projeto com soluções associadas ao VVFm bem como o PAFm (%) das formas estruturais das fachadas.

Critérios de eficiência energética

Quanto às propostas para aprimorar recomendações baseadas em critérios de eficiência energética, é importante torná-las menos restritivas. Por exemplo, em vez de especificar estratégias baseadas em análises de resultados de simulações que consideraram apenas um tipo de vidro, como sugerido pela pesquisa Amorim et al. (p. 17 e 52, 2020), é mais viável sugerir a utilização de um tipo de vidro com fator solar (FS) inferior a 43%. Além disso, é possível incluir a sugestão de estratégias de retrofit energético que não comprometam a estética original do edifício, como a instalação de painéis solares fotovoltaicos na cobertura, aplicável em todos os casos.

No que diz respeito às adaptações das diretrizes gerais integradas às soluções mais efetivas em fachadas da arquitetura moderna, é necessário levar em consideração aspectos relevantes, não apenas em termos de eficiência energética, mas também o impacto do VVFM nas tipologias de formas estruturais na finalização das fachadas.

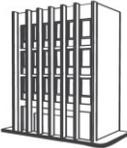
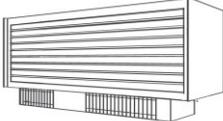
Dado o ajuste proposto, os aspectos visíveis das aberturas das fachadas tornaram-se mais abrangentes. No caso dos edifícios com trama fina e “VVFM”, por exemplo, que tendem a apresentar um PAF (%) mais próximo da taxa ideal recomendada (entre 30% e 50%), essa tendência é evidente. Já nos edifícios em parede cortina e VVF, é comum encontrar um PAF (%) elevadíssimo, ou seja, mais próximo da taxa contraindicada. Em tais situações, uma opção é reduzir o PAF (%) adicionando elementos opacos na parte interna dos vidros da fachada. Por outro lado, se o PAF (%) for baixíssimo, inferior a 30%, pode-se considerar a substituição dos vidros por outros com Fator Solar (FS) abaixo de 43%, preferencialmente, com o intuito de aprimorar a eficiência energética.

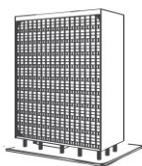
Ao ampliar as opções e considerar soluções mais flexíveis, as recomendações baseadas em critérios de eficiência energética se tornam mais adaptáveis e aplicáveis a diferentes contextos.

6.5.2 Diretrizes gerais para projetos de retrofit e preservação

O conjunto de critérios anteriormente verificados é apresentado de maneira que as diretrizes gerais de preservação patrimonial e retrofit energético para o tratamento da envoltória, descritas na Tabela 44, sejam compreendidas tanto na perspectiva da preservação do patrimônio construído e do sistema estrutural das fachadas quanto na perspectiva da eficiência energética das fachadas.

Tabela 44 Diretrizes gerais para projetos de retrofit e preservação patrimonial

Finalização da fachada e Rigor de preservação	Estratégias de intervenção em fachadas da arquitetura moderna
 <p data-bbox="343 564 446 586">TRAMA FINA</p> <p data-bbox="279 604 518 645">COM VALOR VISÍVEL DA FACHADA ALTÍSSIMO RIGOR DE PRESERVAÇÃO</p>	<p data-bbox="683 376 1428 427">Para edifícios com trama fina com VVF ($PAF_{médio} = 42\%$), as orientações de projeto são:</p> <ul data-bbox="683 443 1428 779" style="list-style-type: none"> - Preservar todos os elementos históricos e culturais da fachada, caso existam; - Manter as características estruturais do edifício totalmente preservadas, evitando qualquer alteração na trama das fachadas; - Avaliar os ângulos de sombreamento dos elementos estruturais da fachada. Caso o sombreamento seja inadequado e os elementos estruturais não atuem como proteção solar da fachada, a troca dos vidros pode ser considerada para aprimorar o desempenho e eficiência energética. É recomendável escolher vidros com FS abaixo de 43%; - É possível combinar estratégias de retrofit energético que não afetem a estética original do edifício, como a geração de energia solar fotovoltaica na cobertura.
 <p data-bbox="327 996 459 1019">TRAMA ABERTA</p> <p data-bbox="271 1037 510 1077">COM VALOR VISÍVEL DA FACHADA ALTÍSSIMO RIGOR DE PRESERVAÇÃO</p>	<p data-bbox="683 806 1428 857">Para edifícios com trama aberta com VVF ($PAF_{médio} = 69\%$), as orientações de projeto são:</p> <ul data-bbox="683 873 1428 1339" style="list-style-type: none"> - Preservar todos os elementos históricos e culturais da fachada, caso existam; - Manter as características estruturais do edifício totalmente preservadas, evitando qualquer alteração na trama das fachadas; - Avaliar os ângulos de sombreamento dos elementos estruturais da fachada. Caso o sombreamento seja inadequado e os elementos estruturais não atuem como proteção solar da fachada, a troca dos vidros pode ser considerada para aprimorar o desempenho e eficiência energética. É recomendável escolher vidros com FS abaixo de 43%; - Em fachadas com alto PAF (%) (superior a 50%), é possível melhorar a eficiência energética sem comprometer a estética original do edifício. Uma opção é reduzir o PAF adicionando elementos opacos na parte interna dos vidros da fachada; - É possível combinar estratégias de retrofit energético que não afetem a estética original do edifício, como a geração de energia solar fotovoltaica na cobertura.
 <p data-bbox="327 1541 446 1563">ENCAIXOTADO</p> <p data-bbox="295 1581 507 1621">COM VALOR VISÍVEL DA FACHADA ALTO RIGOR DE PRESERVAÇÃO</p>	<p data-bbox="683 1355 1428 1406">Para edifícios encaixotados com VVF ($PAF_{médio} = 70\%$), as orientações de projeto são:</p> <ul data-bbox="683 1422 1428 1910" style="list-style-type: none"> - Preservar todos os elementos históricos e culturais da fachada, caso existam; - Pode-se substituir ou restaurar os componentes construtivos da estrutura do sistema de fachadas (perfis metálicos, brises, etc), desde que a proposta não comprometa a significância cultural ou os aspectos estéticos do edifício original; - Para fachadas com PAF (%) na faixa ideal, entre 30% e 50%, para melhorar a eficiência energética pode-se considerar a substituição dos vidros por outros com Fator Solar (FS) abaixo de 30%, preferencialmente; - Em fachadas com alto PAF (superior a 50%), é possível melhorar a eficiência energética sem comprometer a estética original do edifício. Uma opção é reduzir o PAF adicionando elementos opacos na parte interna dos vidros da fachada; - É possível combinar estratégias de retrofit energético que não afetem a estética original do edifício, como a geração de energia solar fotovoltaica na cobertura.

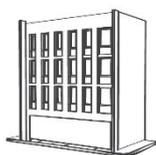


PAREDE CORTINA

COM VALOR VISÍVEL DA FACHADA
ALTO RIGOR DE PRESERVAÇÃO

Para edifícios em **parede cortina com VVF** ($PAF_{\text{médio}} = 78\%$), as orientações de projeto são:

- Preservar todos os elementos históricos e culturais da fachada, caso existam;
- Pode-se substituir ou restaurar os componentes construtivos da estrutura do sistema de fachadas (perfis metálicos, brises, etc), desde que a proposta não comprometa a significância cultural ou os aspectos estéticos do edifício original;
- Para fachadas com PAF (%) na faixa ideal, entre 30% e 50%, pode-se considerar a substituição dos vidros por outros com Fator Solar (FS) abaixo de 43%, preferencialmente;
- Em fachadas com alto PAF (%) (superior a 50%), é possível melhorar a eficiência energética sem comprometer a estética original do edifício. Uma opção é reduzir o PAF adicionando elementos opacos na parte interna dos vidros da fachada.
- É possível combinar estratégias de retrofit energético que não afetem a estética original do edifício, como a geração de energia solar fotovoltaica na cobertura.

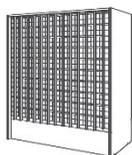


TRAMA FINA

SEM VALOR VISÍVEL DA FACHADA
MÉDIO RIGOR DE PRESERVAÇÃO

Para edifícios com **trama fina** ($PAF_{\text{médio}} = 42\%$), as orientações de projeto são:

- Pode-se modificar e/ou modernizar completamente os componentes construtivos dos sistemas de fachada, desde que não se altere a trama estrutural ou não se comprometa sua significância cultural;
- Avaliar os ângulos de sombreamento dos elementos estruturais da fachada. Caso o sombreamento seja inadequado e os elementos estruturais não atuem como proteção solar da fachada, a troca total dos vidros pode ser considerada para aprimorar o desempenho energético. É recomendável escolher vidros com FS abaixo de 43%; É possível combinar estratégias de retrofit energético que não afetem a estética original do edifício, como a geração de energia solar fotovoltaica na cobertura.

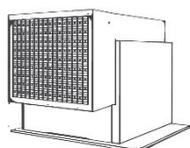


TRAMA ABERTA

SEM VALOR VISÍVEL DA FACHADA
MÉDIO RIGOR DE PRESERVAÇÃO

Para edifícios com **trama aberta** ($PAF_{\text{médio}} = 69\%$), as orientações de projeto são:

- Pode-se modificar e/ou modernizar completamente os componentes construtivos dos sistemas de fachada, desde que não se altere a trama estrutural ou não se comprometa sua significância cultural;
- Avaliar os ângulos de sombreamento dos elementos estruturais da fachada. Caso o sombreamento seja inadequado e os elementos estruturais não atuem como proteção solar da fachada, a troca dos vidros pode ser considerada para aprimorar o desempenho energético. É recomendável escolher vidros com Fator Solar (FS) abaixo de 43%;
- Em fachadas com alto PAF (%) (superior a 50%), é possível melhorar a eficiência energética sem comprometer a estética original do edifício. Uma opção é reduzir o PAF (%) adicionando elementos opacos na parte interna dos vidros da fachada;
- É possível combinar estratégias de retrofit energético que não afetem a estética original do edifício, como a geração de energia solar fotovoltaica na cobertura.



ENCAIXOTADO

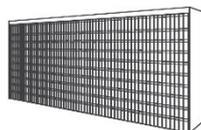
SEM VALOR VISÍVEL DA FACHADA
MÉDIO RIGOR DE PRESERVAÇÃO

Para edifícios com edifícios **encaixotados** ($PAF_{\text{médio}} = 70\%$), as orientações de projeto são:

- Pode-se modificar e/ou modernizar completamente os componentes construtivos dos sistemas de fachada, desde que não se altere a trama estrutural ou não se comprometa sua significância cultural;
- Para fachadas com PAF (%) na faixa ideal, entre 30% e 50%, para potencializar a eficiência energética, pode-se considerar a substituição dos vidros por outros com Fator Solar (FS) abaixo de 43%, preferencialmente;
- Em fachadas com alto PAF (%) (superior a 50%), é possível melhorar a eficiência energética sem comprometer a estética original do edifício.

Uma opção é reduzir o PAF, adicionando elementos opacos na parte interna dos vidros da fachada;

- É possível combinar estratégias de retrofit energético que não afetem a estética original do edifício, como a geração de energia solar fotovoltaica na cobertura.

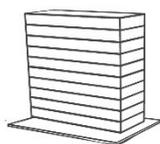


PAREDE CORTINA

SEM VALOR VISÍVEL DA FACHADA
MÉDIO RIGOR DE PRESERVAÇÃO

Para edifícios com edifícios em **parede cortina** ($PAF_{médio} = 78\%$), as orientações de projeto são:

- Pode-se modificar e/ou modernizar completamente os componentes construtivos dos sistemas de fachada, desde que não se altere a trama estrutural ou não se comprometa sua significância cultural;
- Para fachadas com PAF (%) na faixa ideal, entre 30% e 50%, para potencializar a eficiência energética, pode-se considerar a substituição dos vidros por outros com Fator Solar (FS) abaixo de 43%, preferencialmente;
- É possível melhorar a eficiência energética sem comprometer a estética original do edifício. Uma opção é reduzir o PAF (%) adicionando elementos opacos na parte interna dos vidros da fachada;
- É possível combinar estratégias de retrofit energético que não afetem a estética original do edifício, como a geração de energia solar fotovoltaica na cobertura.



PELE DE VIDRO

BAIXO RIGOR DE PRESERVAÇÃO

Para edifícios com edifícios em **pele de vidro**, isto é, edifícios da arquitetura moderna que tiveram suas fachadas originais transformadas completamente, as orientações de projeto devem seguir exclusivamente as diretrizes de eficiência energética, podendo considerar a modernização com componentes construtivos de alto desempenho, o acréscimo de elementos de proteção solar externa ou outros, para melhorar a eficiência e o desempenho energético.

Fonte: Adaptação de Sanchez e Amorim (2022)

O infográfico que ilustra o fluxo de ações a serem seguidas na tomada de decisões do projeto está apresentado na Figura 62. A partir da análise dos referenciais metodológicos, dos parâmetros analíticos utilizados e das etapas descritas, é possível resumir uma sequência de passos em um fluxograma simplificado para a tomada de decisão em projetos de preservação e retrofit energético em edifícios modernos.

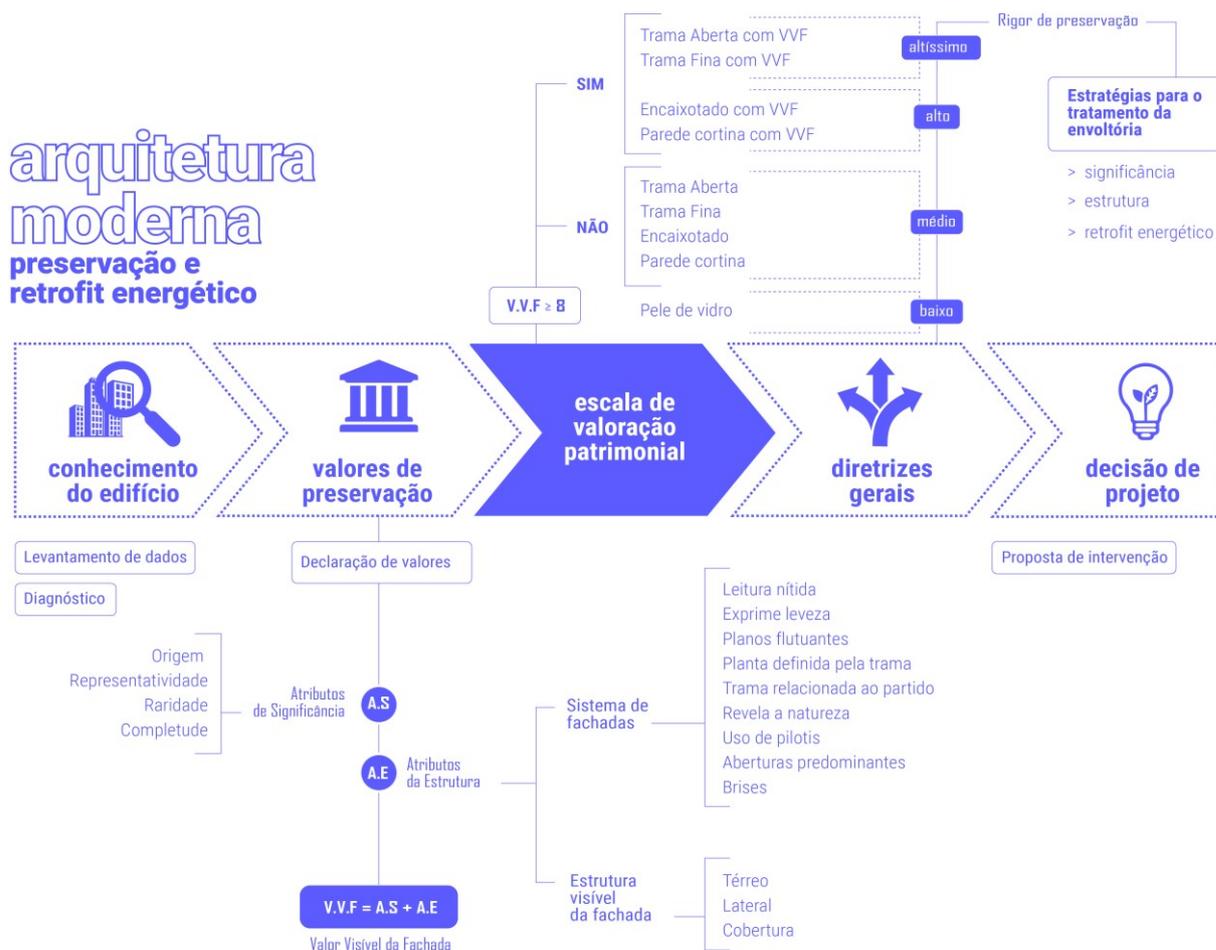


Figura 62 Fluxo de ações a serem seguidas no processo de valoração e retrofit
Fonte: Autora

Os passos do projeto de intervenção podem ser organizados em uma estrutura básica de análise, iniciando-se pelos procedimentos preliminares relativos ao levantamento de dados arquitetônicos e históricos, bem como o diagnóstico inicial do edifício.

Os valores declarados serão avaliados de acordo com os atributos de significância e da estrutura e agregados em um denominador comum, aqui denominado como "valor visível das fachadas - VVF". A soma dos atributos será utilizada para determinar a média de 8 atributos e estabelecer o "VVF", que será um fator hierárquico na escala de valoração patrimonial indicativa das formas da estrutura visível.

6.5.3 Comprovação dos aprimoramentos propostos

A aplicação da proposta de otimização dos métodos da pesquisa em questão resultou na classificação dos edifícios em relação ao grau de preservação. Os dados relativos aos grupos da amostra representativa podem ser consultados nas tabelas correspondentes.

Tabela 45 Aplicação do método modificado nas edificações do Grupo A

Edifício	Código	ED-01	ED-02	ED-03	ED-04
	Imagem				
Atributos de Significância	Origem e autoria	1	1	1	1
	Representatividade	1	1	1	1
	Raridade	1	1	1	0
	Compleitude	1	1	1	1
	Soma (AS)	4	4	4	3
Atributos de Estrutura	Leitura nítida	1	1	1	1
	Exprime leveza	1	1	0	1
	Planos flutuantes	1	1	0	1
	Planta definida pela trama	0	1	0	0
	Trama relacionada ao partido	1	1	0	0
	Revela a natureza	1	1	1	1
	Uso de pilotis	1	1	1	1
	Aberturas predominantes	1	0	1	0
	Brises	1	0	1	1
	Térreo	1	1	0	1
	Lateral	1	1	0	1
	Cobertura	0	0	0	1
	Soma (AE)	10	9	5	9
	Valores de Preservação	Somatório (AS+AE)	14	13	9
VVFm ≥ 8,0		Sim	Sim	Sim	Sim
Forma estrutural		Parede Cortina	Trama Fina	Encaixotado	Encaixotado
Nível de rigor		Alto	Altíssimo	Alto	Alto
Variáveis de eficiência energética	PAF	55%	50%	60%	40%
	FS	58%	58%	58%	33%
	TL	43%	43%	43%	31%

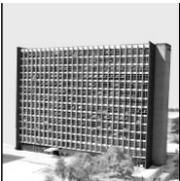
Fonte: Autara

Tabela 46 Aplicação do método modificado nas edificações do Grupo B

Edifício	Código	ED-05	ED-06	ED-07	ED-08
	Imagem				
Atributos de Significância	Origem e autoria	1	1	1	1
	Representatividade	1	1	1	1
	Raridade	0	1	1	1
	Compleitude	0	1	1	1
	Total	2	4	4	4
Atributos de Estrutura	Leitura nítida	0	1	1	1
	Exprime leveza	0	0	1	1
	Planos flutuantes	0	1	1	1
	Planta definida pela trama	0	0	0	0
	Trama relacionada ao partido	1	0	0	0
	Revela a natureza	1	1	1	1
	Uso de pilotis	0	1	1	0
	Aberturas predominantes	0	1	1	1
	Brises	1	1	1	1
	Térreo	0	1	1	0
	Lateral	1	1	0	0
	Cobertura	0	0	0	0
	Total	4	8	8	6
	Valores de Preservação	Somatório (AS+AE)	6	12	12
VVFm ≥ 8,0		Não	Sim	Sim	Sim
Forma estrutural		Trama Aberta	Encaixotado	Parede Cortina	Parede Cortina
Nível de rigor		Médio	Alto	Alto	Alto
Variáveis de eficiência energética	PAF	30%	20%	80%	70%
	FS	50%	50%	50%	24%
	TL	31%	58%	58%	14%

Fonte: Autora

Tabela 47 Aplicação do método modificado nas edificações do Grupo C

Edifício	Código	ED-09	ED-10	ED-11	ED-12
	Imagem				
Atributos de Significância	Origem e autoria	1		1	1
	Representatividade	1	1	1	1
	Raridade	1	1	1	1
	Compleitude	1	1	1	1
	Total	4	4	4	4
Atributos de Estrutura	Leitura nítida	1	1	1	1
	Exprime leveza	0	0	0	0
	Planos flutuantes	0	0	1	0
	Planta definida pela trama	1	1	1	1
	Trama relacionada ao partido	1	1	1	1
	Revela a natureza	1	1	1	1
	Uso de pilotis	1	0	0	1
	Aberturas predominantes	1	0	1	1
	Brises	1	0	0	1
	Térreo	1	0	0	1
	Lateral	0	1	0	0
	Cobertura	0	0	0	1
	Total	8	5	6	9
	Valores de Preservação	Somatório (AS+AE)	12	9	10
VVFm ≥ 8,0		Sim	Sim	Sim	Sim
Forma estrutural		Encaixotado	Trama Aberta	Encaixotado	Trama Fina
	Nível de rigor	Alto	Altíssimo	Alto	Altíssimo
Variáveis de eficiência energética	PAF	70%	20%	60%	40%
	FS	43%	27%	58%	58%
	TL	47%	14%	43%	43%

Fonte: Autora

Com base nos dados obtidos nos grupos da amostra representativa, apresentados nas Tabelas 45, 46 e 47, respectivamente, é possível categorizar os edifícios em diferentes níveis na escala de valoração patrimonial em razão do peso atribuído do Valor Visível da Fachada (VVF). Sobre os resultados referentes aos atributos de preservação, destacam-se:

- Dos cinco edifícios com **Trama Aberta**, apenas o ED-05 não apresenta atributos suficientes para garantir relevância em termos estruturais visíveis na fachada, enquanto os outros quatro, ED-09, ED-10, ED-11 e ED-12, apresentam VVF;
- Todos edifícios do tipo **Encaixotado** apresentam VVF, sendo eles: ED-02, ED-03, ED-04 e ED-06;
- Os edifícios em **Parede Cortina**, ED-01, ED-07 e ED-08, unanimemente apresentam VVF.

Na análise dos dados de eficiência energética, constatou-se que todos os edifícios apresentaram deficiências em algum aspecto, sendo a variável de FS dos vidros a mais discrepante em relação aos parâmetros estabelecidos para a configuração ideal da envoltória.

De maneira geral, os edifícios pertencentes ao Grupo A encontram-se próximos à margem do PAF ideal, o que comprova a necessidade de substituição dos vidros por outros com maior desempenho energético, em conformidade com os parâmetros de transmissão luminosa, fator solar e índices de absorvância. Dessa forma, será possível aprimorar a eficiência das fachadas destes edifícios. Nos edifícios pertencentes ao Grupo B, o ED-06 é o que apresenta maior prejuízo em relação à entrada de luz natural em seus ambientes internos, uma vez que seu PAF é de apenas 20%. Já em relação aos pontos críticos identificados nos edifícios do Grupo C, destaca-se a necessidade de maior atenção ao ED-10, devido ao seu aspecto estrutural icônico e ao rigor elevado de preservação que o envolve. Atualmente, sua fachada foge completamente da proposta original do edifício, em decorrência do uso de películas refletivas azul. Esse caso exemplifica de forma clara a importância de contar com uma instância competente para comandar eventuais reformas de fachada em edifícios com grande potencial de legado moderno.

Ao realizar uma análise comparativa entre os métodos de valoração antes e depois do ajuste, constatou-se que a inclusão de outros atributos na avaliação dos edifícios teve impactos significativos na hierarquização dos mesmos. Anteriormente, os edifícios que consideravam apenas o atributo da forma estrutural visível ocupavam posições hierárquicas superiores. No entanto, com a inclusão de outros atributos, esses edifícios receberam a classificação adequada na escala de valoração. O ED-05, por exemplo, teve seu grau de intervenção reduzido, como pode ser observado na Figura 63, promovendo maior coerência aos resultados de hierarquização de valores atribuídos aos edifícios.

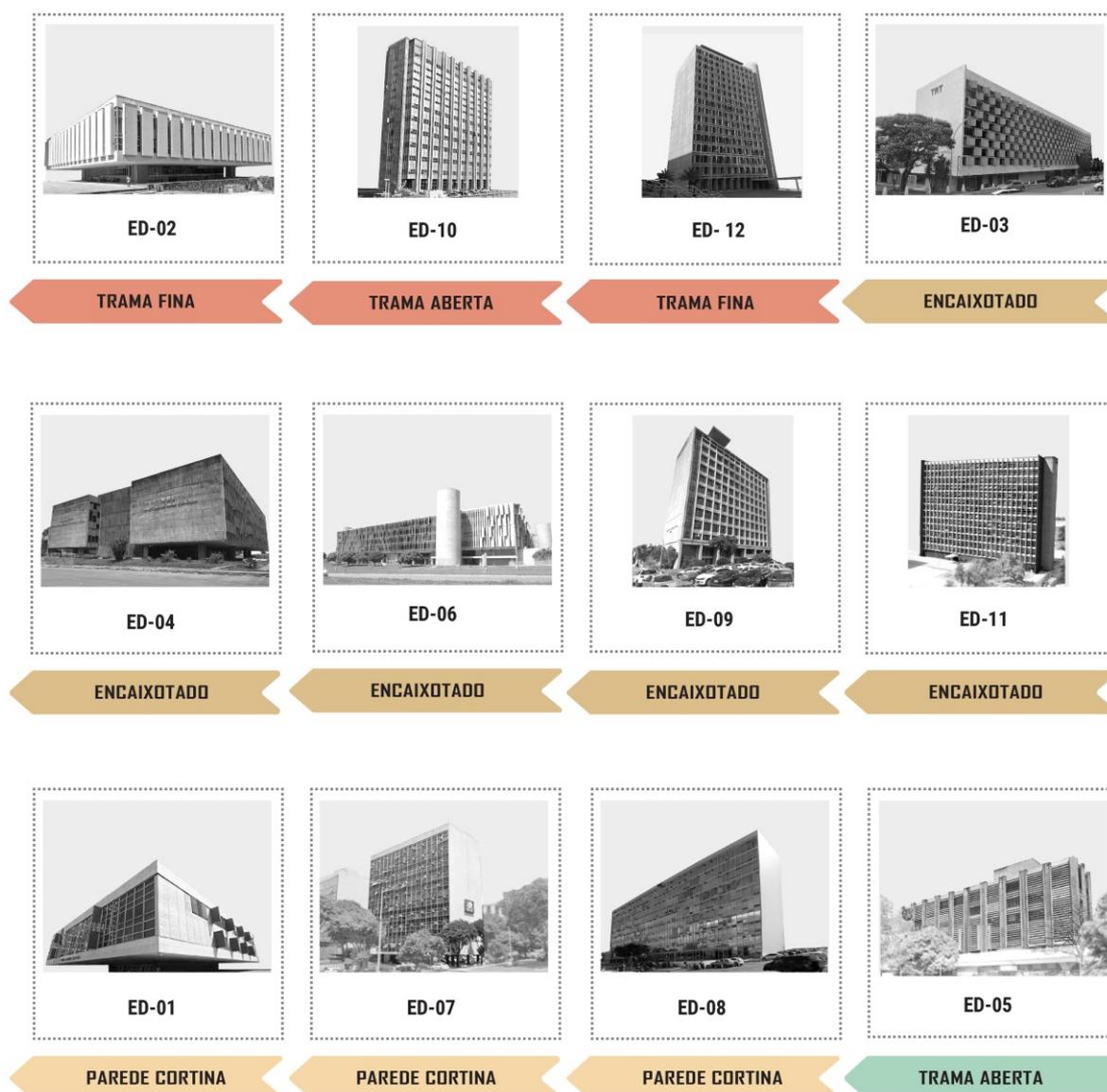
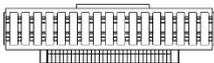
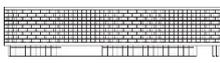
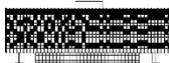


Figura 63 Resultado da amostra representativa na escala de valoração patrimonial modificada
 Fonte: Autora

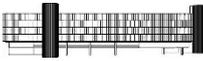
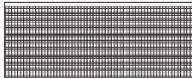
Considera-se que a preservação de edifícios modernos é essencial por diversas razões. Em primeiro lugar, esses edifícios representam a história da arquitetura e são importantes testemunhos do desenvolvimento da sociedade, da tecnologia e da estética. Muitos dos edifícios modernos são emblemáticos e simbolizam uma época e um movimento arquitetônico. Além disso, a preservação desses edifícios possibilita que as gerações futuras possam compreender e apreciar a arquitetura do passado. Para reforçar a análise dos dados levantados e dos resultados da amostra representativa, as Tabelas 48, 49 e 50 resumem todas as alterações realizadas em resposta às propostas de melhorias que incorporam conceitos de PAF (%); tipologias da estrutura visível das fachadas; VVF (média de valores de significância cultural e de aspectos da estrutura visível), rigor de preservação da escala de valoração patrimonial; e estratégias combinadas para preservação e retrofit energético.

Tabela 48 Aplicação das diretrizes gerais de intervenção para o Grupo A

Edifício	ED-01	ED-02	ED-03	ED-04
	ANEXO I, TSE	SEDE I, TRF 1ª	ANEXO I, TRT 10ª	ANM
				
PAF	55%	30%	40%	43%
Forma estrutural	Parede Cortina	Trama Fina	Encaixotado	Encaixotado
VVF ≥ 8,0	Sim	Sim	Sim	Sim
Rigor de preservação	Alto	Altíssimo	Alto	Alto
Estratégias de Preservação patrimonial e Retrofit Energético	<p>1. Preservação total das características estruturais do edifício, evitando qualquer alteração na finalização das fachadas;</p> <p>2. Substituição que não comprometa a significância cultural ou os aspectos estéticos originais dos componentes construtivos da estrutura do sistema de fachadas, sendo eles: brises e perfis metálicos.</p> <p>3. Redução do PAF adicionando elementos opacos na parte interna dos vidros da fachada, para melhorar a eficiência energética sem comprometer a estética original do edifício;</p> <p>4. Combinação de estratégias de retrofit energético que não afetem a estética original do edifício, como a geração de energia solar fotovoltaica na cobertura.</p>	<p>1. Preservação total das características estruturais do edifício, evitando qualquer alteração na trama fina das fachadas;</p> <p>2. Considerando que os ângulos de sombreamento dos elementos estruturais da fachadas são ineficazes para a proteção de radiação solar direta, com número insuficiente de horas de proteção, pode-se considerar a troca dos vidros para melhorar desempenho e eficiência energética, preferencialmente com FS < 43%;</p> <p>3. Combinação de estratégias de retrofit energético que não afetem a estética original do edifício, como a geração de energia solar fotovoltaica na cobertura.</p>	<p>1. Preservação total das características estruturais do edifício, evitando qualquer alteração na finalização das fachadas;</p> <p>2. Restauração e/ou substituição de componentes construtivos do sistema de fachadas, desde que a significância cultural ou os aspectos estéticos originais não sejam comprometidos. Alguns exemplos de elementos que podem ser restaurados são os brises fixos de concreto, e que podem ser substituídos são os perfis metálicos.</p> <p>3. Considerando que o índice PAF (%) está na faixa ideal, para melhorar a eficiência energética pode-se considerar a substituição dos vidros por outros com Fator Solar (FS) abaixo de 43%, preferencialmente;</p> <p>4. Combinação de estratégias de retrofit energético que não afetem a estética original do edifício, como a geração de energia solar fotovoltaica na cobertura.</p>	<p>1. Preservação total das características estruturais do edifício, evitando qualquer alteração na finalização das fachadas;</p> <p>2. Substituição de componentes construtivos do sistema de fachadas, desde que a significância cultural ou os aspectos estéticos originais não sejam comprometidos. Alguns exemplos de elementos que podem ser substituídos são os brises móveis e os perfis metálicos.</p> <p>3. Considerando que o índice PAF (%) está na faixa ideal, para melhorar a eficiência energética pode-se considerar a substituição dos vidros por outros com Fator Solar (FS) abaixo de 43%, preferencialmente;</p> <p>4. Combinação de estratégias de retrofit energético que não afetem a estética original do edifício, como a geração de energia solar fotovoltaica na cobertura.</p>

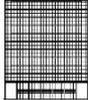
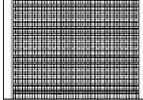
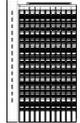
Fonte: Autora

Tabela 49 Aplicação das diretrizes gerais de intervenção para o Grupo B

Edifício	ED-05	ED-06	ED-07	ED-08
	ANEXO, CEF CULT	DNIT	INSS - GERÊNCIA	MME
				
PAF	32%	20%	80%	81%
Forma estrutural	Trama Aberta	Encaixotado	Parede Cortina	Parede Cortina
VVF ≥ 8,0	Não	Sim	Sim	Sim
Rigor de preservação	Médio	Alto	Alto	Alto
Estratégias de Preservação patrimonial e Retrofit Energético	<p>1. Modificação e/ou modernização total dos componentes construtivos dos sistemas de fachada, desde que não se altere a trama aberta comprometa sua significância cultural;</p> <p>2. Considerando que além dos brises, os elementos estruturais atuam como proteção solar da fachada, para aprimorar o desempenho e eficiência energética, o projeto pode considerar a troca por vidros com Fator Solar (FS) abaixo de 43%;</p> <p>3. Combinação de estratégias de retrofit energético que não afetem a estética original do edifício, como a geração de energia solar fotovoltaica na cobertura.</p>	<p>1. Preservação total das características estruturais do edifício, evitando qualquer alteração na finalização de fachadas de edifício encaixotado;</p> <p>2. Restauração e/ou substituição de componentes construtivos do sistema de fachadas, desde que a significância cultural ou os aspectos estéticos originais não sejam comprometidos. Alguns exemplos de elementos que podem ser restaurados são os brises fixos de concreto.</p> <p>3. Considerando que o índice PAF (%) está abaixo da faixa ideal, para melhorar a eficiência energética pode-se considerar a substituição dos vidros por outros com Fator Solar (FS) abaixo de 43%, preferencialmente;</p> <p>4. Combinação de estratégias de retrofit energético que não afetem a estética original do edifício, como a geração de energia solar fotovoltaica na cobertura.</p>	<p>1. Preservação total das características estruturais do edifício, evitando qualquer alteração na finalização das fachadas em parede cortina;</p> <p>2. Substituição que não comprometa a significância cultural ou os aspectos estéticos originais dos componentes construtivos da estrutura do sistema de fachadas, sendo eles: brises e perfis metálicos.</p> <p>3. Redução do PAF (%) adicionando elementos opacos na parte interna dos vidros da fachada, para melhorar a eficiência energética sem comprometer a estética original do edifício;</p> <p>4. Combinação de estratégias de retrofit energético que não afetem a estética original do edifício, como a geração de energia solar fotovoltaica na cobertura.</p>	<p>1. Preservação total das características estruturais do edifício, evitando qualquer alteração na finalização das fachadas em parede cortina;</p> <p>2. Substituição que não comprometa a significância cultural ou os aspectos estéticos originais dos componentes construtivos da estrutura do sistema de fachadas, sendo eles: brises e perfis metálicos.</p> <p>3. Redução do PAF (%) adicionando elementos opacos na parte interna dos vidros da fachada, para melhorar a eficiência energética sem comprometer a estética original do edifício;</p> <p>4. Combinação de estratégias de retrofit energético que não afetem a estética original do edifício, como a geração de energia solar fotovoltaica na cobertura.</p>

Fonte: Autora

Tabela 50 Aplicação das diretrizes gerais de intervenção para o Grupo C

Edifício	ED-09	ED-10	ED-11	ED-12
	SEDE II, TRF 1ª	TELECOMUNICAÇÕES	STM	MORRO VERMELHO
				
PAF	70%	46%	62%	40%
Forma estrutural	Encaixotado	Trama Aberta	Encaixotado	Trama Fina
VVF ≥ 8,0	Sim	Sim	Sim	Sim
Rigor de preservação	Alto	Altíssimo	Alto	Altíssimo
Estratégias de Preservação patrimonial e Retrofit Energético	<p>1. Preservação total das características estruturais do edifício, evitando qualquer alteração na finalização de fachadas de edifício encaixotado;</p> <p>2. Restauração e/ou substituição de componentes construtivos do sistema de fachadas, desde que a significância cultural ou os aspectos estéticos originais não sejam comprometidos. Alguns exemplos de elementos que podem ser restaurados são os brises fixos móveis e os perfis metálicos.</p> <p>3. Redução do PAF (%) adicionando elementos opacos na parte interna dos vidros da fachada, para melhorar a eficiência energética sem comprometer a estética original do edifício;</p> <p>4. Combinação de estratégias de retrofit energético que não afetem a estética original do edifício, como a geração de energia solar fotovoltaica na cobertura.</p>	<p>1. Preservação total das características estruturais do edifício, evitando qualquer alteração na trama aberta das fachadas;</p> <p>2. Considerando que os ângulos de sombreamento dos elementos estruturais da fachadas são ineficazes para a proteção de radiação solar direta, com número insuficiente de horas de proteção, pode-se considerar a troca dos vidros para melhorar desempenho e eficiência energética com FS < 43%, e aspectos de coloração do vidro mais próximos do edifício original, preferencialmente.</p> <p>3. Combinação de estratégias de retrofit energético que não afetem a estética original do edifício, como a geração de energia solar fotovoltaica na cobertura.</p>	<p>1. Preservação total das características estruturais do edifício, evitando qualquer alteração na finalização de fachadas de edifício encaixotado;</p> <p>2. Restauração e/ou substituição de componentes construtivos do sistema de fachadas, desde que a significância cultural ou os aspectos estéticos originais não sejam comprometidos. Alguns exemplos de elementos que podem ser restaurados são os perfis metálicos.</p> <p>3. Redução do PAF (%) adicionando elementos opacos na parte interna dos vidros da fachada, para melhorar a eficiência energética sem comprometer a estética original do edifício;</p> <p>4. Combinação de estratégias de retrofit energético que não afetem a estética original do edifício, como a geração de energia solar fotovoltaica na cobertura.</p>	<p>1. Preservação total das características estruturais do edifício, evitando qualquer alteração na trama fina das fachadas;</p> <p>2. Considerando que os ângulos de sombreamento dos elementos estruturais da fachadas são ineficazes para a proteção de radiação solar direta, com número insuficiente de horas de proteção, pode-se considerar a troca dos vidros para melhorar desempenho e eficiência energética, preferencialmente com FS < 43%;</p> <p>3. Combinação de estratégias de retrofit energético que não afetem a estética original do edifício, como a geração de energia solar fotovoltaica na cobertura.</p>

Fonte: Autora

Partindo desses resultados, pode-se afirmar que o método de valoração patrimonial deve ser compreendido como uma ferramenta para auxiliar intervenções com viés de eficiência energética em edifícios integrantes do patrimônio moderno, mas que carecem de reconhecimento. Isso ocorre porque o método apresenta recomendações gerais de tomada de decisão que estão em acordo com as diretrizes de preservação do patrimônio moderno previstas no manual do Programa Monumenta (IPHAN, 2005), as quais enfatizam a importância de levar em consideração o projeto original do arquiteto, suas intenções e ideias originais, bem como os materiais e características utilizados.

Quanto à aplicabilidade das propostas de aprimoramento no conjunto de métodos, foi possível adequar o procedimento de avaliação com o ajuste na escala de valoração, que passou a abranger 9 tipologias. Destaca-se também que, em relação ao rigor de aplicação das estratégias de preservação, quanto mais próximo da trama estrutural, maior será o rigor de preservação. Por outro lado, quanto mais próximo da tipologia de fachadas em parede cortina, maior será a flexibilidade da atualização e/ou modernização dos elementos que compõem o sistema estrutural da fachada. Assim dizendo, é mais razoável considerar a substituição de montantes metálicos que estruturam o sistema de fachadas de edifícios em parede de vidro do que intervir no sistema estrutural das fachadas de edifícios com trama estrutural visível, onde a própria estrutura faz parte do partido arquitetônico.

Com o intuito de facilitar a análise comparativa entre as diferentes versões do método de valoração patrimonial, a Figura 64 apresenta os resultados obtidos da amostra representativa. Observou-se que o ED-05, que anteriormente era considerado de alta importância para preservação apenas por apresentar uma trama fina, passou a ser classificado como de média importância após a inclusão de atributos do VVF na escala de valoração. Isso significa que a fachada deste edifício pode ser modificada ou modernizada, desde que a proposta não comprometa sua significação cultural. No entanto, se houver elementos históricos na fachada, o projeto deve se preocupar em preservá-los.

De fato, uma vez que o ED-05 passou a apresentar um julgamento coerente em termos de significância perceptível nos aspectos da estrutura visível, cabe afirmar que a modificação proposta mostrou-se eficaz. Essa constatação indica que a modificação implementada no procedimento de avaliação permitiu uma avaliação mais precisa e consistente, especialmente em relação aos aspectos da estrutura visível.

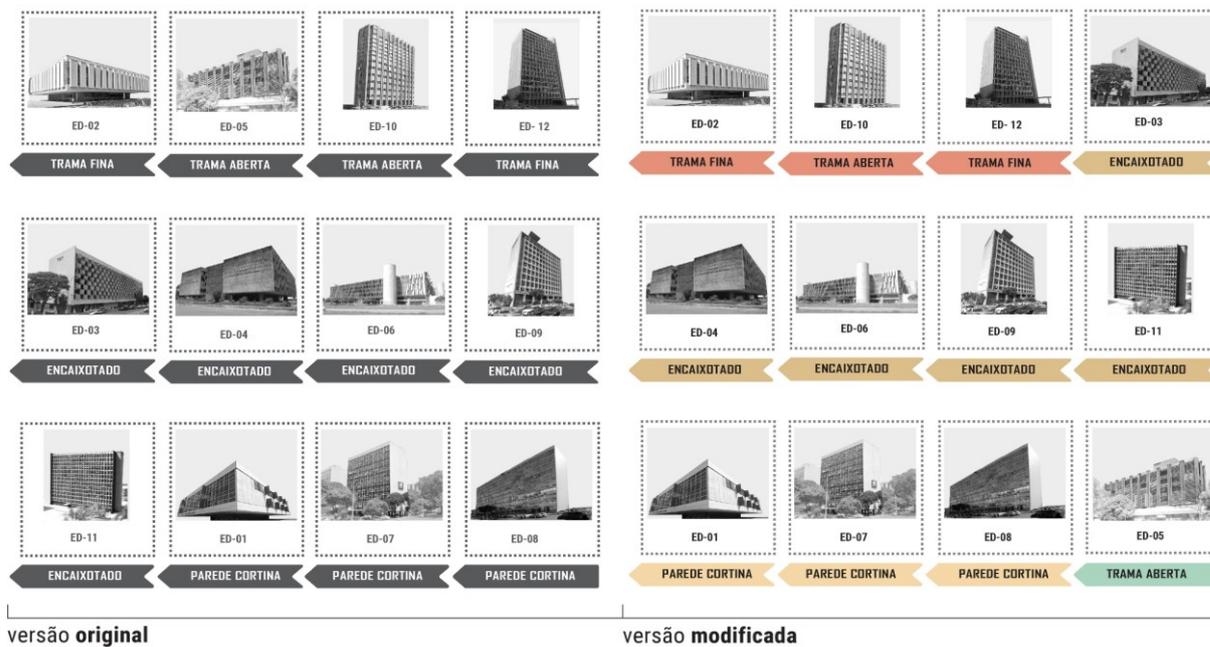


Figura 64 Análise comparativa das versões da escala de valoração patrimonial
 Fonte: Autora

7 CONCLUSÃO

O método proposto visa aprimorar métodos preexistentes e está inserido nas discussões atuais sobre como intervir no patrimônio arquitetônico, buscando melhorar seu desempenho ambiental e, ao mesmo tempo, conciliar com a preservação dos valores de significância cultural. Durante essa abordagem de pesquisa, foram identificados pontos relevantes para a adequação nos procedimentos de avaliação e intervenção em fachadas, a fim de orientar projetos de retrofit energético e preservação das fachadas da arquitetura moderna.

Para elaborar e propor procedimentos coerentes com as exigências de projeto de intervenção em fachadas da arquitetura moderna, foi realizado um estudo embasado em normas e pesquisas nacionais e internacionais, com ênfase na realidade das regulamentações brasileiras. Nessa lógica, é imprescindível buscar constantemente avanços nos processos de pesquisa e análise de dados, visando aprimorar os métodos utilizados e desenvolver conhecimentos para embasar a tomada de decisões.

Em linhas gerais, a intervenção em edifícios do legado moderno apresenta muitos desafios. Dentre os quais, está o levantamento e sistematização dos dados sobre o edifício e suas partes para fundamentar a proposição de melhorias de métodos para tomadas de decisão, que sejam coerentes com sua trajetória histórica, tipologia construtiva, número de pavimentos, bem como características arquitetônicas. Outro desafio é o processo de adaptação da escala de valoração patrimonial que considere os atributos de significância cultural e da forma estrutural das fachadas da arquitetura moderna.

Partindo destas premissas, foi proposto um método para sistematizar, aplicar e avaliar um conjunto de métodos concebidos por Amorim et al. (2020), a fim de propor e comprovar aprimoramentos em relação à base procedimental e às diretrizes gerais para projetos de retrofit energético e preservação em fachadas da arquitetura moderna.

7.1 Cumprimento dos objetivos

Quanto ao desenvolvimento dos objetivos, o foco foi estabelecer uma metodologia capaz de elaborar um método simplificado de tomada de decisão para projetos de intervenção em fachadas de edifícios modernos, seguindo diretrizes de eficiência energética e critérios de valoração patrimonial.

Para tal, foi realizada uma análise sistemática da pesquisa conduzida por Amorim et al. (2020), que abordou métodos relacionados à eficiência energética e iluminação natural, juntamente com parâmetros analíticos de valoração patrimonial, tendo Brasília como estudo de caso. Assim, os resultados da aplicação dos métodos foram obtidos a partir de dados coletados de uma amostra representativa de edifícios não residenciais modernos localizados na zona central do Plano Piloto de Brasília.

Essa abordagem possibilitou uma análise aprofundada de um conjunto de métodos existentes e sua aplicabilidade específica em um contexto arquitetônico relevante, além de identificar oportunidades de melhoria nas orientações desse tipo mais simplificado de intervenção patrimonial. Todavia, é de salientar que a finalidade do estudo foi fornecer "indicações e probabilidades" para a avaliação de atributos de significância cultural em edifícios da arquitetura moderna, ou seja, são apontamentos gerais que sustentam a existência ou não de valor histórico e cultural na estrutura visível da fachada. Logo, o estudo não pretende substituir ou desvalorizar tudo o que é considerado em um parecer técnico de um especialista em patrimônio moderno.

7.2 Conclusões sobre o método proposto

Com base nos resultados obtidos, o método proposto para o aprimoramento de um conjunto de métodos preexistentes mostrou-se efetivo na identificação de pontos de melhoria e na proposição de implementações que contribuiriam para aumentar a precisão e a confiabilidade dos mesmos.

Desta forma, na primeira etapa do método proposto, foram estabelecidos uma série de itens de análise sistemática para o estudo de caso, divididos em quatro partes principais que abrangem o levantamento do contexto histórico, fatores geográficos e climáticos, caracterização morfológica de edificações não residenciais na zona central do Plano Piloto, e por fim, o estudo da eficiência energética no contexto da preservação patrimonial. Em seguida, propôs-se a seleção de uma amostra representativa de 12 edifícios da planilha de edificações da zona central de Brasília do banco de dados do LACAM-UnB, levando em conta o contexto dos parâmetros a serem desenvolvidos.

Na segunda etapa do método, foram obtidos os resultados da caracterização da amostra representativa. Foi possível obter os dados gerais das edificações, bem como parâmetros fundamentais para a avaliação e aplicabilidade dos métodos, como a caracterização geométrica e as variáveis de eficiência energética da envoltória.

Na terceira etapa do método, os métodos preexistentes foram aplicados com base na avaliação dos atributos patrimoniais da estrutura visível expressos na fachada. Como resultado, foram verificados os edifícios em relação à finalização frontal das fachadas, considerando as formas estruturais que exigem maior grau de intervenção, bem como as diretrizes gerais correspondentes. Essa etapa permitiu identificar as fachadas que requerem maior atenção e intervenção, seguindo as diretrizes estabelecidas pelo conjunto de métodos utilizados.

Na quarta etapa do método, foi conduzida uma análise crítica dos métodos testados, discutindo as condições para o tratamento da envoltória e buscando compreender o impacto das recomendações gerais no processo de tomada de decisão em projetos de retrofit energético e preservação do patrimônio moderno. Como resultado, o primeiro ponto crítico analisado foi a necessidade de ampliação dos parâmetros de avaliação dos atributos visíveis das fachadas. Isso porque algumas possuem maior ou menor valor a ser preservado e, portanto, aquelas com mais atributos de valoração devem ser consideradas menos flexíveis do ponto de vista de modificações na intervenção associada às formas estruturais de Siegel. Além disso, outro ponto observado foi a necessidade de aprimorar a base procedimental e as diretrizes gerais no que diz respeito às orientações de retrofit energético. Deveria haver consideração para a proposição de estratégias que englobam variáveis de eficiência energética mais amplas e flexíveis, abrangendo tanto as estratégias passivas como as ativas de retrofit.

Na quinta e última etapa do método proposto, em concordância com os apontamentos realizados na etapa anterior, foram formuladas as propostas de aprimoramento dos métodos existentes. Essas propostas tiveram como primeiro eixo a identificação e hierarquização dos valores, bem como a declaração de sua significância, levando em consideração as informações levantadas anteriormente. O segundo eixo analisado refere-se às diretrizes gerais da tomada de decisão do projeto. Como solução para a integração dos valores visíveis das fachadas, desenvolveu-se o conceito de Valor Visível da Fachada (VVF), que é obtido por meio de uma média ponderada dos atributos considerados na análise de valoração patrimonial. Quanto às adaptações das diretrizes gerais integradas às soluções mais efetivas em fachadas da arquitetura moderna, é necessário considerar aspectos relevantes, não apenas em termos de eficiência energética, mas também o impacto que o VVF exerce nas tipologias de formas estruturais ao observar a finalização das fachadas. Logo, as orientações de projeto foram vinculadas ao VVF e à média ponderada do Percentual de Abertura de Fachadas Médio (PAFm), sendo esta variável com 42% para fachadas de edifícios com trama

final, 69% para fachadas de edifícios com trama aberta, 70% para fachadas de edifícios encaixotados e 78% para fachadas em parede cortina.

Diante do exposto, é aceitável concluir que a dissertação atingiu o seu objetivo principal, uma vez que os resultados demonstram que uma abordagem integrada que combina técnicas qualitativas e quantitativas pode fornecer uma compreensão mais completa e abrangente do objeto de estudo, permitindo uma análise mais aprofundada e elucidativa do tema em questão. Em suma, a proposta de aprimoramento dos métodos de pesquisa mostrou-se eficaz e propícia para futuras pesquisas na área da sustentabilidade ambiental das edificações.

7.3 Sugestões para trabalhos futuros

- Análise crítica das intervenções prediais já ocorridas, seja para validá-las ou revertê-las, para validar as recomendações resultantes da aplicação do método proposto neste estudo;
- Análise do impacto da avaliação estendida para outros tipos arquitetônicos e diversidade de usos, incluindo classificações residenciais, comerciais, institucionais e outros;
- A extensão das diretrizes gerais propostas para outras estratégias de retrofit energético relacionadas à envoltória da edificação, considerando recomendações de componentes construtivos modernos, como fachadas cinéticas;
- Aplicação do método integrando variadas estratégias de intervenção em sistemas que influenciam diretamente nas características das fachadas, especialmente no sistema de ar condicionado;
- Ampliação da análise realizada para outras categorias e critérios de avaliação, como viabilidade técnica, financeira e a opinião da população, comunidade ou usuários da edificação histórica no processo de escolha de estratégias de intervenção.

REFERÊNCIAS

Bibliográficas

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220-2:2005. **Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações**. Rio de Janeiro: ABNT, 2005b.

_____. NBR 5674: **Manutenção de edificações: requisitos para o sistema de gestão de manutenção**. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

_____. NBR 15575: **Edificações Habitacionais – Desempenho Parte 1: Requisitos Gerais - Referências - Elaboração**. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

_____. NBR 16280. **Reforma em edificações – Sistema de gestão de reformas – Requisitos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2014b.

_____. NBR 7199. **Vidros na construção civil — Projeto, execução e aplicações**. Rio de Janeiro: ABNT, p.57, 2016.

_____. NBR ISO 50006: **Sistemas de Gestão de Energia – Medição do Desempenho Energético**. Utilizando Linhas de Base Energética (LBE) e Indicadores de Desempenho Energético (IDE) – Princípios Gerais e Orientações. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

AKKURT, G.G.; ASTE, N.; BORDERON, J.; BUDA, A.; CALZOLARI, M.; CHUNG, D.; COSTANZO, V.; DEL PERO, C.; EVOLA, G.; HUERTO-CARDENAS, H.E.; et al. **Dynamic thermal and hygrometric simulation of historical buildings: critical factors and possible solutions**. *Renew. and Sustain. Energy Rev.* 2020, 118, 109509.

ALLUCI, M.P. **Banco de dados: características térmicas, luminosas e acústicas de vidros planos e plásticos translúcidos**. Departamento de tecnologia da FAU-USP/Sequência De Conforto Ambiental. 2001. Disponível Em: < <http://www.usp.br/fau/deptechnologia/docs/bancovidros/> > Acesso em: 23 mai. 2021

ALVES, Tatiana; MACHADO, L., SOUZA, R.G; WILDE, P. **A methodology for estimating office building energy use baselines by means of land use legislation and reference buildings**. *Energy and Buildings*, v. 143, p. 100–113, 2017.

AMARAL, A. **Arte para quê? A Preocupação Social na Arte Brasileira 1930-1970**. 3ª Ed. – São Paulo: Studio Nobel, 2003.

AMORIM, C.N.D. (Org.); SÁNCHEZ, J.M.M; CRONEMBERGER. J.; et.al. **Iluminação natural e eficiência energética: critérios para intervenção em edifícios não residenciais modernos do Plano Piloto de Brasília**. Relatório Final Projeto de Pesquisa. Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal (FAP/DF), p. 81, 2020.

AMORIM, C.N.D. **Arquitetura não residencial em Brasília: desempenho energético e ambiental**. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2004, São Paulo. Anais São Paulo: ANTAC, 2004.

AMORIM, C.N.D. **Diagrama Morfológico Parte I – Instrumento de análise e projeto ambiental com uso de luz natural**. Paranoá – Periódico do Programa de Pós-Graduação,

Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, v.3, pp. 57-76, Brasília, 2007.

AMORIM, C.N.D.; SÁNCHEZ, J.M.M; CRONEMBERGER. J.; COSTA, J.F.W.; SILVA, E.G. **Retrofit e preservação de edifícios não residenciais modernos em Brasília - uma abordagem para eficiência energética e iluminação natural. a construção civil: em uma perspectivas econômica, ambiental e social.** Brasil, p.340-357, 2021. Disponível em <https://www.researchgate.net/publication/351172490>. Acesso em: 10 maio 2022.

ASHRAE. AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS. **Standard 90.1–1999.** American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. Atlanta, 1999.

AVRAMI, E; RANDALL M.; TORRE M. (eds.). **Values and Heritage Conservation.** Research Report. Los Angeles: The Getty Conservation Institute. 2000. Disponível em: < http://www.geenvoly.edu/conservation/publications_resources/pdf_publications/valuesrpt.pdf >. Acesso em 13 jun. 2020.

BAKER, N., STEEMERS, K., FANCHIOTTI, A. **Daylighting in Architecture: A European Reference Book.** Commission of the European Communities Directorate – General XII for Science, Research and Development. London, UK: James & James (Science Publishers) Ltda, 1993.

BARBOSA, E. S. **A Arquitetura Moderna à Luz das Fachadas.** Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – PROARQ, FAU, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

BARRIENTOS, M. I. G. G. **Retrofit de edificações: estudo de reabilitação e adaptação das edificações antigas às necessidades atuais.** Dissertação de mestrado (Faculdade de Arquitetura e Urbanismo), 189 f. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

BEN. BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL. **Relatório Final do Balanço Energético Nacional 2022 – ano base 2021.** Empresa de Pesquisa Energética (EPE) - Ministério das Minas e Energia (MME). Rio de Janeiro, Brasil, 2022. Disponível em: < <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-675/topico-638/BEN2022.pdf> > Acesso em: 9 jun. 2022.

BENEVOLO, Leonardo. **História da Arquitetura Moderna.** São Paulo: Editora. Perspectiva, 3ª edição, 2001.

BITTENCOURT, L. **Uso das cartas solares - diretrizes para arquitetos.** Maceió: EDUFAL, 2000.

BRASIL . **Instrução Normativa n.2, de 4 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. Secretária de Logística e Tecnologia da Informação do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão (SLTI/MPOG). Brasília: Diário Oficial da União, 2014. Disponível em: < <https://antigo.comprasgovernamentais.gov.br/index.php/legislacao/instrucoes-normativas/304-instrucao-normativa-n-2-de-04-de-junho-de-2014> >. Acesso em: 28 jun. 2020.

BRASIL. Distrito Federal. Governo do Distrito Federal, (2017). **Plano de Preservação do Conjunto Urbanístico de Brasília – PPCUB**. Proposta de minuta de Lei, 3 de março. SECRETARIA DE ESTADO DE DESENVOLVIMENTO URBANO E HABITAÇÃO - SEDHUB Disponível em: < <http://www.seduh.df.gov.br/wp-content/uploads/2017/11/Minuta-PLC-PPCUB.pdf> > Acesso em: 12 jun. 2020

BRUAND, Y. **Arquitetura Contemporânea no Brasil**. São Paulo: Editora Perspectiva S.A, 1981.

BUDA, A.; HANSEN, E.J.; RIESER, A.; GIANCOLA, E.; PRACCHI, V.N.; MAURI, S.; MARINCIONI, V.; GORI, V.; FOUSEKI, K.; POLO LÓPEZ, C.S.; et al. **Conservation-Compatible Retrofit Solutions in Historic Buildings: An Integrated Approach**. Sustainability 2021, 13, 2927. Disponível em: < <https://doi.org/10.3390/su13052927> > Acesso em: 10 dez. 2021.

CAPLE, C. **Conservation Skills: Judgement, Method and Decision**. Making London and New York: Routledge – Taylor & Francis Group, 2000.

CARLO, J.C. **Desenvolvimento de metodologia de avaliação da eficiência energética do envoltório de edificações não residenciais**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, 2008.

CEBRACE. Companhia Brasileira de Cristal. **Catálogo de vidros**. Linha Habitat. 2019. Disponível em: < <http://www.cebrace.com.br/#!/produtos/obras-residenciais/linha-habitat> > Acesso em 15 set. 2020

CEPEL. CENTRO DE PESQUISAS DE ENERGIA ELÉTRICA. **Guia para eficiência energética nas edificações públicas**. Versão 1.0 2015 / coordenador Ministério de Minas e Energia - MME — Rio de Janeiro: CEPEL, 2015. 240 p.; il, 2015.

CHARLESON, Andrew W. **Structure as architecture: a source book for architects and structural engineers**. Oxford: Elsevier, 2005.

CHING, Francis D.K. **Arquitetura: forma, espaço e ordem**. São Paulo: Martins Fontes, 1996.

CHVATAL, S. M. K. **Relação entre o nível de isolamento térmico da envoltória dos edifícios e o Potencial de Sobreaquecimento no Verão**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Faculdade de Engenharia - Universidade do Porto. Porto, 2007.

COLQUHOUN, Alan. **Modern Architecture**. Oxford: Oxford University Press, 2002.

COLQUHOUN, Alan. **Modern Architecture**. Oxford: Oxford University Press, 2002.

CONCREJATO Engenharia (2018). **Concrejato entrega obra da fachada do Palácio Capanema**. Rio de Janeiro, Brasil, 2018. Disponível em: < <https://www.concrejato.com.br/concrejato-entrega-obra-da-fachada-do-palacio-capanema-no-rio/> > Acesso em: 6 jan 2021.

COSTA, J. F. W. **Edifícios de balanço energético nulo: um estudo para escritórios em Brasília**. 2018. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo da Universidade) – Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

COSTA, L. 1987. **Brasília revisitada**. Diário Oficial do DF, v. 14, 1987

CURTIS, W. **Arquitetura moderna desde 1900**. Porto Alegre: Bookman, 2008.

DANS, Ernest. **La arquitectura y el sol - proteccion de los edificios**. Barcelona: Editorial Gustavo Gili S.A., 1967.

EC. EUROPEAN COMMISSION. **Directive 2010/31/EU**. European Parliament and of the Council of 18 May 2010 on the energy performance of buildings (EPBD). Official Journal of the European Union, (p 13-34), 2010. Disponível em: <<http://www.buildup.eu/en/practices/publications/directive-201031eu-energy-performance-buildings-recast-19-may-2010>> Acesso em: 2 jun. 2021.

EEA. EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. **Climate Change, Impacts and Vulnerability in Europe 2016 Change: An Indicator-Based Report**. Luxembourg, 2017 Disponível em: < <https://www.eea.europa.eu/publications/climate-change-impacts-and-vulnerability-2016> > Acesso em: 13 fev. 2021.

EL-DAHDAH, Farès. **Lúcio Costa e a preservação de Brasília**. Minha Cidade, São Paulo, ano 09, n.107.07, Vitruvius, jun. 2009. Disponível em: < <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/minhacidade/09.107/1844> > Acesso em: 10 mar. 2021.

EN 16883/2017. **Conservazione dei Beni Culturali: Linee Guida per Migliorare la Prestazione Energetica degli Edifici Storici**. European Standard (EN) - Ente Nazionale di Normazione: Rome, Italy, 2017.

EN-16883:2017. **Conservation of Cultural Heritage-Guidelines for Improving the Energy Performance of Historic Buildings**. European Standard (EN) (UNI EN). Comité Europeen de Normalisation: Brussels, Belgium, 2017.

EPE. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Atlas de Eficiência Energética Brasil 2022**. Relatório de indicadores. Ministério de Minas e Energia (MME) – Brasília, 2022. Disponível em: < https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-741/Atlas_Eficiencia_Energetica_Brasil_2022.pdf > Acesso em: 2 fev. 2022.

EUROSTAT. **Energy, Transport and Environment Statistics**. Statistical Books European Commission, European Union 2019. Disponível em: < <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/3217494/10165279/KS-DK-19-001-EN-N.pdf/76651a29-b817-eed4-f9f2-92bf692e1ed9?t=1571144140000> > Acesso em: 13 jun. 2020.

FERREIRA, A.; FERRARI, C.; BERMEJO, P. P. **Retrofit, alternativa para valorizar o imóvel**. Revista URBS, São Paulo, v. 5, n. 30, abr./maio 2003. Disponível em: < www.vivaocentro.org.br/publicações/urbs30.htm >. Acesso em: 28 mar. 2021.

FERREIRA, C. C.; SOUZA, H. A.; ASSIS, E. S. **Estudo do clima brasileiro: reflexão sobre a adaptação climática e recomendações arquitetônicas e construtivas para edificações residenciais**. In: XV ENTAC – Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2014, Maceió. Anais. Maceió: ANTAC, 2014. p. 429-438.

FERREIRA, J.J.; FERREIRA, T.J. (1994). **Economia e Gestão da Energia**. Texto Editora, Lisboa.

FICHER, S.; ACAYABA, M. M. **Arquitetura moderna brasileira**. São Paulo: Projeto Editores Associados Ltda, 1982.

FROTA, A. B. **Geometria da Insolação**. São Paulo: Geros, 2004.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual do Conforto Térmico**. 7. Ed. São Paulo: Studio Nobel, 2003.

GELLER, H. S. **O uso eficiente da eletricidade: uma estratégia de desenvolvimento para o Brasil**. Rio de Janeiro: INEE – Instituto Nacional de Eficiência Energética, 223 p., 1994.

GIEDION, Sigfried. **Espaço, Tempo e Arquitetura**. O Desenvolvimento de uma Nova Tradição. São Paulo: Martins Fontes, 2004.

GNOATO, S. **Restauo e retrofit do Palácio da Justiça do Paraná**. Teoria e Práticas da Intervenção no Moderno. 13º Seminário Docomomo Brasil, Salvador - BA, n. 2, 12 f., outubro de 2018.

GOIA, François. **Search for the optimal window-to-wall ratio in office buildings in different European climates and the implications on total energy saving potential.** Solar Energy, 2016. v.132, p. 467-492.

GONÇALVES, J. C. S.; Mülfarth, R. K.; ROMÉRO, M.A.; MICHALSKI, R.; et al. **O pobre desempenho ambiental dos escritórios em caixa de vidro: conforto térmico e energético.** Drops, v. 21 , n. 160.02, Vitruvius, fev. 2021. Disponível em: < <https://vitruvius.com.br/revistas/read/drops/21.161/8024> >. Acesso em: 11 ago. 2022

HAAS, F.; Herrera, D.; Hüttler, W.; Exner, D.; Troi, A. **Historic Building Atlas.** Sharing best practices to close the gap between research & practice. In Proceedings of the 3rd International Conference on Energy Efficiency in Historic Buildings (EEHB2018), Visby, Sweden, 26–27 September 2018; pp. 236–245.

HAUSLADEN, G.; SALDANHA, M.; LIEDL, P. **Climate Skin, Building Skin Concepts that Can Do More with Less Energy.** Berlin : Birkhäuser, 2006.

HEINTEGES & ASSOCIATES. **United Nations Headquarters Campus Renovation of Facades.** Docomomo, US, Abril, 2017. Disponível em:<<https://docomomo-us.org/news/united-nations-headquarters-campus-renovation-of-facades> > Acesso em: 15 set. 2022.

HERZOG, T.; KRIPPNER, R.; LANG, W. **Facade Construction Manual.** Berlin : Birkhäuser, 2004.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2022.** Ano base em 2021. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/df/panorama> > Acesso em: 2 jun. 2023

ICE. INSTITUTION OF CIVIL ENGINEERS (UK). **Ice Manual Of Structural Design: Buildings.** London: Ice Publishing, 2012.

ICOMOS. **The burra charter.** Charter for places of cultural significance - The Australia, ICOMOS, 2013. Disponível em 2013. Disponível em: < <http://portal.iphan.gov.br/uploads/ckfinder/arquivos/The-Burra-Charter-2013> > Acesso em: 10 jan. 2021.

IEA. INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. 2000. **Daylight in Buildings: A Source Book on Daylighting Systems and Components.** Report of IEA SHC Task 21 / ECBCS Annex 29, 2000.

IEA. INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2012. Task 41. **Report T.41.A.2: Solar Energy Systems in Architecture - Integration Criteria and Guidelines.** IEA/PVPS, Editors MC Munari Probst, C Roecker, setembro de 2012. Disponível em: < <http://task41.iea-shc.org/Data/Sites/1/publications/T41DA2-Solar-Energy-Systems-in-Architecture> 28March2013.pdf. > Acesso em 14 nov. 2021.

IEA. INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. 2013. **Technology roadmap: energy efficient building envelope**. IEA-SHC, Paris, 2013. Disponível em: <<https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/technology-roadmap-energy-storage-.html>>. Acesso: 17 fev. 2021.

IEA. INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. 2017. **Energy efficiency 2017**. Disponível em: <<https://doi.org/10.1787/9789264284234-en>>. Acesso em: 26 mar. 2022

IEA. INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2017. Task 59: **Deep Renovation of Historic Buildings towards lowest possible energy demand and CO2 emission (NZEB)**. IEA-SHC, 2017. Disponível em: <<https://task59.iea-shc.org/>>. Acesso em: 10 jan. 2021.

INMET. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. 2021. **Dados meteorológicos e Clima/Monitoramento**. Distrito Federal, 2021. Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br>>. Acesso em: 31 jul. 2021.

INMETRO. INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. Portaria nº 372, de 17 de setembro de 2010. **Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos – RTQ-C**. Eletrobrás. Disponível em: <http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/comercial/downloads/Port372-2010_RTQ_Def_Edificacoes-C_rev01.pdf>. Acesso em: 09 set. 2021.

INMETRO. INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. Portaria nº 42, de 24 de fevereiro de 2021. **Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (INI-C)** [...]. Diário Oficial da União: seção 1, ano 159, n. 45, p. 44, junho de 2021. <https://pbeedifica.com.br/sites/default/files/INI-C_Portaria%20309%20de%202022.pdf>. Acesso em: 26 dez. 2022

IPHAN. INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL. (2005). **Manual de elaboração de projetos de preservação do patrimônio cultural**. Ministério da Cultura, Instituto do Programa Monumenta. Cadernos Técnicos, Brasília. 2005.

IPHAN. INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO ARTÍSTICO NACIONAL. 2016a. **Bens tombados e processos de tombamento em andamento**. Disponível em: http://portal.iphan.gov.br/uploads/ckfinder/arquivos/2016-11-25_Lista_Bens_Tombados.pdf. Acesso em: 16 dez. 2020.

IPHAN. INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL. 2016b **Portaria Nº 166/ 2016 – Normativa de regulamentação do tombamento do Conjunto Urbanístico de Brasília**. Órgão: Ministério da Cultura Disponível em: https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/21520662/do1-2016-05-12-portaria-n-166-de-11-de-maio-de-2016-21520401 Acesso em: 20/10/2020

IPHAN. INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO ARTÍSTICO NACIONAL. 2018. **Ícone do Modernismo, Palácio Gustavo Capanema (RJ) tem fachadas restauradas**. Publicação de setembro de 2018. Disponível em: <

http://portal.iphan.gov.br/noticias/detalhes/4826/icone-do-modernismo-palacio-gustavo-capanema-rj-tem-fachadas-restauradas?utm_medium=website&utm_source=archdaily.com.br > Acesso em 07 jun 2021.

JAPIASSÚ, P.C. **Método para avaliação de retrofit energético em edificações históricas brasileiras**. 2019. 321f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2019.

JONKER, Berdine. **S/D Conservation planning Methodology – Developing Policies for the conservation of historic places**. British Columbia Heritage Branch, Canada. Disponível em: <https://www.for.gov.bc.ca/ftp/heritage/external/!publish/web/Conservation_Planning_Methodology.pdf>. Acesso em: 17 mar. 2021

KUTTER, V. P. **Modelo de abordagem para edificações em situações de reciclagem**. 1999. 200 p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

KWOK, A. G.; GRONDZIK, W. T. (2007). **The green studio handbook: environmental strategies for schematic design**. Oxford: Architectural Press. Elsevier. p.79 -128, 2007.

LAMBERTS, R.; DEIVIS L. M. (2020). **Webinário: Eficiência energética em janelas**. Aula 10 de Desempenho Térmico de edificações. Florianópolis: Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, 2020. 48 p. Disponível em:<<https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/Aula-Desempenho%20termico%20janelas.pdf>>. Acesso em: 16 jun. 2022.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R.; (2014). **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo: 3º Edição. Editora: Eletrobrás/Procel, p. 284., 2014. Disponível em:< <http://www.labeee.ufsc.br/publicacoes/livros> >. Acesso em: 11 out. 2019

LIMA, T. B. S. **Qualidade Ambiental e Arquitetônica em edifícios de escritórios**. Diretrizes para projetos em Brasília. Tese (Arquitetura e Urbanismo) Universidade de Brasília, 2010.

MACDONALD, S. **Modern Matters Breaking the barriers to conserving modern heritage**. In: Conservation perspectives (The Getty Conservation Institute), v. 28, n. 1, Spring 2013.

MARAGNO, G. V. **Eficiência e Forma do Brise-Soleil na Arquitetura de Campo Grande**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Programa de Pós Graduação em Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000.

MARINOSKI, D.; GÜTHS, S.; PEREIRA, F.; LAMBERTS, R. **Improvement of a measurement system for solar heat gain through fenestrations**. Energy And Buildings, n. 39, p.478-487, 2007.

MARTÍNEZ-MOLINA, A.; TORT-AUSINA, I.; CHO, S.; VIVANCOS, J. L. **Energy efficiency and thermal comfort in historic buildings: a review**. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 61, p. 70–85, 2016.

MAZZAFERO, L. **Análise das recomendações da ASHRAE Standard 90.1 para a envoltória de edificações comerciais**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

MILONE, D.; PERI, G.; PITRUZZELLA, S.; RIZZO, G. **Are the best available technologies the only viable for energy interventions in historical buildings?** *Energy and Buildings*, v. 95, p. 39–46, 2015.

MITSIDI PROJETOS (empresa). **Guia Interativo de Eficiência Energética em Edificações. Projeto: Sistemas de Energia do Futuro**. São Paulo, SP, p.269, 2018. Disponível em <https://www.guiaenergiaedificacoes.com.br/wp-content/themes/sinduscon/pdfs/guia-de-eficiencia-energetica.pdf>. Acesso em: 13 jun. 2022.

MORAES, V.T.F.; QUELHAS, O. L. G. **O desenvolvimento da metodologia e os processos de um “retrofit” arquitetônico**. *Revista eletrônica: Sistema & Gest; Programa de Engenharia de Produção, Sistemas & Gestão*, v.7, n.3, pp 448-461. Universidade Federal Fluminense (UFF), Niterói, RJ, Brasil, 2012.

NASCIMENTO, F. B. **A construção da ideia de patrimônio moderno no Brasil: Valorações e práticas dos anos 1940 aos 2000**. Thésis, Rio de Janeiro, v. 5, n. 9, p. 85-106, nov. 2020.

NICOLETTI, A. M. A. **Eficiência energética em um ministério da Esplanada em Brasília: propostas para retrofit de envoltória**. Dissertação, 214f. (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Brasília, 2009.

OCHOA, C. E; CAPELUTO, I. G. **Strategic decision-making for intelligent buildings: comparative impact of passive design strategies and active features in a hot climate**. *Building and Environment*, v.43, p.1829–1839, 2007.

PARK, Sharon C. **Respecting significance and keeping integrity: approaches to rehabilitation**. *APT Bulletin*, vol.37, n.4, 2006. Association for Preservation Technology International. Disponível em <<http://www.jstor.org/pss/40004145>>. Acesso em 23 jan. 2022.

PÊGO, A. C. M. **O circular por Brasília: o caminhar do pedestre na cidade moderna**. 178 f., il. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo)—Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

PIRRÓ, L. F. S. **O Impacto das Envolventes Verticais no Dsempenho Energético de Edifícios de Escritórios**. 2005. Tese (Doutorado em Faculdade de Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de São Paulo.

POWTER, A.; ROSS, S. **Integrating Environmental and Cultural Sustainability for Heritage Properties**. APT Bulletin: Journal of Preservation Technology, v. 36, n. 4, p. 2–3, 2005.

PROJETEEE. **PROJETANDO EDIFICAÇÕES ENERGETICAMENTE EFICIENTES. Dados climáticos – Estratégias bioclimáticas. Ministério de Minas e Energia**. Webpage. Brasília, 2022. Disponível em: < http://www.mme.gov.br/projeteee/estrategias-bioclimaticas/?cidade=DF+-+Bras%C3%ADlia&id_cidade=bra_df_brasilia-kubitschek.intl.ap.833780_try.1962 > Acesso em: 02 fev. 2022.

PRUDON, T. **Preservation of modern architecture**. Hoboken, N.J.: Wiley, 2008. Publications Office of the European Union, Luxembourg.

QUALHARINI, E., L. **Retrofit de construções: metodologia de avaliação**. Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 10, 2004, São Paulo. Construção Sustentável. São Paulo, 2004.

RAMANATHAN, L. V. **Corrosão e seu controle**. 1 ed. Lisboa: Secção Regional Sul da Ordem dos Arquitectos, v. 4, 2016.

ROSE, J.; ENGELUND, K. **Energy saving potential in retrofitting of non-residential buildings in Denmark**. Energy Procedia, v.78, p.1009–1014, 2015.

RUSSELL, R.; WINKWORTH, K. **Significance: a Guide to Assessing the Significance of Cultural Heritage Objects and Collections**. Heritage Collections Council Australia LTD. 2º Ed. Canberra, 84 p., 2009. Disponível em: < <https://dms-cf-06.dimu.org/file/022wazTV2z6e> >. Acesso em 14 nov. 2022.

SÁNCHEZ, J.M.M; AMORIM, C.N.D. **Valuation of Modernist Envelope as Criteria for Architectural Intervention Aiming Energy Efficiency**. In: Structures and Architecture, International Conference on Structures and Architecture (ICSA), Dinamarca, ISBN: 978-0-367-90281-0, ch086, p.723-730, 2022.

SÁNCHEZ, José Manoel Morales. **Depoimentos pessoais**. 2020.

SÁNCHEZ, José Manoel Morales. **Depoimentos pessoais**. 2021.

SHAH, C. **Collaborative Information Seeking: A Literature Review**. In Advances in Librarianship Advances in Librarianship; Woodsworth, A., Ed.; Emerald Group Publishing Limited: Bingley, UK, 2017; Volume 32, pp. 3–33.

SIAL Engenharia (2016). **Restauro e ampliação do Palácio da Justiça do Paraná**. 2018. Paraná, Brasil. Disponível em: < <http://www.sialengenharia.com/obra/32/restauro-e-ampliacao-do-palacio-da-justica-do-parana/> > Acesso em: 6 jan 2021.

SIEGEL, Curt. **Formas estructurales en la arquitectura moderna**. México: Continental, 1966.

SILVA, E. G. **Nações Unidas e Congresso Nacional: conexões e preservação**. 2017. 244 f., il. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

SILVA, J. S. A. **Eficiência do Brise-Soleil em Edifícios Públicos de Escritórios: Estudo de Casos no Plano Piloto de Brasília**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

SILVA, P. M. **Conservar, uma questão de decisão: o julgamento na conservação da arquitetura moderna**. 2012. 236 f. Tese (Doutorado em Arquitetura). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE. 2012.

SILVA, P. M. **Significância e Autenticidade: bases teóricas para discussão da conservação da Arquitetura**. 2017. Artigo 1 Simpósio Científico

SILVEIRA, D.T.; CÓRDOVA, F.P. **A pesquisa científica**. In: GERHARDT, T.E. & SILVEIRA, D.T. (orgs.). Métodos de Pesquisa. Porto Alegre: UFRGS, 2009. Disponível em: < <https://www.ufrgs.br/cursopgdr/downloadsSerie/derad005.pdf> > Acesso em 8 nov. 2020.

TAVARES, A. T. **Subsídios para o plano de conservação de edifícios modernistas em balanço estrutural: um estudo de caso na praça dos tribunais superiores**. 2021. 134 f., il. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de Brasília, Brasília, 2021.

THORMARK, C. **A low energy building in a life cycle—its embodied energy, energy need for operation and recycling potential**. Building and environment, v. 37, n. 4, p. 429–435, doi:10.1016/S0360-1323(01)00033-6, 2002.

TINOCO, J. E. L. **Planos de Conservação – do ensino à prática, da academia aos canteiros de obras**. Textos para Discussão, Série Gestão de Restauo, vol.55, CECI. Olinda, 2013. Disponível em: < <http://www.ceci-br.org/ceci/br/publicacoes/59-textos-para-discussao/635-plano-de-gestao-da-conservacao.html> >. Acesso em: 13 jun. 2022.

TONINI, M. B.; OLIVEIRA F. L. 2016. **A importância do plano de conservação programado para preservação de edifícios modernos**. Lisboa, Portugal. In: Congresso Ibero-Americano Património, suas matérias e imatérias – PATRIMA.

UNESCO. **Convention Concerning the Protection of the World Cultural and Natural Heritage**. In Proceedings of the 17th Session of the General Conference, Paris, France, 16 November 1972. Disponível em: <https://whc.unesco.org/archive/convention-en.pdf> . Acessado em: 20 abr. 2021.

VIEIRA, N. V.; ZANCHETTI S. M. **Gestão de sítios históricos: a transformação dos valores culturais e econômicos nas fases de formulação e implementação de programas de revitalização em áreas históricas**. 2006. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Urbano, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2006.

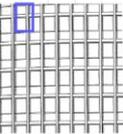
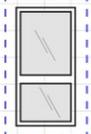
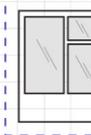
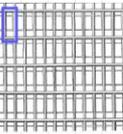
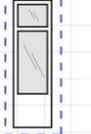
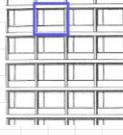
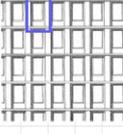
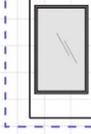
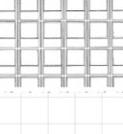
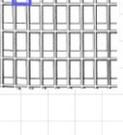
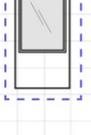
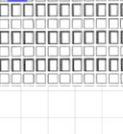
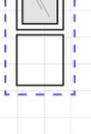
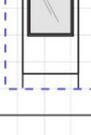
ZANCHETI, S. M.; HIDAKA, L.T.F. **A Declaração de Significância de exemplares da Arquitetura Moderna**. Centro de Estudos Avançados da Conservação Integrada. Textos para Discussão no. 57. Olinda, 2014.

ZANCHETTI, S.M.; HIDAKA, L.T.F. **Um Indicador para medir o Estado de Conservação de Sítios Urbanos Patrimoniais: Teoria e Estrutura**. In: ZANCHETI, Sílvio Mendes (ORG.). Indicadores de Conservação e Sustentabilidade na Cidade Patrimonial. CECI, Olinda, 2010.

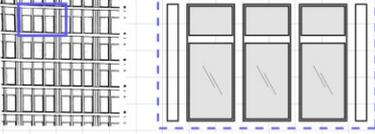
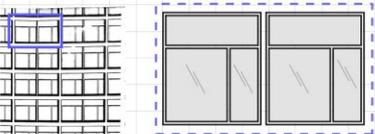
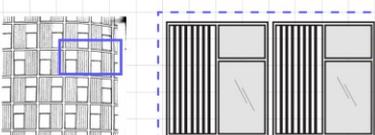
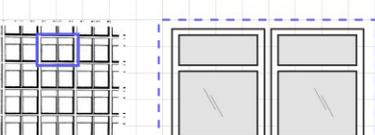
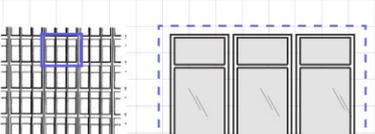
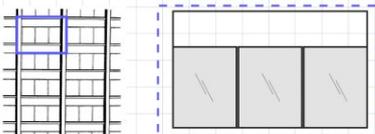
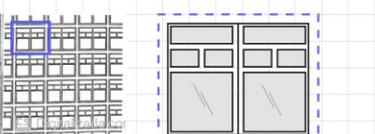
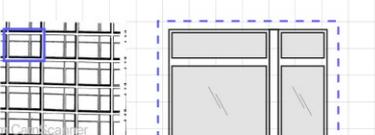
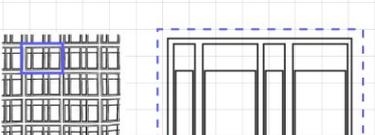
APÊNDICES

Planilhas

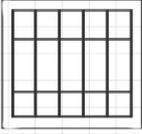
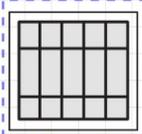
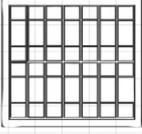
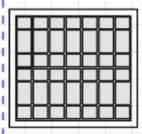
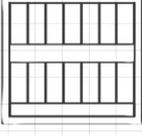
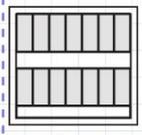
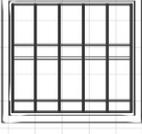
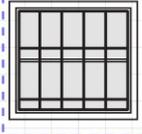
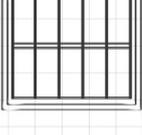
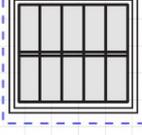
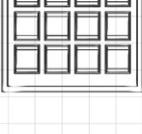
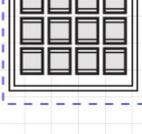
FORMAS ESTRUTURAIS ED. TRAMA FINA

Finalização da fachada	Características da seção modular da fachada				PAF
	Largura (m ²)	Área (m ²)	Superfície opaca (m ²)	Superfície transparente (m ²)	
TF-1  	1,80	5,40	2,98	2,42	45%
TF-2  	2,57	7,70	4,87	2,83	37%
TF-3  	1,10	3,30	1,90	1,40	42%
TF-4  	3,28	9,84	4,53	5,31	54%
TF-5  	2,21	6,62	3,71	2,91	44%
TF-6  	2,50	7,50	4,64	2,86	38%
TF-7  	1,70	5,10	3,04	2,06	40%
TF-8  	1,53	4,60	3,43	1,17	25%
TF-9  	2,10	6,30	4,29	2,01	32%

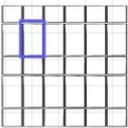
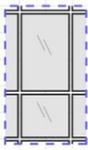
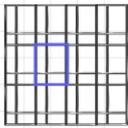
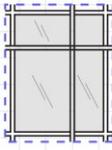
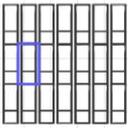
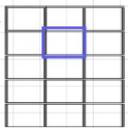
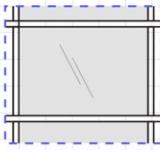
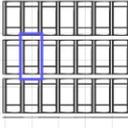
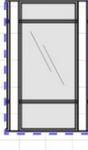
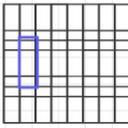
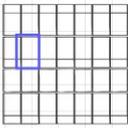
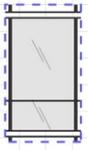
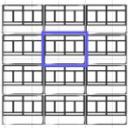
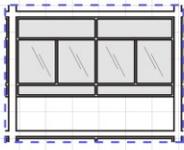
FORMAS ESTRUTURAIS ED. TRAMA ABERTA

Finalização da fachada	Características da seção modular da fachada				PAF
	Largura (m ²)	Área (m ²)	Superfície opaca (m ²)	Superfície transparente (m ²)	
TA-1 	5,50	16,50	6,70	9,80	59%
TA-2 	6,05	18,15	3,89	14,26	79%
TA-3 	3,30	9,90	2,97	6,93	70%
TA-4 	4,95	14,85	5,88	8,97	60%
TA-5 	4,30	12,90	4,30	8,60	67%
TA-6 	5,44	16,32	6,72	9,60	59%
TA-7 	4,10	12,30	4,00	8,30	67%
TA-8 	4,80	14,40	4,84	9,56	66%
TA-9 	5,30	15,90	6,39	9,51	60%

FORMAS ESTRUTURAIS ED. ENCAIXOTADOS

Finalização da fachada	Características da seção modular da fachada				PAF		
	Largura (m ²)	Área (m ²)	Superfície opaca (m ²)	Superfície transparente (m ²)			
EE-1			18,62	55,85	13,00	42,85	77%
EE-2			18,62	55,85	12,45	43,40	78%
EE-3			18,62	55,85	17,35	38,50	69%
EE-4			18,62	55,85	16,55	39,30	70%
EE-5			18,62	55,85	9,35	46,50	83%
EE-6			18,62	55,85	30,89	24,96	45%

FORMAS ESTRUTURAIS ED. PAREDE CORTINA

Finalização da fachada	Características da seção modular da fachada				PAF
	Largura (m ²)	Área (m ²)	Superfície opaca (m ²)	Superfície transparente (m ²)	
PC-1  	1,05	3,15	0,51	2,64	84%
PC-2  	2,59	7,76	1,59	6,17	80%
PC-3  	1,34	4,02	1,16	2,86	71%
PC-4  	5,52	16,56	2,98	13,58	82%
PC-5  	1,70	5,10	1,35	3,75	74%
PC-6  	1,41	4,22	0,86	3,36	80%
PC-7  	1,80	5,40	0,85	4,55	84%
PC-8  	4,02	12,05	4,00	8,05	67%

ANEXOS

Levantamento de dados

ANEXO A

ANEXO I, TSE

1. Identificação

1.1 identificação da obra
Edifício Anexo I, TSE

1.3 autor do projeto
Nauro Jorge Esteves

2. Localização

1.2 código
ED-01

1.4 ano
1971

2.1 UF
DF

2.2 cidade
Brasília

2.5 endereço
Setor de Autarquias Sul Q. 1 - Brasília,
DF, 70297-400

3. Dados técnicos

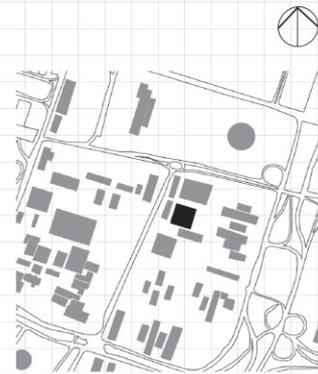
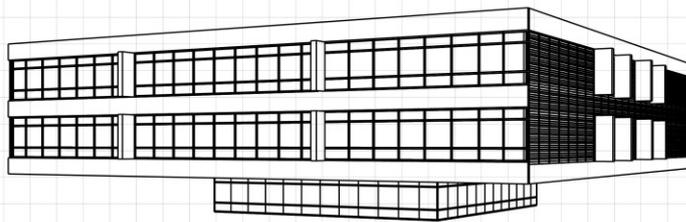
2.3 localidade
Asa Sul

2.6 coordenadas
15°47'57.3"S
47°52'47.0"O

3.1 área pavimento tipo
3.024,76 m²

3.1 área total edificada
6.744,26 m²

4. Estrutura Formal



0 0,075 0,15 0,30 0,60Km

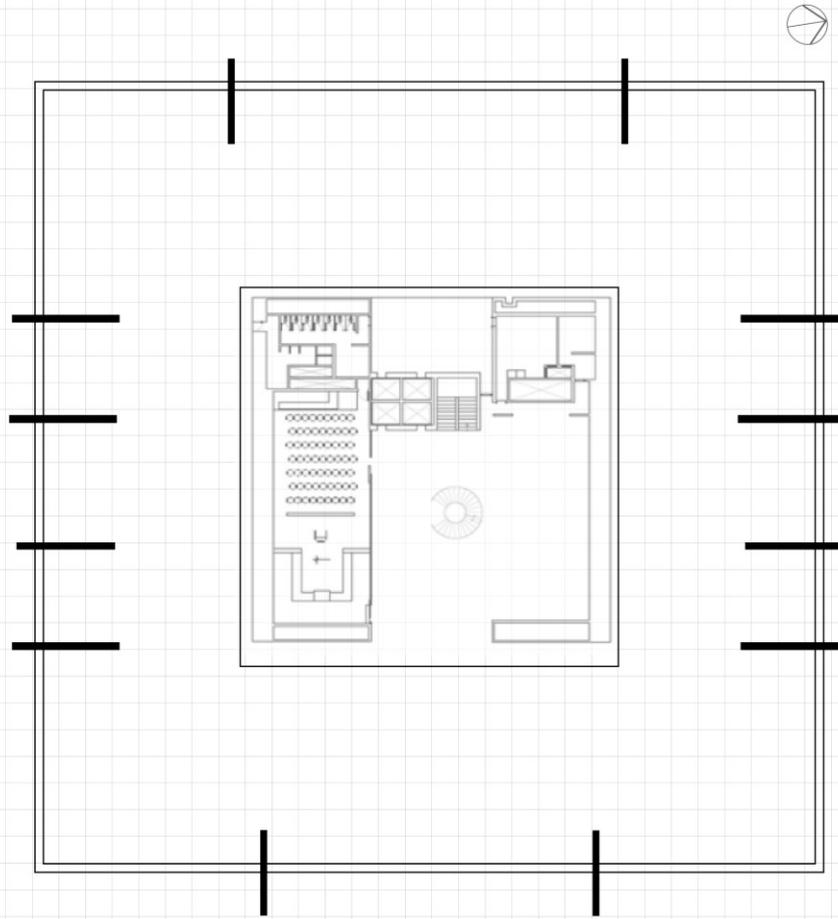
6. Fotografias



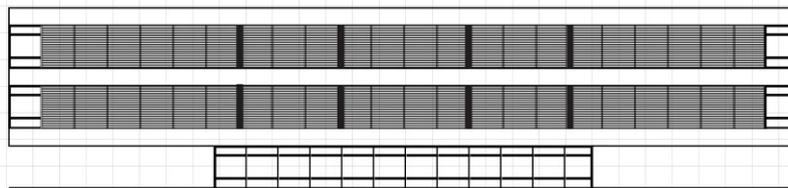
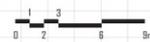
fotografias adaptadas de Tavares (2021)

ANEXO I, TSE

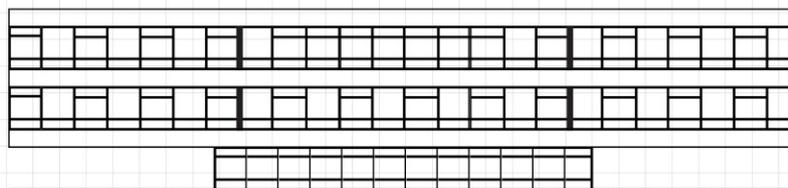
7. Desenhos



planta pavimento tipo



fachadas N e S

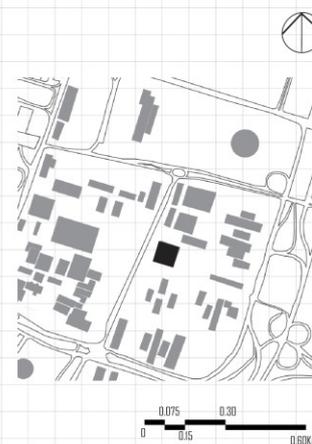
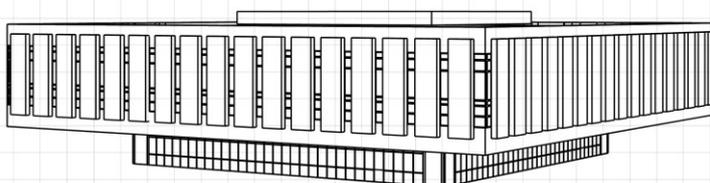


fachadas L e O

ANEXO B

SEDE I, TRF 1

1. Identificação	2. Localização			3. Dados técnicos	
1.1 identificação da obra Edifício Sede I, TRF 1ª Região	1.2 código ED-02	2.1 UF DF	2.2 cidade Brasília	2.3 localidade Asa Sul	3.1 área pavimento tipo 2.770,96 m ²
1.3 autor do projeto Hermano Gomes Montenegro	1.4 ano 1967	2.5 endereço SAU/SUL Quadra 2, Bloco A, Q. 1, 70070-900		2.6 coordenadas 15°48'0.033"S 47°52'48.904"O	3.1 área total edificada 9.444,55 m ²
4. Estrutura Formal			5. Situação		



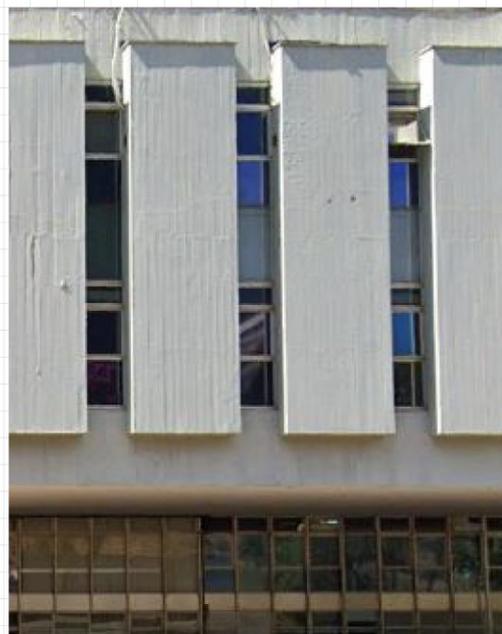
6. Fotografias



fotografia adaptada de Tavares (2021)



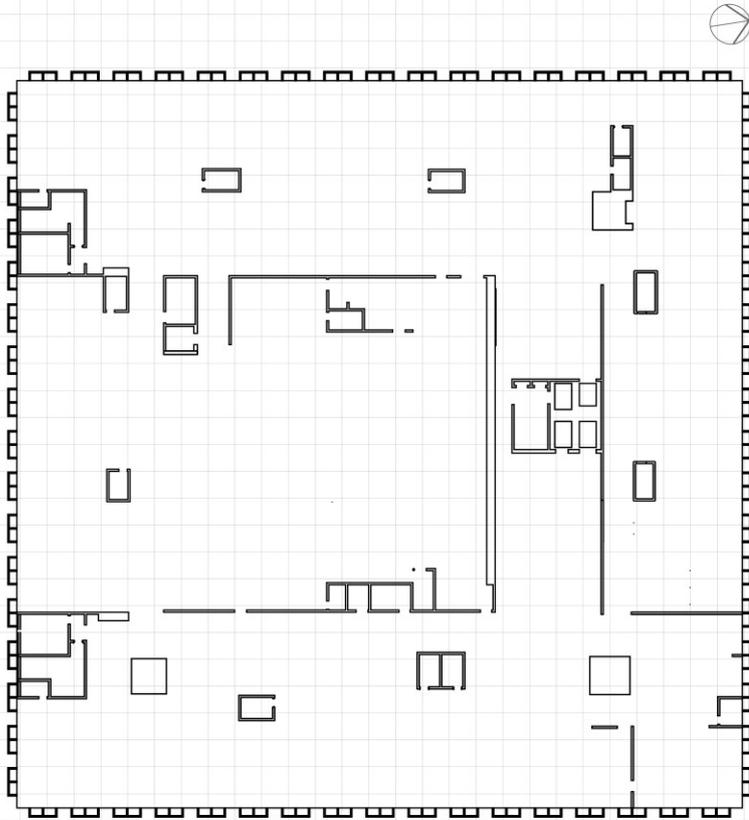
fotografia adaptada de Tavares (2021)



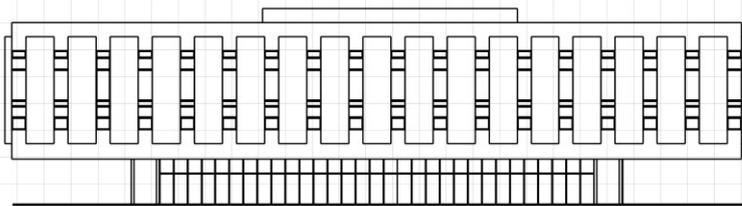
fotografia adaptada de Google Earth (2021)

SEDE I, TRF 1

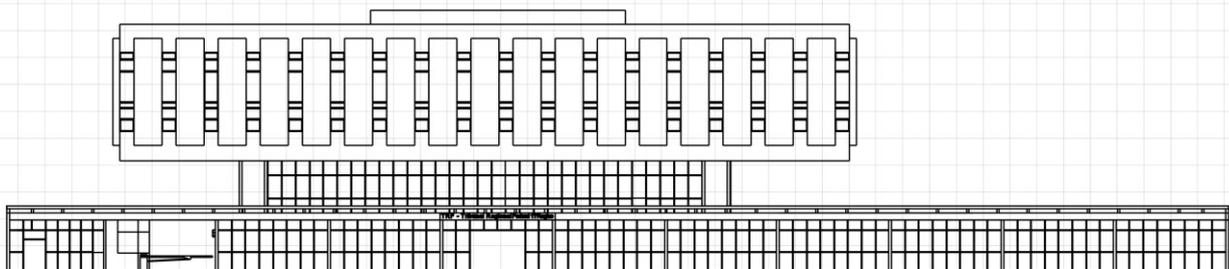
7. Desenhos



planta pavimento tipo



fachadas N, L e O



fachada S

ANEXO C

ANEXO I, TRT 10ª

1. Identificação

1.1 identificação da obra
Anexo I, TRT 10ª Região

1.3 autor do projeto
Hermano Gomes Montenegro

2. Localização

1.2 código
ED-03

1.4 ano
1969

2.1 UF
DF

2.2 cidade
Brasília

2.5 endereço
Setor de Autarquias Sul, Q. 1, Bloco D,
70097-900

3. Dados técnicos

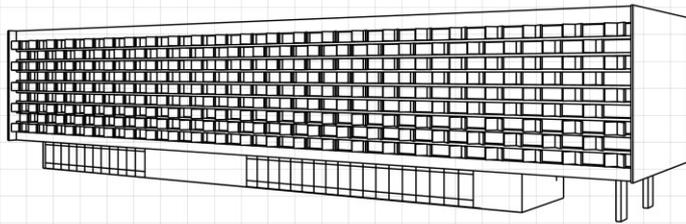
2.3 localidade
Asa Sul

2.6 coordenadas
15°48'13.915"S
47°3'2.581"O

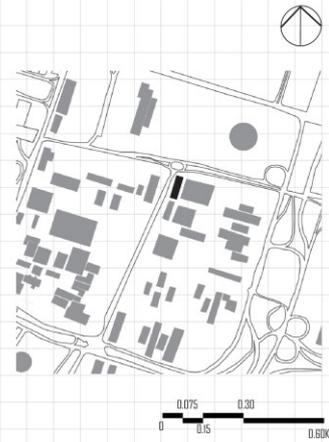
3.1 área pavimento tipo
1435,63 m²

3.1 área total edificada
5742,54 m²

4. Estrutura Formal



5. Situação



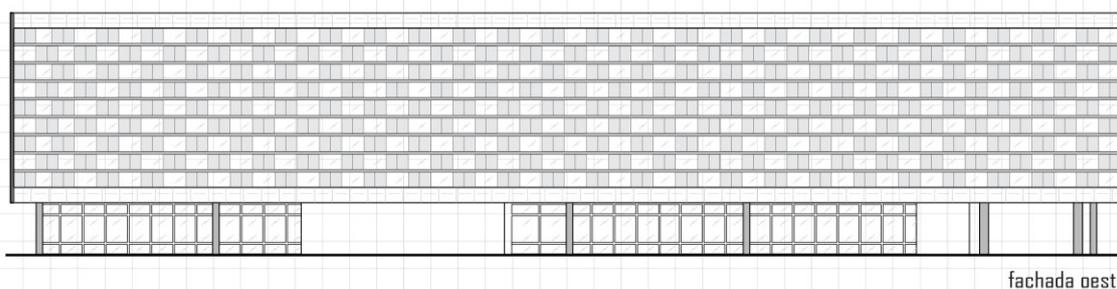
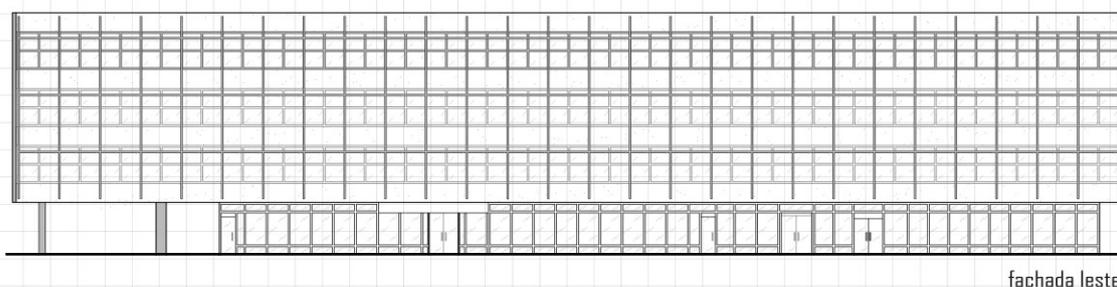
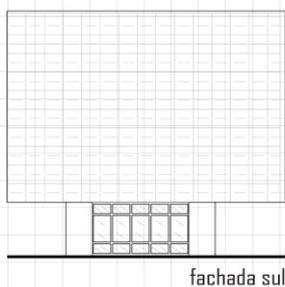
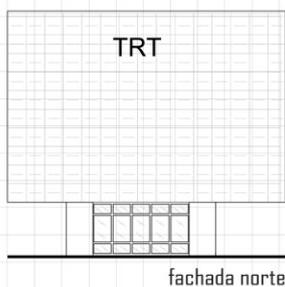
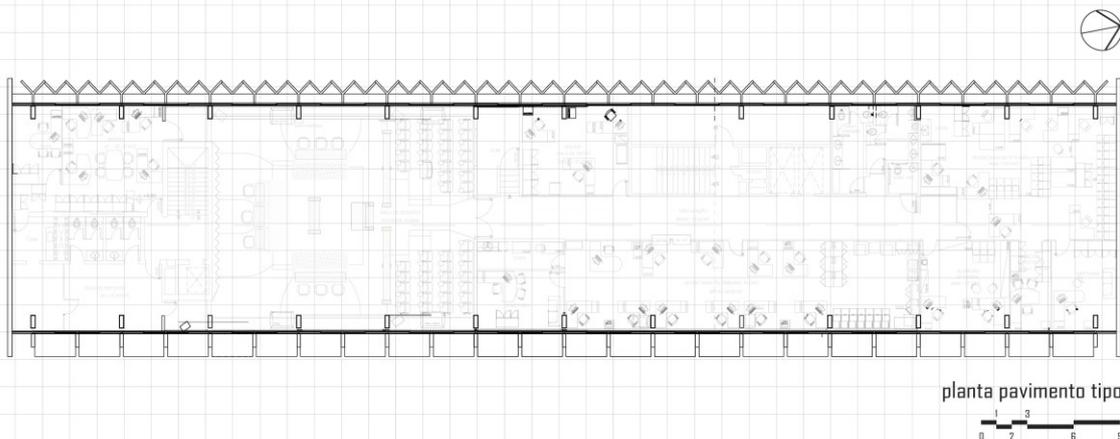
6. Fotografias



fotografia adaptada de Google Earth (2021)

ANEXO I, TRT 10^a

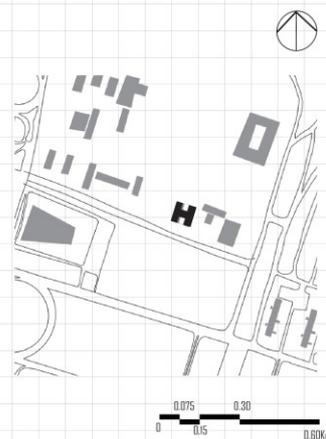
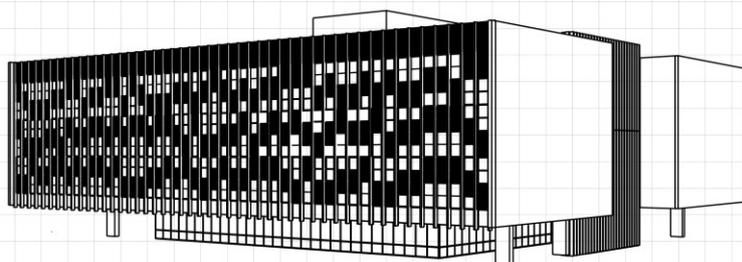
7. Desenhos



ANEXO D

ANM

1. Identificação		2. Localização			3. Dados técnicos	
1.1 identificação da obra Sede Agência Nacional de Mineração	1.2 código ED-04	2.1 UF DF	2.2 cidade Brasília	2.3 localidade Asa Norte	3.1 área pavimento tipo 2201,90 m ²	
1.3 autor do projeto José Francisco Mendes del Peloso	1.4 ano 1972	2.5 endereço Setor de Autarquias Norte, Q. 1, 70040-210		2.6 coordenadas 15°47'29.867"S 47°52'37.493"O	3.1 área total edificada 7475,70 m ²	
4. Estrutura Formal			5. Situação			



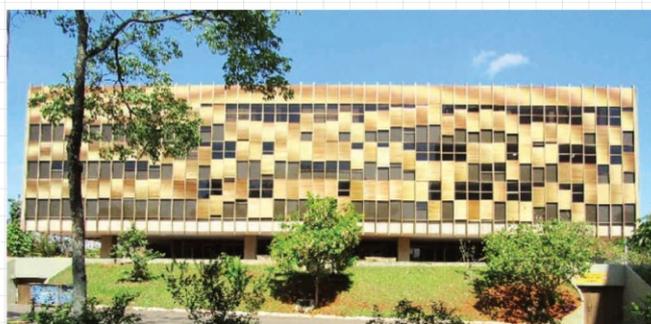
6. Fotografias



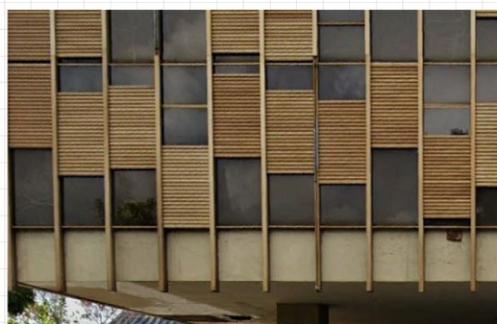
fotografia adaptado de Google Earth (2020)



fotografia de Google Earth (2021)

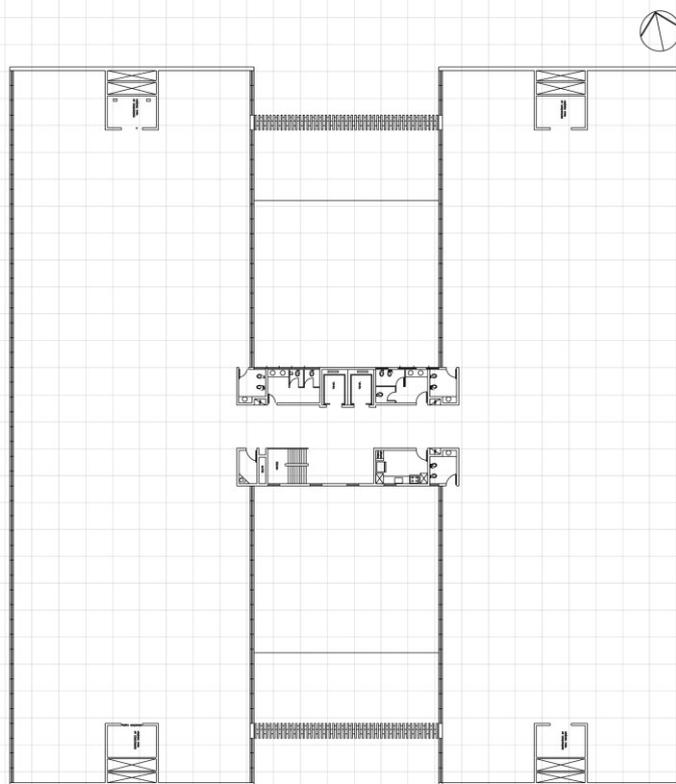


fotografia de Jorge Antônio de Oliveira Júnior

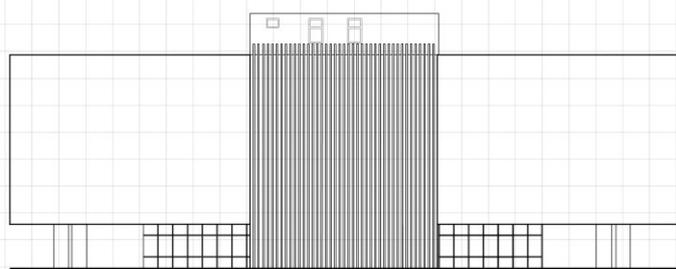


fotografia de Google Earth (2021)

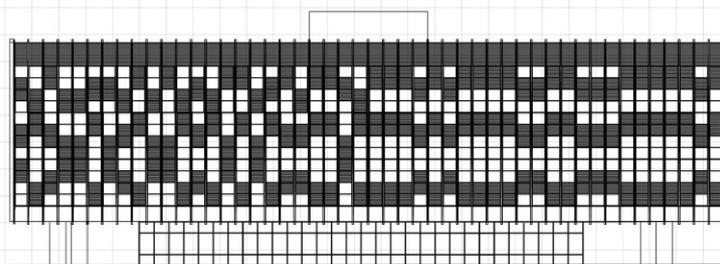
7. Desenhos



planta pavimento tipo



fachadas N e S



fachadas L e O

ANEXO, CEF CULT

1. Identificação

1.1 identificação da obra
Anexo, CEF Cultural

1.3 autor do projeto
João Alfredo Ortigão Friedmann

2. Localização

1.2 código
ED-05

2.1 UF
DF

2.2 cidade
Brasília

2.5 endereço
Setor Bancário Sul, Lotes 3/4, Q. 4,
70092-900, Brasil

3. Dados técnicos

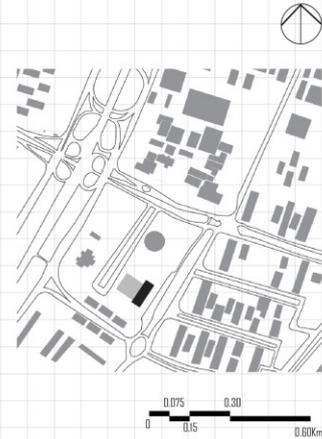
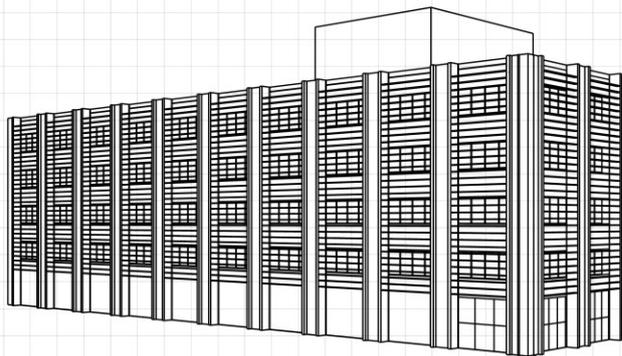
2.3 localidade
Asa Sul

2.6 coordenadas
15°48'13.915"S
47°53'2.581"O

3.1 área pavimento tipo
2500,00 m²

3.1 área total edificada
7750,00 m²

4. Estrutura Formal



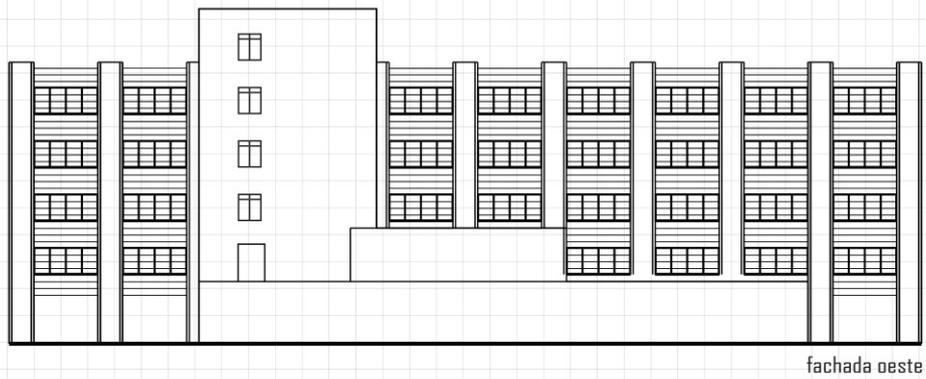
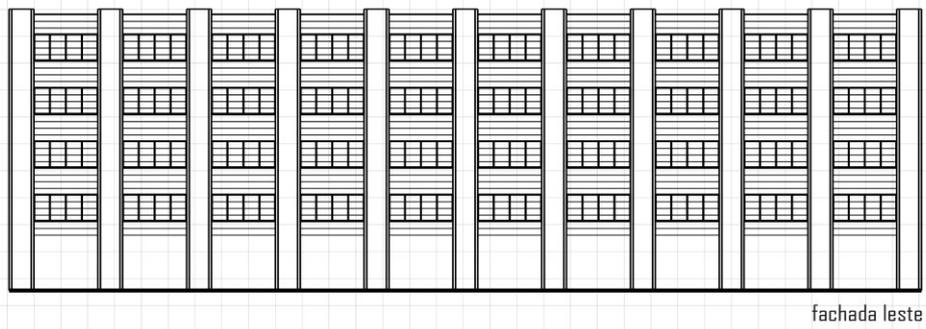
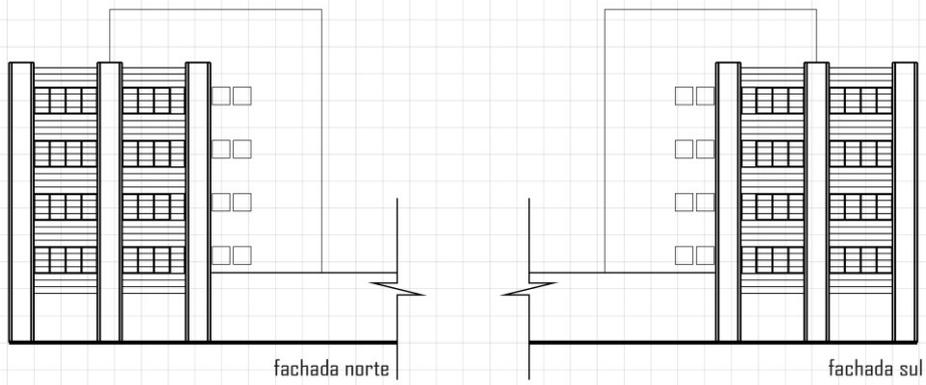
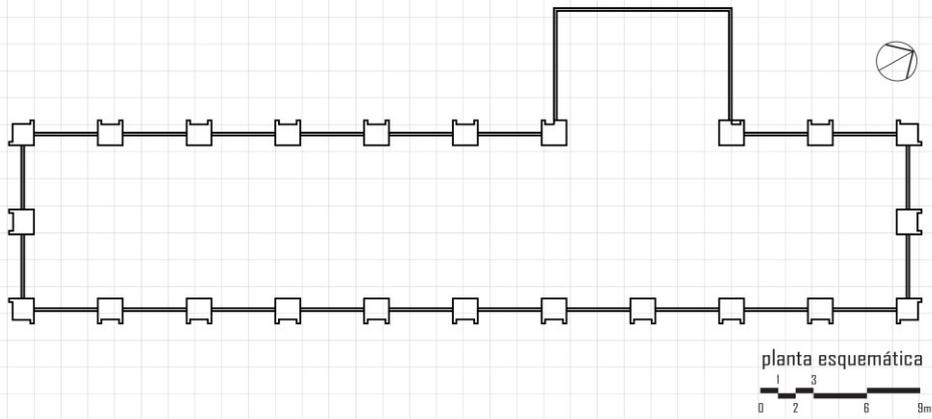
6. Fotografias



fotografia adaptada de Google Earth (2022)

ANEXO, CEF CULT

7. Desenhos



ANEXO F

DNIT

1. Identificação

1.1 identificação da obra
Sede DNIT

1.3 autor do projeto
Rodrigo Lefèvre

1.2 código
ED-06

1.4 ano
1979

2. Localização

2.1 UF
DF

2.5 endereço
Setor de Autarquias Norte, Q. 3, 70297-400

2.2 cidade
Brasília

2.3 localidade
Asa Norte

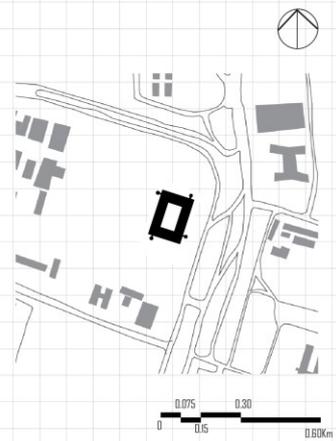
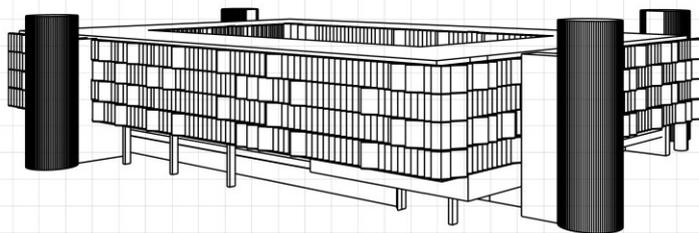
2.6 coordenadas
15°47'23.342"S
47°52'29.771"O

3. Dados técnicos

3.1 área pavimento tipo
9641,07 m²

3.1 área total edificada
57846,43 m²

4. Estrutura Formal

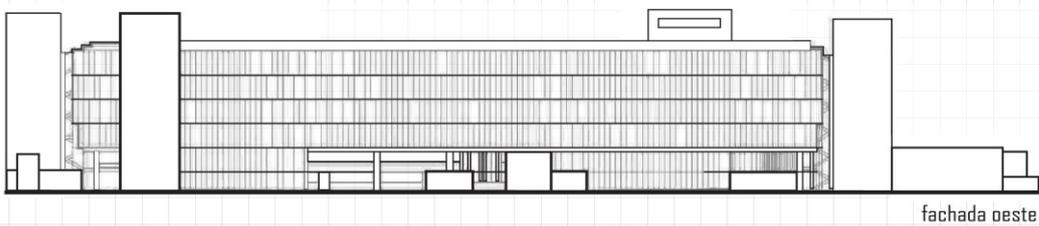
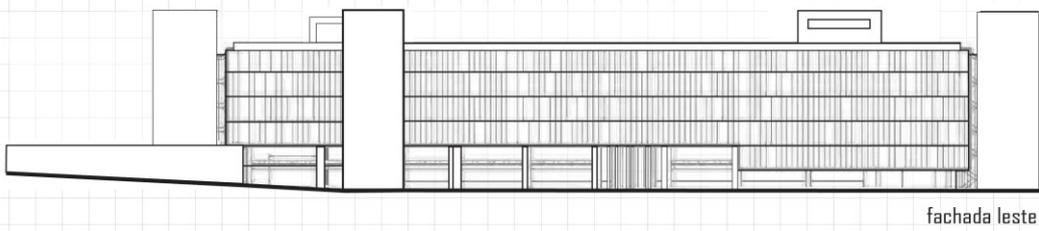
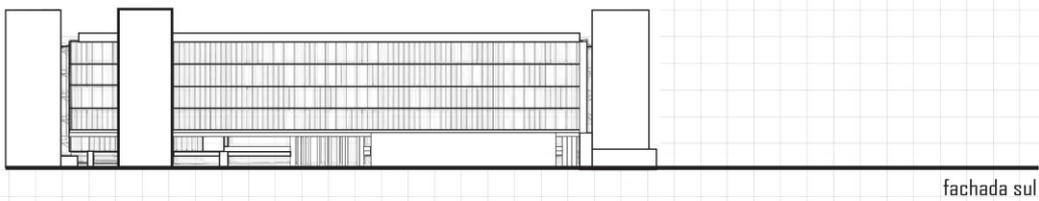
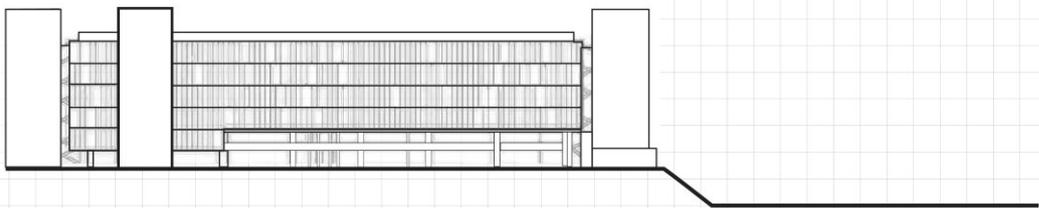
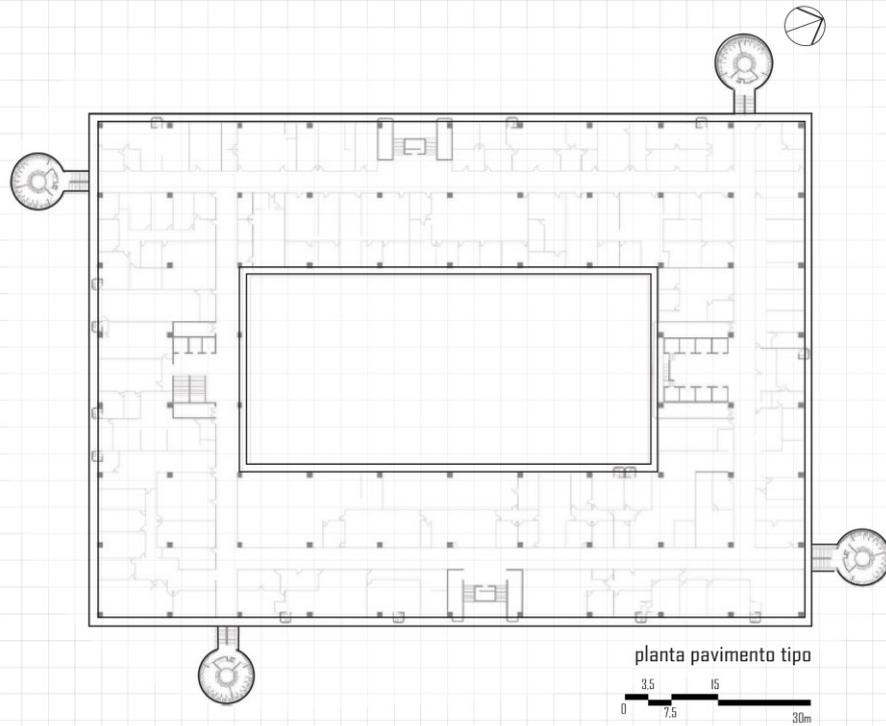


6. Fotografias



fotografias de Jorge Antônio de Oliveira Júnior

7. Desenhos



ANEXO G

INSS - GERÊNCIA EXECUTIVA

1. Identificação

1.1 identificação da obra
Gerência Executiva do INSS

1.3 autor do projeto
Oscar Niemeyer

2. Localização

1.2 código
ED-07

1.4 ano
1962

2.1 UF
DF

2.2 cidade
Brasília

2.5 endereço
Setor de Autarquias Sul, Q. 4, DF, 70297-400,

3. Dados técnicos

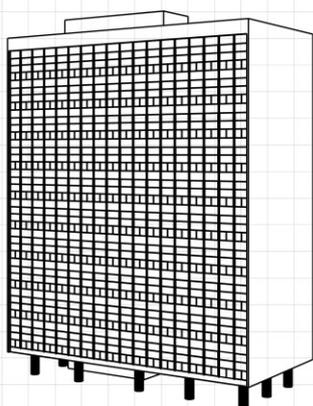
2.3 localidade
Asa Sul

3.1 área pavimento tipo
542,07 m²

2.6 coordenadas
15°48'11.590"S
47°52'49.655"O

3.1 área total edificada
5420,70 m²

4. Estrutura Formal



5. Situação



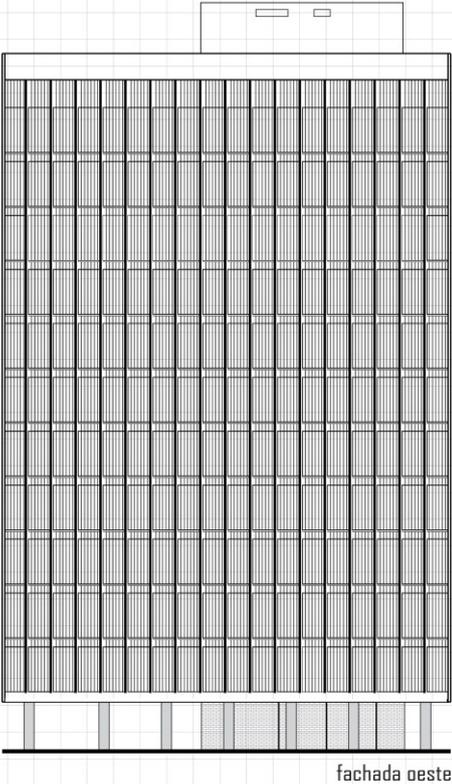
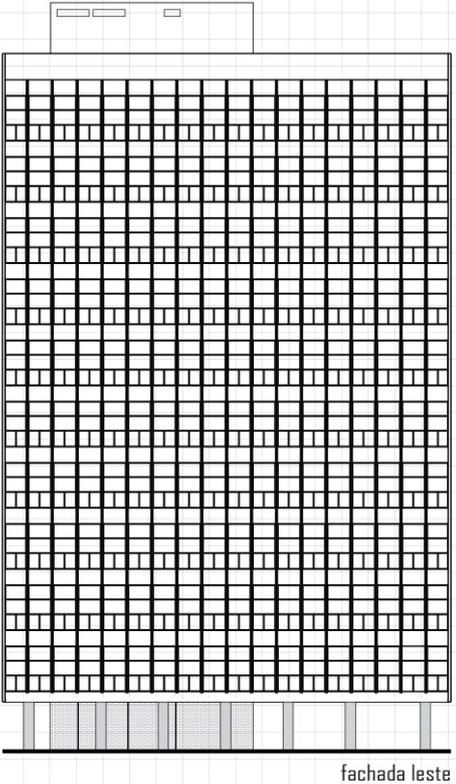
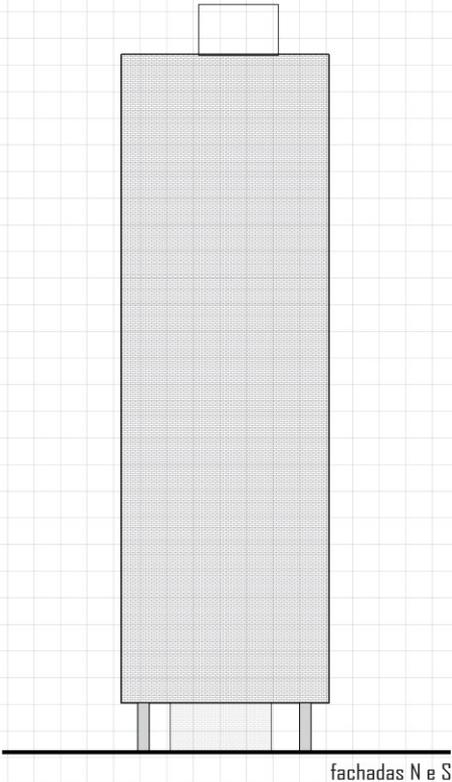
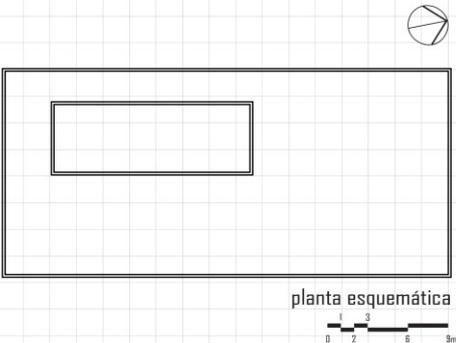
6. Fotografias



fotografias de Google Earth (2022)

INSS - GERÊNCIA EXECUTIVA

7. Desenhos



ANEXO H

MME

1. Identificação

1.1 identificação da obra
Ministério de Minas e Energia

1.3 autor do projeto
Oscar Niemeyer

1.2 código
ED-08

1.4 ano
1960

2. Localização

2.1 UF
DF

2.5 endereço
BL R - Eixo Monumental, 70044-902

2.2 cidade
Brasília

3. Dados técnicos

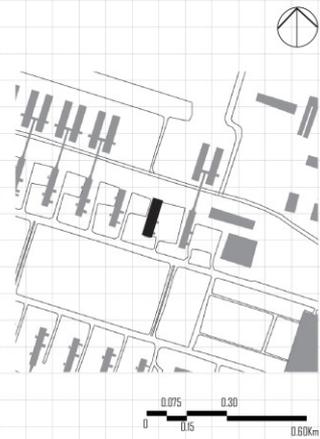
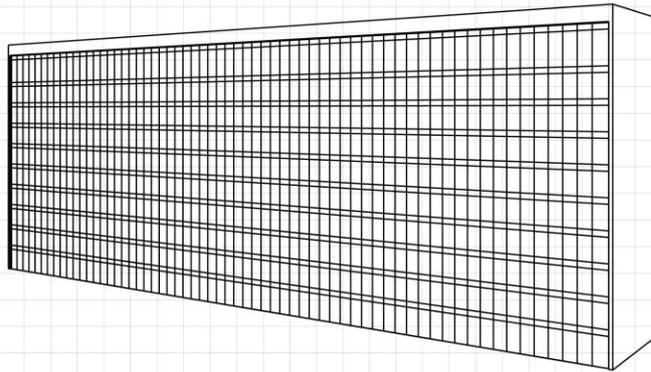
2.3 localidade
Asa Sul

2.6 coordenadas
15°47'49.304"S
47°52'1.946"O

3.1 área pavimento tipo
1794,51 m²

3.1 área total edificada
17945,18 m²

4. Estrutura Formal



6. Fotografias



fotografia adaptada de Eurípedes Souto (2015)



fotografia adaptada de Eurípedes Souto (2015)



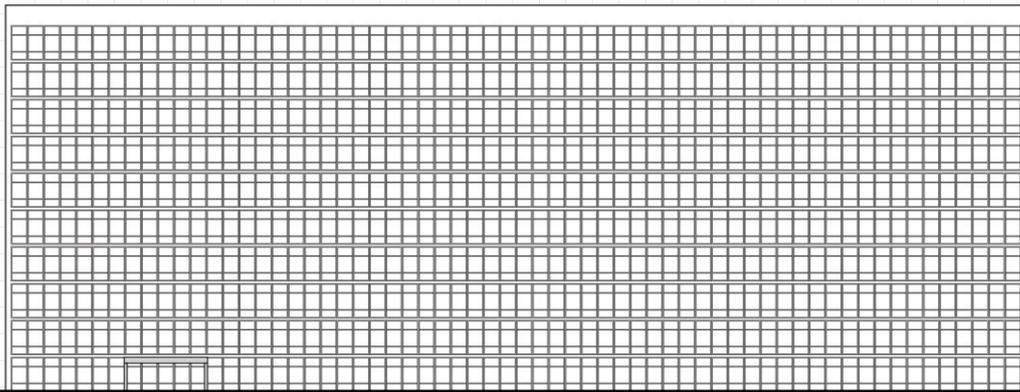
fotografias adaptadas de Google Earth (2022)

MME

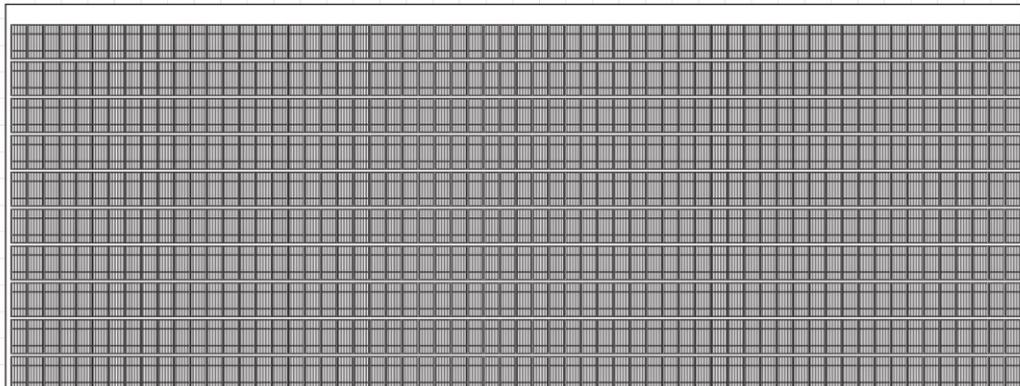
7. Desenhos



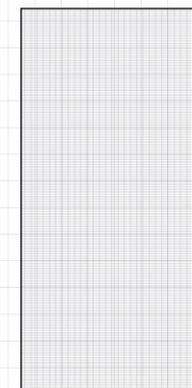
planta pavimento tipo



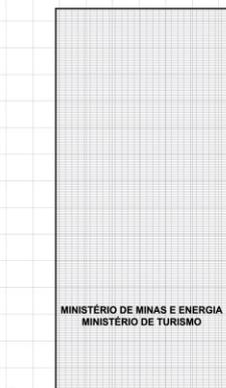
fachada leste



fachada oeste



fachada norte



fachada sul

ANEXO I

SEDE II, TRF 1ª

1. Identificação

1.1 identificação da obra
Sede II, TRF 1ª

1.3 autor do projeto
R. R. Roberto

2. Localização

1.2 código
ED-09

1.4 ano
1978

2.1 UF
DF

2.5 endereço
Setor de Autarquias Sul, Q. 2, 70297-400

2.2 cidade
Brasília

2.3 localidade
Asa Sul

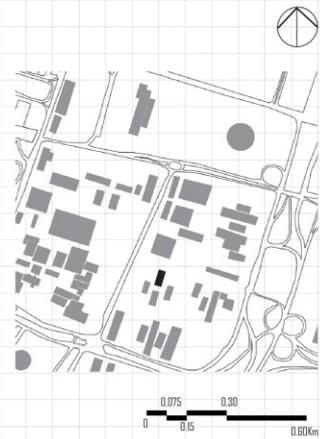
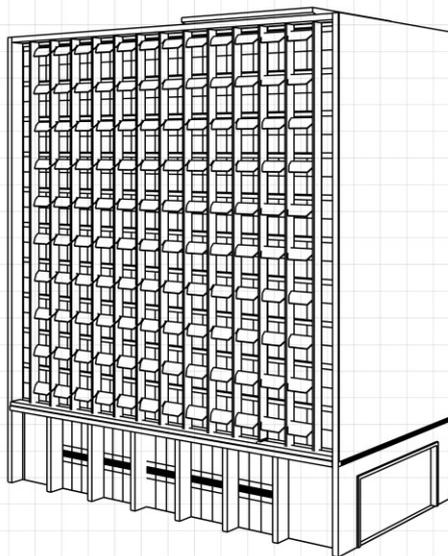
2.6 coordenadas
15° 48' 02.6" S
47° 52' 48.6" O

3. Dados técnicos

3.1 área pavimento tipo
516,97 m²

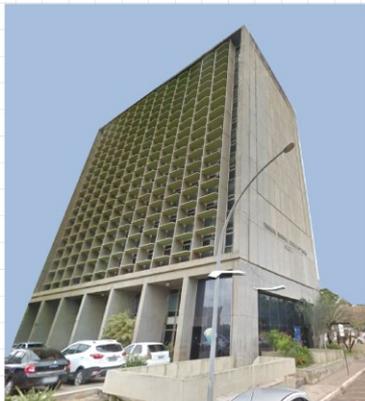
3.1 área total edificada
6203,70 m²

4. Estrutura Formal



5. Situação

6. Fotografias



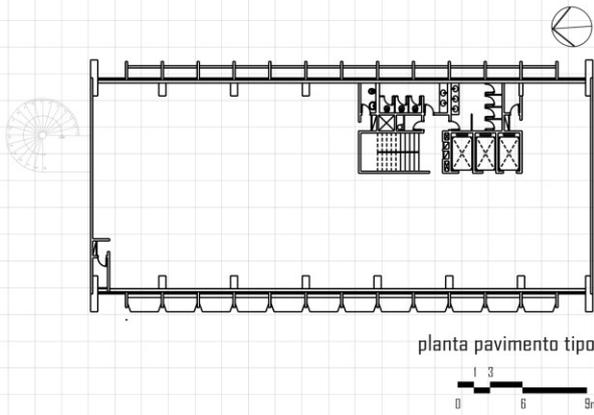
fotografias adaptadas de Google Earth (2022)

ED-09

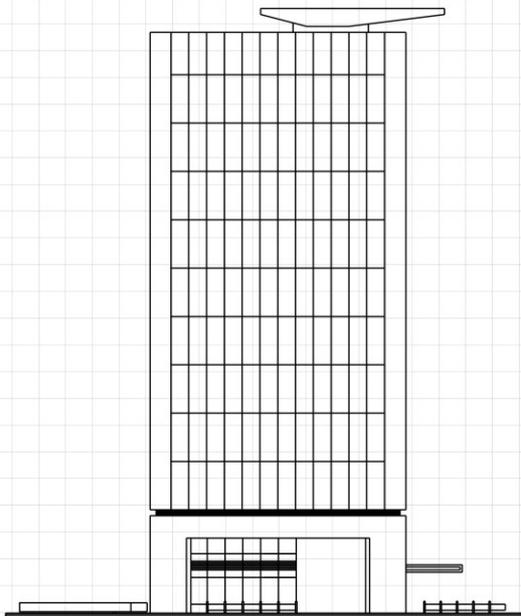
FICHA 01/02

SEDE II, TRF 1ª

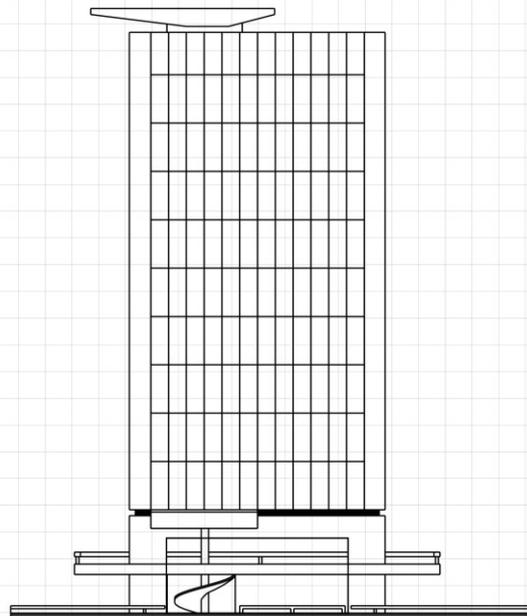
7. Desenhos



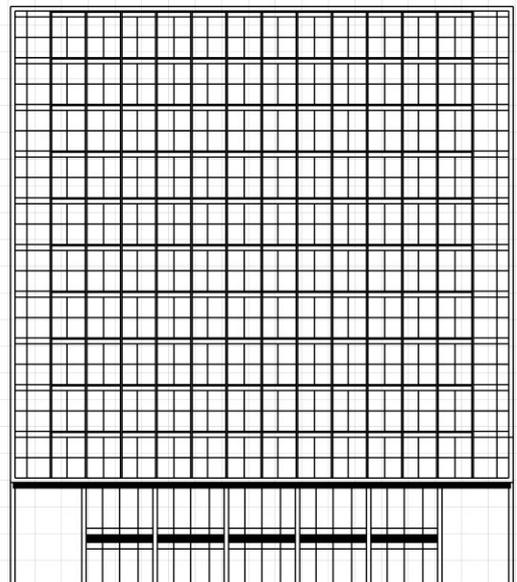
planta pavimento tipo



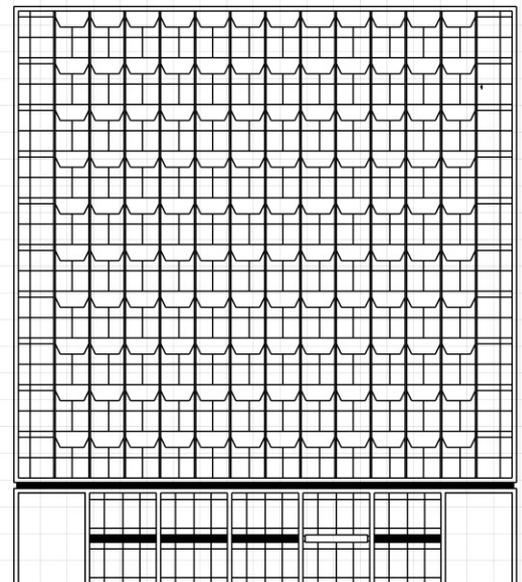
fachada lateral - norte



fachada lateral - sul



fachada posterior - leste



fachada principal - oeste

ANEXO J

TELECOMUNICAÇÕES

1. Identificação

1.1 identificação da obra
Sede Telecomunicações

1.3 autor do projeto
Hélio Ferreira Pinto e Alaôr Savoi de Sena

1.2 código
ED-10

1.4 ano
1966

2. Localização

2.1 UF
DF

2.2 cidade
Brasília

2.5 endereço
Setor Comercial Sul Q. 2, 70354-110

3. Dados técnicos

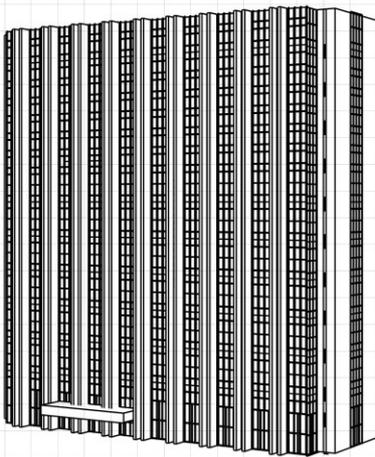
2.3 localidade
Asa Sul

2.6 coordenadas
15°47'48.362"S
47°53'14.095"O

3.1 área pavimento tipo
931,04 m²

3.1 área total edificada
13034,56 m²

4. Estrutura Formal



5. Situação

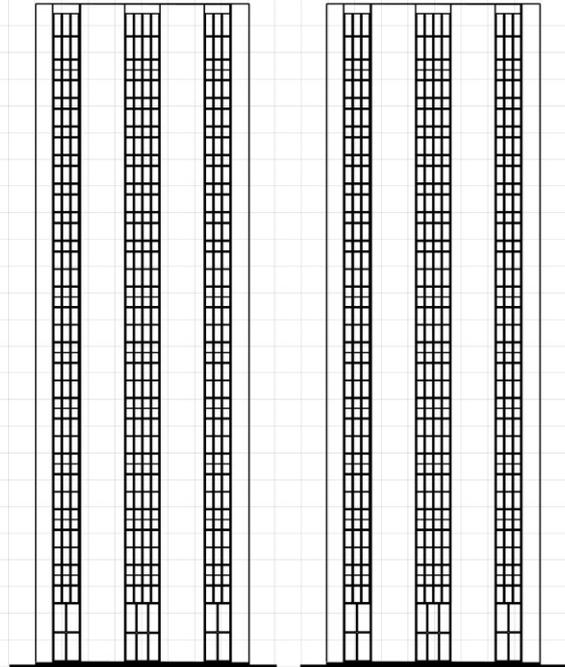
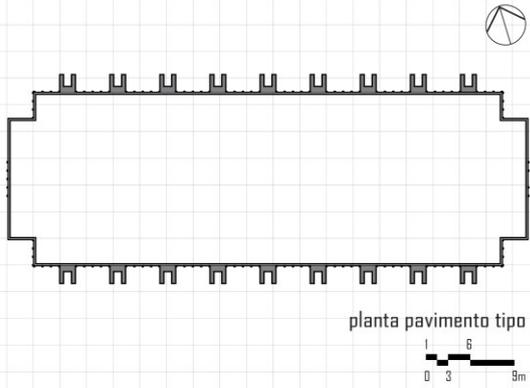
6. Fotografias



fotografias adaptadas de Google Earth (2022)

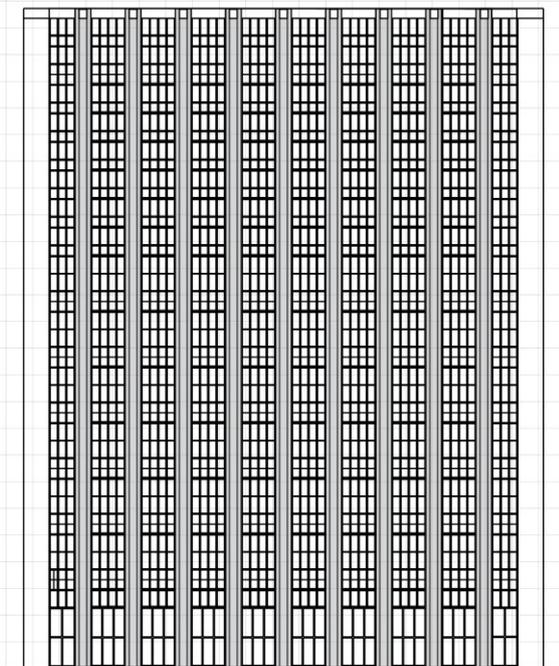
TELECOMUNICAÇÕES

7. Desenhos

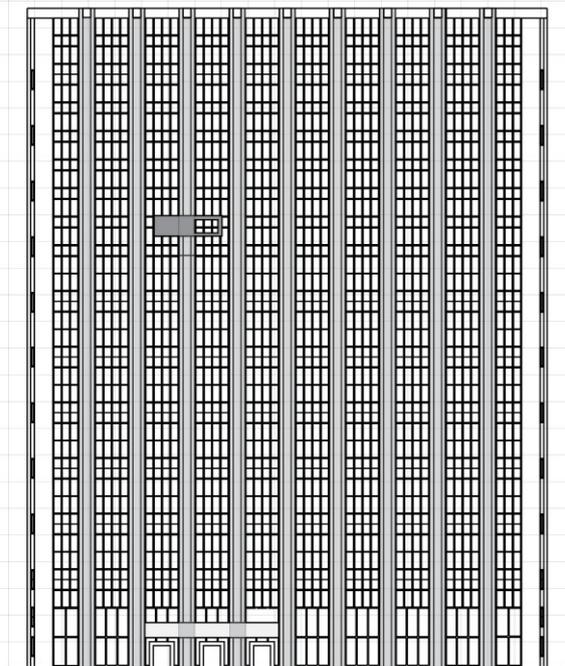


fachada lateral - oeste

fachada lateral - leste



fachada posterior - norte



fachada principal - sul

ANEXO K

SEDE, STM

1. Identificação

1.1 identificação da obra
Sede Superior Tribunal Militar

1.3 autor do projeto
Nauro Jorge Esteves

1.2 código
ED-11

1.4 ano
1971

2. Localização

2.1 UF
DF

2.5 endereço
Setor de Autarquias Sul, Quadra 01,
Setor Bancário Sul Bloco B, 70098-900

2.2 cidade
Brasília

2.3 localidade
Asa Sul

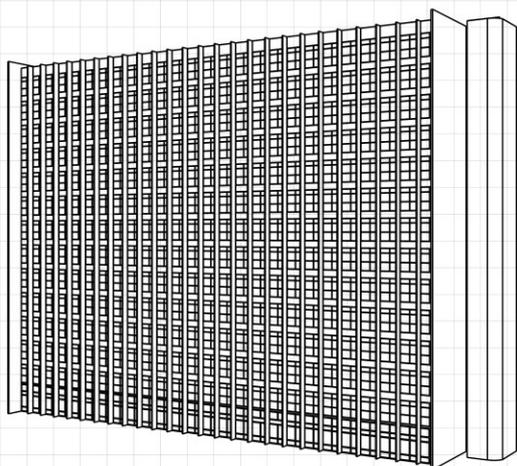
2.6 coordenadas
15°47'59.096"S
47°52'45.297"O

3. Dados técnicos

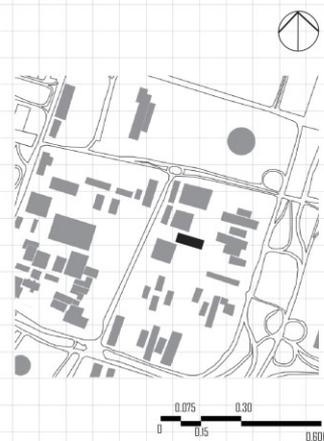
3.1 área pavimento tipo
975,00 m²

3.1 área total edificada
13650,00 m²

4. Estrutura Formal



5. Situação



6. Fotografias



fotografia adaptada de Flickr CNJ



fotografia Pedro Ladeira (2017)



fotografia adaptada de Google Earth (2021)



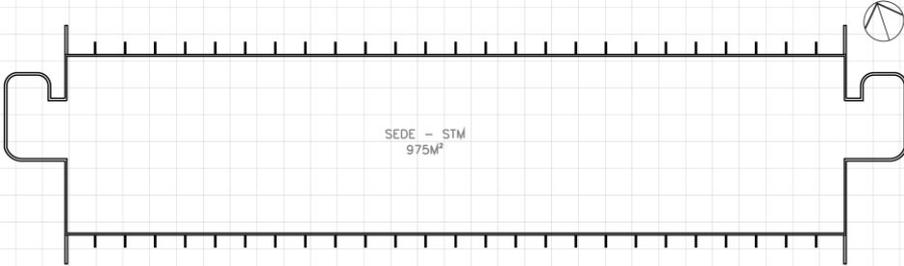
fotografia adaptada de Google Earth (2022)



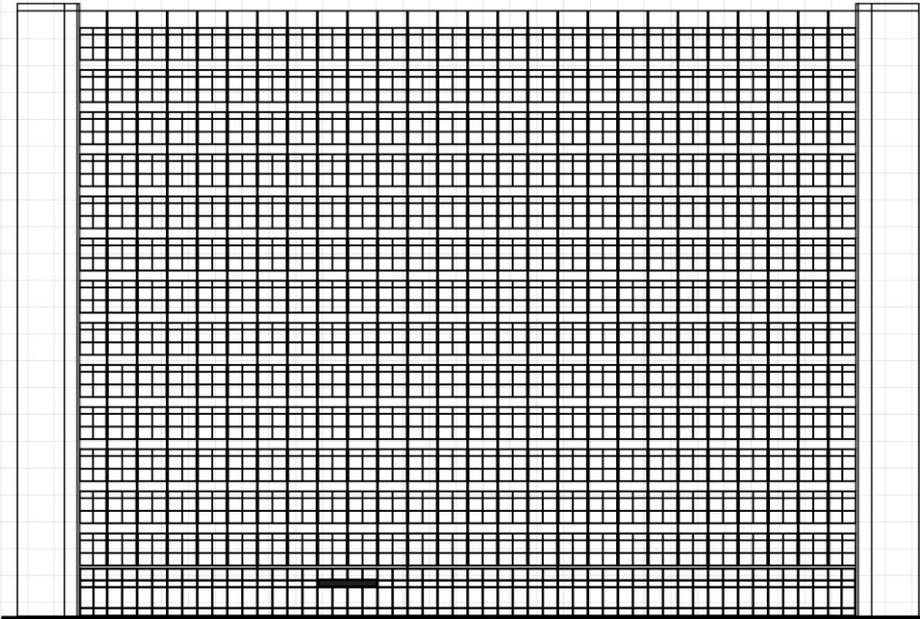
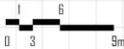
fotografia de Augusto Costa F. (2013)

SEDE, STM

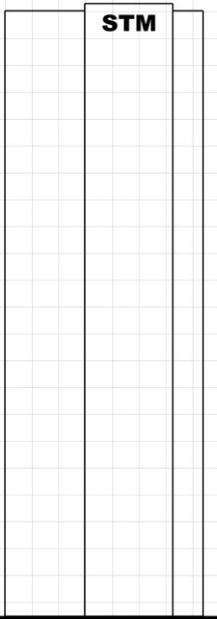
7. Desenhos



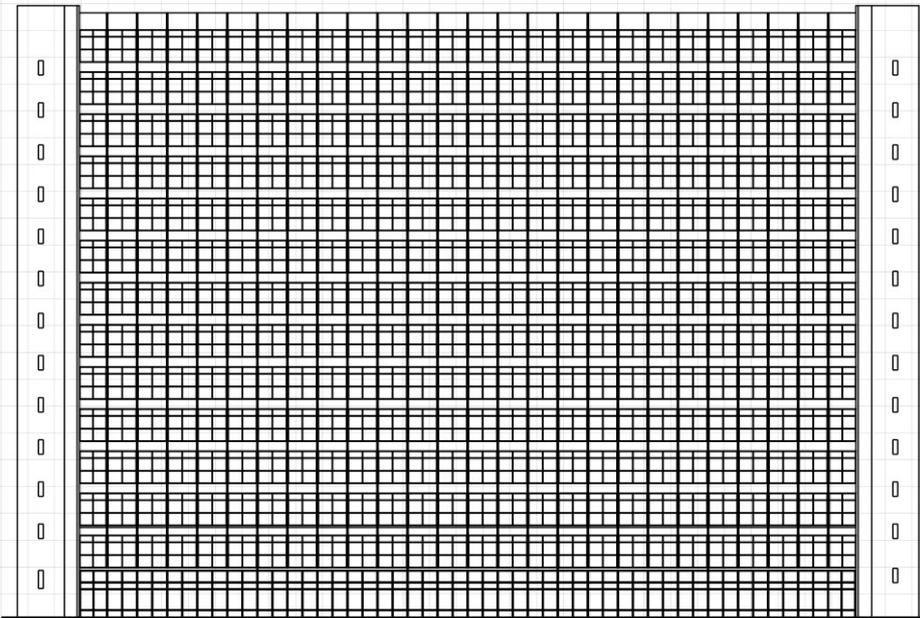
planta pavimento tipo



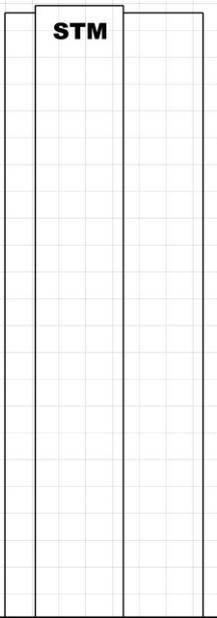
fachada principal - sul



fachada lateral - leste



fachada posterior - norte



fachada lateral - oeste

MORRO VERMELHO

1. Identificação

1.1 identificação da obra
Morro Vermelho

1.3 autor do projeto
João Filgueiras Lima

1.2 código
ED-12

1.4 ano
1974

2. Localização

2.1 UF
DF

2.5 endereço
SCS Q. 01 BL H - Asa Sul, Brasília - DF,
70399-900, Brasil

2.2 cidade
Brasília

2.3 localidade
Asa Sul

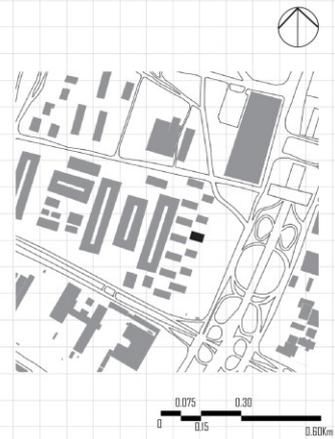
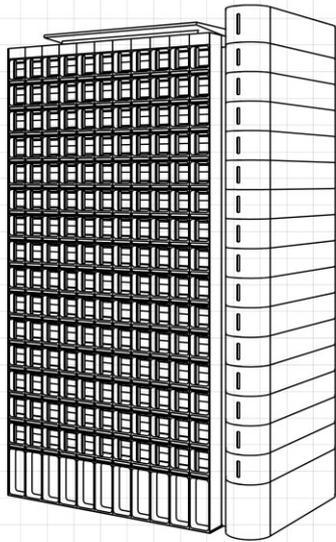
2.6 coordenadas
15°47'52.9"S
47°53'10.0"O

3. Dados técnicos

3.1 área pavimento tipo
527,79 m²

3.1 área total edificada
8444,62 m²

4. Estrutura Formal



6. Fotografias



fotografia de Fred Schueler



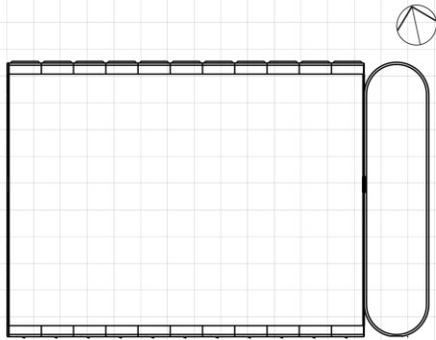
fotografia de Google Earth (2023)



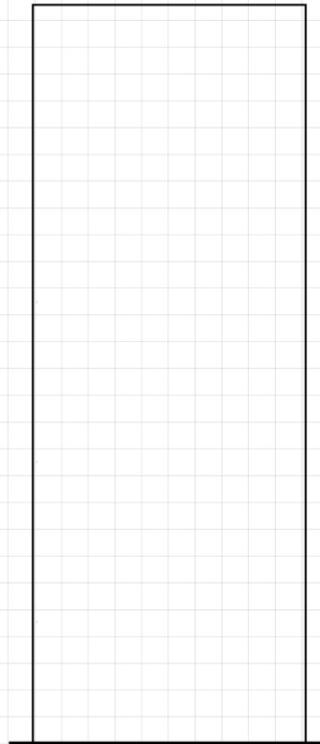
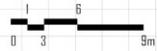
fotografia de Google Arts

MORRO VERMELHO

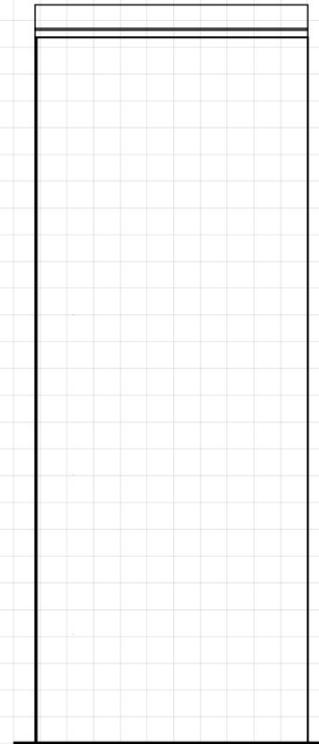
7. Desenhos



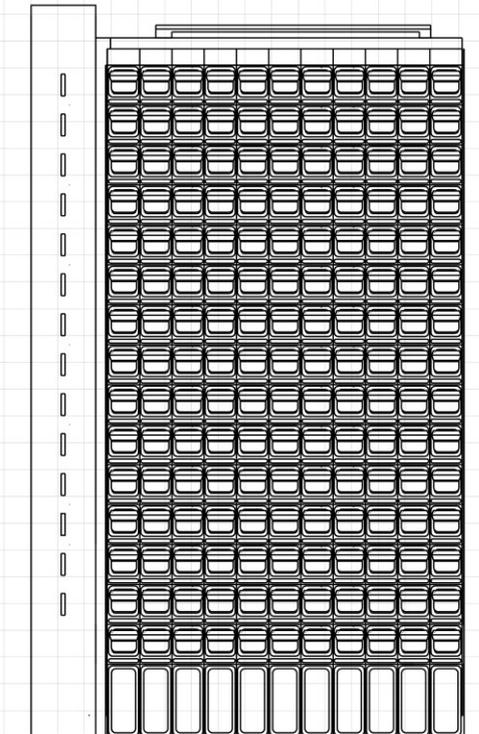
planta pavimento tipo



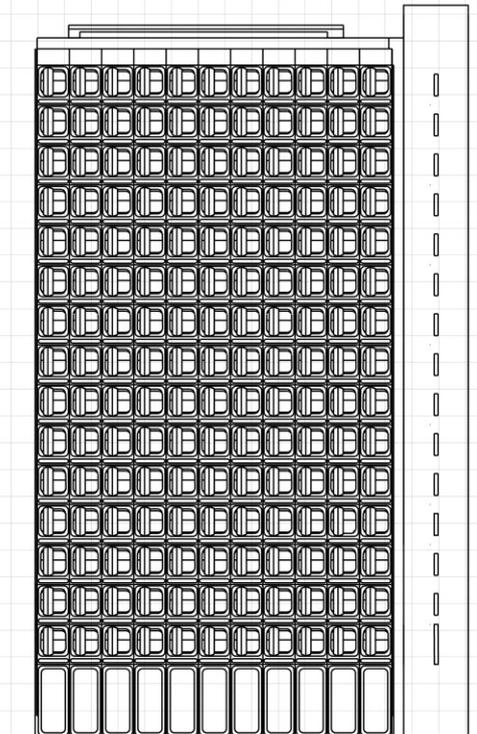
fachada lateral - leste



fachada lateral - oeste



fachada posterior - norte



fachada principal - sul



Universidade de Brasília
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo