



Universidade Federal do Rio de Janeiro

Faculdade de Arquitetura e Urbanismo

PROARQ – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura

TESE

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM OBRAS DE REABILITAÇÃO PREDIAL NO
SERVIÇO PÚBLICO: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR O
PROCESSO DE DECISÃO PROJETUAL

PATRÍCIA TEIXEIRA DA COSTA MATTOS

Área de concentração: QUALIDADE, AMBIENTE E PAISAGEM

Linha de Pesquisa: ARQUITETURA, PROJETO E SUSTENTABILIDADE

Projeto de Pesquisa: ABORDAGEM MULTICRITÉRIO PARA O PROJETO DE
EDIFICAÇÕES SUSTENTÁVEIS

Professor responsável: LEOPOLDO EURICO GONÇALVES BASTOS

Dedico à minha mãe
(in memoriam)
por sempre ter estimulado
o caminho dos estudos.

CIP - Catalogação na Publicação

M444e MATTOS, PATRICIA TEIXEIRA DA COSTA
 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM OBRAS DE REABILITAÇÃO
 PREDIAL NO SERVIÇO PÚBLICO: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA
 PARA ORIENTAR O PROCESSO DE DECISÃO PROJETUAL /
 PATRICIA TEIXEIRA DA COSTA MATTOS. -- Rio de
 Janeiro, 2025.
 216 f.

 Orientador: LEOPOLDO EURICO GONÇALVES BASTOS.
 Tese (doutorado) - Universidade Federal do Rio
 de Janeiro, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo,
 Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, 2025.

 1. Eficiência energética. 2. Edifícios públicos.
 3. Reabilitação. 4. Retrofit. I. BASTOS, LEOPOLDO
 EURICO GONÇALVES , orient. II. Título.

Elaborado pelo Sistema de Geração Automática da UFRJ com os dados fornecidos pelo(a) autor(a), sob a responsabilidade de Miguel Romeu Amorim Neto - CRB-7/6283.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter iluminado toda a trajetória de desenvolvimento desta tese, sustentando-me com força e discernimento em todos os momentos.

À minha filha, fonte inesgotável de inspiração e por quem desejo ser sempre uma pessoa melhor.

Ao meu marido e companheiro, pela escuta atenciosa e propositiva, especialmente nos momentos mais desafiadores deste trabalho. Sua forma objetiva de pensar foi fundamental para a organização das ideias que sustentam esta tese.

À minha amiga Cris, por ser minha leal confidente e por sempre estimular minhas conquistas com afeto, presença e palavras de incentivo.

Ao meu orientador, professor Leopoldo, por sua escuta aberta e generosa. Sua postura propositiva, jamais impositiva, me permitiu trilhar um caminho próprio, mas sempre sustentado por sua vasta experiência e discernimento.

Ao meu primeiro chefe no IBGE, Brivaldo — cujo compromisso real com a profissão de gestor e arquiteto me inspirou na busca pela clareza que culminou na elaboração desta tese — e Sérgio Cortes, que apoiou meu ingresso na área da arquitetura e a quem eu gostaria muito que visse que sua ação não foi em vão, mas sim gerou frutos para a instituição.

À amiga Mariângela, competente colega de trabalho que me inspirou profundamente com seu exemplo de apoio, amizade e dedicação, sem nunca perder o alto astral.

Aos meus chefes imediatos, Pedro, Humberto e Ernandes, que me honraram com seu apoio e confiança ao longo da realização deste doutorado.

À banca examinadora, que com sua visão responsável, leitura atenta e contribuições objetivas, estimulou o aprimoramento deste trabalho, colaborando decisivamente para o alcance de suas metas.

Aos profissionais engajados que tive o prazer de encontrar ao longo da trajetória de desenvolvimento da tese:

Gustavo Contijo, da RedEE, por seu notável engajamento na disseminação do diagnóstico energético no setor público. Seu trabalho não apenas me ajudou diretamente na elaboração desta tese, mas tornou esse caminho muito mais

acessível para outras instituições. Foi inspirador conhecer um profissional tão comprometido com a causa.

Engenheiro mecânico Alexandre Dalescio, pela colaboração e prontidão em ajudar.

Clarice Degani (CBCS) e ao professor Roberto Lamberts (LABEEE), por sua disponibilidade e pelo legado de seus trabalhos, amplamente explorado nesta pesquisa.

Matheus Soares Geraldi, da equipe do professor Lamberts, pela valiosa ajuda com equações do benchmarking.

Alice Dias, pela competência e profundo conhecimento na área de certificação ENCE e aplicação da INI-C, com quem pude esclarecer várias dúvidas.

O técnico eletricitista Roberto, que me acompanhou em todo o levantamento com grande profissionalismo, generosidade e respeito.

E, por fim, a todos aqueles que, mesmo não mencionados individualmente, deixaram marcas de generosidade, apoio ou colaboração ao longo deste processo. Saibam que sua contribuição está presente nesta conquista.

“Sem dados, você é apenas mais uma pessoa com uma opinião.”

— W. Edwards Deming

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM OBRAS DE REABILITAÇÃO NO SERVIÇO PÚBLICO: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR AO PROCESSO DE DECISÃO PROJETUAL

RESUMO:

O objetivo da tese diz respeito ao desenvolvimento de uma proposta com base argumentativa e estruturada com a finalidade de subsidiar a inclusão de ações de eficiência energética (AEE) em projetos de reabilitação de prédios públicos de escritórios. Constata-se uma recorrente ausência nos processos de reabilitação predial da consideração de estratégias para fins de eficiência energética. Como subsídio à resolução do problema, desenvolveu-se uma metodologia com base lógica capaz de integrar o planejamento energético aos processos de reabilitação. A metodologia foi aplicada a um contexto real de planejamento da contratação de *retrofit* para um complexo predial do IBGE, seguindo uma abordagem de pesquisa-ação, o que possibilitou explorar a aplicabilidade da proposta, identificar desafios e extrair aprendizados para sua replicação. A base argumentativa foi organizada sob cinco etapas: (1) mapeamento de oportunidades, (2) previsão e recomendação de AEE, (3) análise de viabilidade, (4) escolha das AEE e (5) planejamento da medição e verificação (M&V). A metodologia estabelecida também foi comparada com o Guia para Eficiência Energética nas Edificações Públicas, demonstrando-se uma compatibilidade de diretrizes. Além disso, a estrutura modular metodológica oferece maior flexibilidade para compor diferentes arranjos contratuais, adaptando-se a diversos contextos da administração pública. A aplicação da metodologia no caso estudado revelou gargalos como a falta de articulação entre questões construtivas e as AEE, carência de capacitação técnica, entraves contratuais e a inexistência de um Sistema de Gestão de Energia (SGE) na Instituição. Ainda assim, o modelo mostrou-se promissor para apoiar decisões que vão de reformas pontuais a *retrofits* completos, promovendo uma lógica de melhoria contínua. Finalmente são propostas diretrizes para replicação, com ênfase na integração entre o SGE e o Plano de Logística Sustentável (PLS), o que contribui para alinhar os objetivos de eficiência energética às decisões técnicas e orçamentárias da gestão pública.

Palavras-chave: Eficiência energética, Edifícios públicos, Reabilitação, *Retrofit*

ENERGY EFFICIENCY IN REHABILITATION WORKS IN PUBLIC SERVICE: A METHODOLOGICAL PROPOSAL TO GUIDE THE DESIGN DECISION-MAKING PROCESS

ABSTRACT

The aim of this thesis is to develop a structured argumentative framework to support the inclusion of Energy Efficiency Actions (EEAs) in rehabilitation projects for public office buildings. A recurring issue in building rehabilitation processes is the lack of consideration for energy efficiency strategies. To address this, a logically based methodology was developed to integrate energy planning into rehabilitation processes. The methodology was applied in a real context involving the planning of a *retrofit* contract for an IBGE building complex, following an action research approach. This allowed the exploration of the proposal's applicability, the identification of challenges, and the extraction of lessons for replication. The argumentative framework was organized into five stages: (1) mapping of opportunities, (2) forecasting and recommendation of EEAs, (3) feasibility analysis, (4) selection of EEAs, and (5) planning of measurement and verification (M&V). The established methodology was also compared with the Guide for Energy Efficiency in Public Buildings, demonstrating compatibility of guidelines. Moreover, its modular structure provides flexibility for composing different contractual arrangements, adapting to various contexts of public administration. The application of the methodology in the case study revealed critical issues such as the lack of integration between constructive aspects and EEAs, shortage of technical training, contractual constraints, and the absence of an Energy Management System (EMS) within the institution. Nevertheless, the model proved to be promising in supporting decisions ranging from targeted renovations to full *retrofits*, promoting a logic of continuous improvement. Finally, guidelines for replication are proposed, with emphasis on integrating the EMS with the Sustainable Logistics Plan (SLP), contributing to the alignment of energy efficiency goals with the technical and budgetary decisions of public management.

Keywords: Energy efficiency, Public buildings, Rehabilitation, *Retrofit*.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Processo de reabilitação de edifícios sustentáveis	15
Figura 2: A inserção da vida útil no ciclo de vida da edificação	23
Figura 3: Esquema de dependência dos elementos para a vida útil.	24
Figura 4: Relação entre deterioração e obsolescência	25
Figura 5: Obsolescência, deterioração e depreciação	25
Figura 6: Hierarquia dos métodos de engenharia diagnóstica em edificações	30
Figura 7: Modelo de Sistema de gestão da norma ISO 50.001	36
Figura 8: Exemplo de gráfico de bolha utilizado na seleção de oportunidades	43
Figura 9: Resumo do processo de avaliação global de desempenho	53
Figura 10: Gráfico das temperaturas	59
Figura 11: Gráfico de Umidade Relativa	60
Figura 12: Rosa dos ventos da cidade do Rio de Janeiro	60
Figura 13: Carta psicométrica da cidade do Rio de Janeiro	61
Figura 14: Gráfico de percentagens das condições de conforto	61
Figura 15: Unidade do IBGE, situada na Rua General Canabarro (em Vermelho)	63
Figura 16: Uso do solo e localização dos pontos de observação.	64
Figura 17: Planta de situação do complexo General Canabarro	65
Figura 18: Área útil total (1º gráfico) área específica (2º gráfico)	66
Figura 19: Indicação das fachadas do Bloco A	70
Figura 20: Fachada NO (Bloco A)	70
Figura 21: Fachada original do prédio principal do complexo da Canabarro	71
Figura 22: Consumo típico e de boas práticas equação do benchmarking	78
Figura 23: Comparação dos usos finais com o Benchmarking do CBCS	81

Figura 24: Fluxograma ilustrativo contratação do projeto de <i>retrofit</i>	95
Figura 25: Agrupamento Guia Eficiência Energética Edificações Públicas	98

Figura A 1: Mancha de umidade	144
Figura A 2: Armadura exposta	145
Figura A 3: QGBT com acesso a partes vivas das instalações	147
Figura A 4: Quadro de distribuição com acesso a partes vivas	148
Figura A 5: Instalações elétricas inadequadas	149
Figura A 6: Presença de faixa envidraçada na parte superior das paredes	151
Figura A 7: Sombreamento pela vegetação (Fachada NO)	152
Figura A 8: Ausência de rota de fuga	160
Figura A 9: Tubulação do barrilete em processo de corrosão	163
Figura A 10: Caixas de captação de água pluvial em local inadequado	164
Figura A 11: Instalações hidrossanitárias inadequadas	164
Figura A 12: Evidências das redes de dutos antigos	171

Figura B 1: Presença de buchas antigas	178
Figura B 2: Fachada SEa (Bloco A)	178
Figura B 3: Fachada SEb (Bloco A)	179
Figura B 4: Carta solar fachada SE (Bloco A)	180
Figura B 5: Fachada NEa (Bloco A)	181
Figura B 6: Fachada NEb (Bloco A)	182
Figura B7: Fachada NE (Bloco B)	183
Figura B 8: Fachada SO (Bloco A)	188
Figura B 9: Fachada SO (Bloco B)	189

Figura C 1: Coberturas Bloco A

213

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Contexto da implementação do método proposto	6
Quadro 2: Indicadores de viabilidade econômico-financeira	21
Quadro 3: Componentes verificação inspeção predial	32
Quadro 4: Classificação dos graus de comprometimento da matriz GUT	34
Quadro 5: Benefícios do <i>benchmarking</i>	47
Quadro 6: Estruturação e elaboração do questionário	54
Quadro 7: Fachada NEb (Bloco A) e NE (Bloco B)	71
Quadro 8: Carta solar e gráfico de sombras da fachada NEb (Bloco A)	71
Quadro 9: Carta solar e gráfico de sombras da fachada NE (Bloco B)	72
Quadro 10: Fachada SO (Bloco A) e fachada SO (Bloco B)	73
Quadro 11: Carta solar e gráfico de sombras da fachada SO (Bloco A)	73
Quadro 13: Carta solar e gráfico de sombras da fachada SO (Bloco A)	74
Quadro 13: Consumo de boas práticas e típico de acordo com o uso final	79
Quadro 15: Mapeamento das ações de eficiência energética (AEE).	88
.....	
Quadro A 1: Pesos atribuídos ao aspecto Gravidade (G) – Método GUT	140
Quadro A 2: Pesos atribuídos ao aspecto Urgência (U) – Método GUT	141
Quadro A 3: Pesos atribuídos ao aspecto Tendência (T) – Método GUT	141
Quadro A 4: Tabela de pontuação das prioridades de execução	141
Quadro A 5: Abrangência das ações corretivas.	144
Quadro A 6: Abrangência anomalias instalações elétricas Bloco A	147
Quadro A 7: Abrangência anomalias sistema estrutural	150
Quadro A 8: Abrangência anomalias sistema elétrico Bloco C	150
Quadro A 9: Abrangência anomalias cabeamento estruturado Bloco A.	152

Quadro A 10: Abrangência anomalias cabeamento estruturado Bloco B.	153
Quadro A 11: Abrangência anomalias impermeabilização da laje Bloco A .	154
Quadro A 12: Abrangência anomalias impermeabilização Bloco B	155
Quadro A 13: Abrangência anomalias alvenarias e vedações Bloco A	156
Quadro A 14: Abrangência anomalias alvenarias e vedações Bloco B	157
Quadro A 15: Abrangência anomalias alvenarias e vedações Bloco C	157
Quadro A 16: Abrangência anomalias alvenarias e vedações Bloco D	158
Quadro A 17: Abrangência anomalias prevenção e combate a incêndio Bloco A	159
Quadro A 18: Abrangência anomalias prevenção e combate a incêndio Bloco B	161
Quadro A 19: Abrangência anomalias prevenção e combate a incêndio Bloco C	162
Quadro A 20: Abrangência anomalias instalações hidrossanitárias Bloco A	163
Quadro A 21 : Abrangência anomalias sistema elevatório do Bloco A	165
Quadro A 22: Abrangência anomalias elevadores do Bloco A	167
Quadro A 23: Lista resumida falhas ou anomalias Blocos A	172
Quadro A 24: Lista resumida falhas ou anomalias Blocos B	172
Quadro A 25: Lista resumida falhas ou anomalias Bloco C	173
Quadro A 26: Lista resumida falhas ou anomalias Bloco D	173
.....	
Quadro B 1: Carta solar da fachada NO (Bloco A)	176
Quadro B 2: Carta solar - Fachada SE	177
Quadro B 3: Carta solar - Fachada NE	181
Quadro B 4: Carta solar fachada NEb (Bloco A)	182
Quadro B 5: Carta solar fachada NE (Bloco B)	184
Quadro B 6: Carta solar - Fachada SO	187
Quadro B 7: Carta solar fachada SO (Bloco A)	188

Quadro B 8: Carta solar fachada SO (Bloco B)	190
Quadro C 1: Valores limite geometria para uso no metamodelo	199
Quadro C 2: Valores limite paredes externas para uso no metamodelo	199
Quadro C 3: Valores limite cobertura para uso no metamodelo	200
Quadro C 4: Valores limite vidro e sombra para uso no metamodelo	201
Quadro C 5: Valores limite ganhos de calor para uso no metamodelo	201
Quadro C 6: Características térmicas dos componentes envoltória	214
Quadro C 7: Características da absorptância solar da envoltória	215
Quadro C 8: Comentários sobre AEE análise pelo método simplificado	216
.....	
Quadro D 1: Valores da edificação:	218
Quadro D 2: Dados mensais:	218

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Valores das constantes utilizadas na equação de benchmarking	77
Tabela 2: Usos finais do consumo energético	80

LISTA DE SIGLAS

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas

ACond: área condicionada

AEE: Ações de eficiência energética

AEst: área de estacionamento coberto

AHS: ângulo horizontal de sombreamento

Allu: área externa iluminada

ANEEL: Agência Nacional de Energia Elétrica

AOV: ângulo de obstrução vizinha

AQUA: Alta Qualidade Ambiental

ART: Anotação de Responsabilidade Técnica

ATot: área útil total

AVS: ângulo vertical de sombreamento

BIM: modelagem da informação da construção

CBCS: Conselho Brasileiro de Construção Sustentável

CEFET: Centro Federal de Educação Tecnológica

CEFETEQ: Centro Federal de Educação Tecnológica de Química

CTA: Coordenação de Treinamento e Aperfeiçoamento

CTcob: capacidade térmica da cobertura

CT_{par}: capacidade térmica da parede

DEO: Desempenho Energético Operacional em Edificações

DPE: densidade de potência de equipamentos

DPI: densidade de potência de iluminação

DPS: dispositivo de proteção contra surtos

DR: dispositivo diferencial residual

EEP: edificação de energia positiva

ENCE: Escola Nacional de Ciências Estatísticas, 83; Etiqueta Nacional de Conservação de Energia

EPE: Empresa de Pesquisa Energética

EPIQR: *Retrofit* de Desempenho Energético e Qualidade do Ambiente Interno

EPS: Poliestireno expandido

ESCO: Empresa de Serviço de Conservação de Energia

ETP: estudo técnico preliminar

FS: fator solar

GIZ: Agência Alemã de Cooperação Internacional para o Desenvolvimento Sustentável

GUT: Gravidade, urgência e tendência

HCFC: hidroclorofluorcarbono

HEPA: ar particulado de alta eficiência

HEPR: borracha de etileno-propileno reticulada e resistente ao calor

HVAC: aquecimento, ventilação e ar condicionado

IDE: Indicador de Desempenho Energético

INI-C: Instrução Normativa Inmetro para edificações comerciais, de serviço e públicas

IPMVP: Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Desempenho

LABEEE: Laboratório de Eficiência Energética em Edificações

LBE: linha de base energética

LED: diodo emissor de luz

LEED: Liderança em Energia e Design Ambiental

MME: Ministério de Minas e Energia

MP: Ministério do Planejamento

MPOG: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão

MR: mapa de risco

N: número de ocupantes

N/A: não se aplica

NBR: norma brasileira

NE: nordeste

NEa: nordeste plano A

NEb: nordeste plano B

NO: noroeste

NZEB: edificação de energia quase zero

ODS: Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

PAF: percentual de abertura da fachada

PAFT: percentual de área de abertura na fachada da zona térmica

PAZ: percentual da área zenital

PB: Projeto Básico

PBE: Programa Brasileiro de Etiquetagem

PCA: Plano de Contratações Anual

PDE: Plano Decenal de Energia

PES: Projeto Esplanada Sustentável

PLS: Plano de Logística Sustentável

PNE: Plano Nacional de Energia

PNEf: Plano Nacional de Eficiência Energética

PROCEL: Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

ProjetEEE: Projetando edificações energeticamente eficientes

QCPD: consumo do CPD

QGBT: quadro geral de baixa tensão

RCB: relação custo - benefício

RedEE: rede de aprendizagem em eficiência energética e geração distribuída

RRT: Registro de Responsabilidade Técnica

SE: sudeste

SEa: sudeste plano a

SEb: sudeste plano b

SGE: Sistema de Gestão de Energia

SLTI: Secretaria de Logística e Tecnologia da Informação

SO: sudoeste

STF: Supremo Tribunal Federal

T: taxa de ocupação média anual

TJDFT: Tribunal de Justiça do Distrito Federal e Territórios

TPO: Poliolefina Termoplástica

TR: Termo de Referência

TRY: ano climático de referência

U: transmitância térmica

U_{cob}: transmitância térmica da cobertura

UERJ: Universidade do Estado do Rio de Janeiro

UFSC: Universidade Federal de Santa Catarina

U_{par}: transmitância térmica das paredes

U_{vid}: transmitância térmica do vidro

VVVF: tensão e frequência variáveis

α_{cob} : absorptância solar da cobertura

α_{par} : absorptância solar das paredes

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1: Equação de Benchmarking para prédios públicos 76

.....

Equação A 1: Índice GUT 140

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Considerações iniciais	1
1.2	Formulação do problema	2
1.3	Objetivos da pesquisa	3
1.3.1	Objetivo geral	3
1.3.2	Objetivos específicos	3
1.4	Justificativa	3
1.5	Procedimentos metodológicos	4
1.5.1	Classificação da pesquisa	4
1.5.2	Justificativa da escolha metodológica	4
1.5.3	Estrutura geral da base argumentativa estruturada	5
1.5.4	Contexto da implementação da base argumentativa estruturada	5
1.5.5	Etapas metodológicas	6
1.6	Estrutura da tese	7
2	REFERENCIAL TEÓRICO	10
2.1	Objetivos e estrutura do capítulo	10
2.2	Marco legal e institucional da eficiência energética em prédios públicos	10
2.3	Reconhecimento do problema complexo	12
2.4	Necessidade da argumentação racional	15
2.5	Critérios de tomada de decisão pela administração pública	17
2.6	o processo de previsão e recomendação.	18
2.7	Relação custo - benefício das ações de eficiência energética (AEE)	20
2.8	A vida útil das edificações e gestão da obsolescência	22
2.8.1	Manutenção	26
2.9	Patologias, falhas e anomalias construtivas	28
2.9.1	Inspeção predial	29
2.9.2	A matriz GUT	33
3	DESEMPENHO ENERGÉTICO	36
3.1	Objetivos e estrutura do capítulo	36
3.2	Sistema de gestão de energia (SGE)	36
3.2.1	Identificação dos usos significativos de energia (USE)	39
3.2.2	Cálculo das Metas	41

3.2.3	Sistemas de priorização de ações	41
3.3	Diagnóstico energético	43
3.4	Benchmarking energético	45
3.5	Processo de medição e verificação	49
3.6	Aferição do conforto ambiental na perspectiva do usuário	52
3.7	Nova lei de licitações	55
4	DESCRIÇÃO E DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO DO OBJETO DE ANÁLISE	58
4.1	Objetivos e estrutura do capítulo	58
4.2	Justificativa de escolha	58
4.3	Localização, caracterização climática e condições ambientais	58
4.4	Contexto urbano e histórico do conjunto	62
4.5	Histórico de manutenção e reformas	64
4.5.1	Histórico dos Blocos	65
4.5.2	Ocupação e usos em 2019	66
4.5.3	Reformas e condições estruturais	67
4.5.4	Perspectiva geral de obras contratadas e previstas referência 2019	68
4.6	Estratégias passivas e características arquitetônicas	69
4.7	Diagnóstico energético	75
4.7.1	Identificação dos usos significativos de energia (USE)	75
4.7.2	Aplicação da equação de <i>benchmarking</i>	76
4.7.3	Diagnóstico energético RedEE	79
4.7.4	Análise dos resultados	80
4.8	Estado de conservação e impactos energéticos	82
4.8.1	Anomalias e falhas de maior relevância	82
5	TESTAGEM PARCIAL DA BASE ARGUMENTATIVA ESTRUTURADA	85
5.1	Objetivos e estrutura do capítulo	85
5.2	Mapeamento das oportunidades de melhoria do desempenho energético	85
5.3	Definição do processo de previsão e recomendação	89
5.4	Análise de viabilidade	91
5.5	Escolha das AEE	93
5.6	Medição e verificação	94
5.7	Fluxograma da aplicação da base argumentativa estruturada no <i>retrofit</i>	95
6	CONCLUSÕES	100
6.1	O que funcionou	100

6.2	imitações para implementação da base argumentativa estruturada	100
6.3	Lições extraídas e vinculação aos objetivos da tese	101
6.4	Considerações finais	102
6.5	Propostas para trabalhos futuros	103
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	105
APÊNDICE A – Análise das anomalias e falhas base relatório de inspeção predial		
114		
APÊNDICE B: Orientação e sombreamento das fachadas		149
APÊNDICE C – Avaliações integradas de desempenho energético INI-C		170
APÊNDICE D – Dados de entrada para a equação de benchmarking		193

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

As transformações globais impulsionadas pela crise energética e pelas mudanças climáticas colocam o setor da construção civil em evidência, dada sua expressiva participação no consumo de recursos naturais e energéticos.

No Brasil, além de desempenhar papel estratégico no desenvolvimento econômico e social, o setor enfrenta o desafio adicional de modernizar e recuperar um parque edificado que envelhece e se degrada progressivamente. Nesse cenário, a reabilitação de edificações desponta como alternativa essencial, capaz de alinhar a gestão dos ativos públicos às demandas contemporâneas de sustentabilidade e eficiência (EPUSP, 2009).

Diversos fatores destacam a importância desse segmento, como o envelhecimento e a degradação progressiva do parque edificado, o aumento da taxa de vacância e as restrições ao crescimento urbano indiscriminado impostas pelos planos diretores municipais (Galvão, 2012). Além da perspectiva econômica, a reabilitação de edifícios representa uma oportunidade para a implementação de novas práticas alinhadas à sustentabilidade, incluindo medidas voltadas à eficiência energética.

A relevância das edificações no consumo de energia é reconhecida pela Lei 10.295/2001, que trata da Política Nacional de Conservação e Uso Racional da Energia. Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2020), as edificações (residenciais, comerciais e públicas) representam cerca de 50% do consumo total de eletricidade no país. Embora o setor público consuma apenas 9% desse total, ele desempenha papel essencial na formulação de políticas e na promoção de práticas de eficiência energética, além de ser um dos principais demandantes da indústria da construção (Timm e Passuello, 2021).

Nesse contexto, destaca-se a aplicação da etiquetagem de eficiência energética em edificações (ENCE/PBE Edifica), cuja adoção pode reduzir o consumo de energia em cerca de 30% em edifícios existentes, por meio da implementação de sistemas eficientes, e em até 50% em novas edificações, reforçando seu potencial estratégico para o setor (Melo; Sorgato e Lamberts, 2014).

Ao longo de minha trajetória profissional no IBGE, atuando na elaboração de

documentos para contratação de obras e serviços de engenharia, vivenciei diretamente os desafios da incorporação de critérios de sustentabilidade nas licitações. Desde 2007, diante das crescentes exigências por práticas mais sustentáveis, houve esforços internos para qualificar essas contratações. Em uma dessas iniciativas, buscou-se apoio de instituições certificadoras, como a Fundação Vanzolini, para apoiar projetistas na incorporação de soluções ambientalmente responsáveis. No entanto, tais tentativas esbarraram em dificuldades técnicas, custos elevados e na ausência de cultura institucional consolidada sobre o tema, o que comprometeu sua continuidade.

Mesmo com a publicação das Instruções Normativas nº 01/2010 e nº 02/2014 da SLTI/MPOG e com a obrigatoriedade da etiqueta PBE Edifica em novos projetos e *retrofits*, na prática, a aplicação efetiva dessas diretrizes ainda é rara. Os editais frequentemente trazem exigências genéricas, que dificultam tanto a atuação dos projetistas quanto o acompanhamento técnico por parte das equipes responsáveis pela fiscalização.

Essa vivência profissional, marcada pela dificuldade de operacionalizar exigências ambientais de forma objetiva, motivou o desenvolvimento de uma proposta metodológica que contribua para a tomada de decisões mais fundamentadas nos projetos de reabilitação de edifícios públicos. A pesquisa apresentada nesta tese surgiu do desejo de construir uma base técnica clara, capaz de orientar as decisões desde as fases iniciais do projeto, reduzindo incertezas e ampliando a efetividade das Ações de Eficiência Energética (AEE).

Para isso, propõe-se a formulação de uma base argumentativa estruturada, fundamentada em procedimentos técnicos organizados de forma lógica, voltada à seleção e incorporação de AEE em projetos de reabilitação de edifícios públicos. A proposta é testada em um complexo predial real, no contexto do planejamento para contratação do projeto executivo de *retrofit*, o que permite examinar suas limitações e potencialidades e gerar diretrizes replicáveis para outras iniciativas da administração pública.

1.2 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Apesar da importância estratégica da eficiência energética e das oportunidades associadas à reabilitação de edifícios públicos, a adoção de AEE nesses projetos

ainda é limitada. Isso ocorre, em parte, pela ausência de metodologias estruturadas que orientem a tomada de decisão de forma clara e fundamentada, considerando as especificidades do setor público.

Além disso, observa-se a carência de ferramentas que auxiliem na articulação entre diagnóstico técnico, previsão de desempenho, análise de viabilidade e seleção de medidas eficientes. Em ambientes institucionais, essa lacuna resulta em decisões fragmentadas e pouco orientadas para resultados mensuráveis.

1.3 OBJETIVOS DA PESQUISA

1.3.1 Objetivo geral

Estabelecer uma base argumentativa estruturada que subsidie a tomada de decisão para a inclusão de ações de eficiência energética (AEE) em projetos de reabilitação de prédios públicos de escritórios.

1.3.2 Objetivos específicos

- Analisar os desafios enfrentados na aplicação da base argumentativa estruturada durante a fase de planejamento para contratação do projeto executivo de *retrofit* de um complexo predial do parque edificado do IBGE;
- Definir diretrizes e critérios que viabilizem a inclusão de AEE nos processos de planejamento e contratação;
- Avaliar a aplicabilidade da lógica metodológica proposta em um contexto real;
- Propor caminhos para sua replicação em contextos semelhantes da administração pública.

1.4 JUSTIFICATIVA

A relevância desta pesquisa decorre de três dimensões principais:

- Técnica: ao oferecer uma estrutura de apoio à decisão com base em dados e critérios objetivos;
- Institucional: ao abordar diretamente as limitações enfrentadas por órgãos públicos na contratação e implementação de soluções eficientes;
- Acadêmica: ao contribuir com a consolidação de metodologias aplicadas à reabilitação de edifícios existentes com foco em eficiência energética.

A adoção de uma abordagem fundamentada na pesquisa-ação confere à tese um caráter reflexivo e situado, valorizando a experiência profissional da autora como servidora pública atuante no campo investigado.

1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A presente pesquisa tem como objetivo propor uma base argumentativa estruturada para orientar a tomada de decisão quanto à inclusão de Ações de eficiência energética (AEE) em projetos de reabilitação de edifícios públicos de escritórios. Para isso, adotou-se como estratégia metodológica a pesquisa-ação, considerando a inserção direta da pesquisadora no ambiente institucional estudado e sua atuação na formulação, acompanhamento e proposição de soluções ao problema investigado.

1.5.1 Classificação da pesquisa

Conforme a classificação de Moresi (2003), a presente pesquisa pode ser assim caracterizada:

- Quanto à natureza: Pesquisa aplicada, voltada à solução de um problema prático identificado no contexto da administração pública.
- Quanto à forma de abordagem: Qualitativa, com análise interpretativa de dados técnicos, documentos institucionais e experiências vividas.
- Quanto aos fins: Exploratória e propositiva, ao buscar compreender os desafios da inclusão de AEE e ao propor uma base argumentativa estruturada;
- Quanto aos meios: Pesquisa-ação, com atuação ativa da autora no campo de estudo, enquanto servidora pública e responsável direta por parte dos processos analisados.

1.5.2 Justificativa da escolha metodológica

A escolha da pesquisa-ação se justifica pela natureza do problema abordado e pela posição da pesquisadora como arquiteta atuante no IBGE, o que lhe proporciona uma perspectiva interna do processo decisório, das barreiras institucionais e das práticas administrativas relacionadas à contratação de projetos de reabilitação. A proximidade com o objeto de estudo não compromete a neutralidade da análise, mas sim fortalece a relevância dos dados produzidos, ao permitir uma abordagem

situada, crítica e transformadora.

1.5.3 Estrutura geral da base argumentativa estruturada

A base argumentativa estruturada tem como objetivo auxiliar na tomada de decisão durante a fase conceitual de projetos de reabilitação de edifícios públicos de escritórios, com ênfase na inclusão de ações de eficiência energética (AEE). O desenvolvimento da proposta seguiu uma abordagem estruturada, que reflete a lógica da própria pesquisa:

- Definição do contexto: Delimitação do escopo de aplicação, considerando as características e desafios da reabilitação de edifícios públicos;
- Aplicação ao complexo predial analisado: Análise prática da proposta, avaliando sua viabilidade e limitações;
- Sistematização dos resultados: Organização dos achados para possibilitar replicabilidade e embasamento técnico para futuras decisões.

Essa estrutura permite que a base argumentativa estruturada seja aplicada não apenas na resolução de um caso específico, mas também adaptada a contextos institucionais semelhantes, favorecendo maior eficiência e sustentabilidade nas decisões de projeto (Lacerda *et al.*, 2013).

1.5.4 Contexto da implementação da base argumentativa estruturada

Antes da aplicação da base argumentativa estruturada, é essencial delimitar com precisão o contexto em que a proposta foi construída e testada. A seguir, são apresentadas as condições específicas que influenciaram sua formulação e sua adequação à realidade institucional e tipológica do caso estudado.

O Quadro 1 sintetiza os três principais elementos que moldaram a aplicação da metodologia: o tipo de decisão que se buscava subsidiar, a fase do processo de reabilitação em que essa decisão se insere e a tipologia da edificação analisada. Esses elementos ajudam a compreender os limites e as possibilidades da proposta, indicando os cuidados necessários para sua replicação em outros contextos da administração pública.

Quadro 1: Contexto da implementação do método proposto

Contexto da implementação da metodologia	
Objeto da decisão	Execução de Obras de reabilitação com Incremento de Eficiência energética
Fase da reabilitação	Concepção do projeto
Tipologia de edifícios	Edifícios Públicos de escritórios

Fonte: Autora

Com esse recorte bem definido, a pesquisa pôde ser conduzida de forma sistemática, estruturando os capítulos da tese em consonância com a lógica de desenvolvimento da proposta.

1.5.5 Etapas metodológicas

Definição do problema e contexto

A etapa inicial da pesquisa baseou-se nos princípios do pensamento sistêmico (Andrade, 2014), buscando compreender de forma integrada os fatores que dificultam a inclusão de ações de eficiência energética (AEE) em obras de reabilitação no setor público. No caso específico do IBGE, essa análise contemplou aspectos administrativos, técnicos e operacionais inter-relacionados, conforme descrito a seguir:

- Levantamento de barreiras institucionais e normativas que limitam a incorporação de AEE nos processos de licitação e contratação;
- Identificação de conflitos entre setores envolvidos, divergências de interesse e entraves burocráticos que dificultam abordagens integradas;
- Reconhecimento da ausência de práticas consolidadas de planejamento energético nas etapas iniciais de projetos de reabilitação.

Construção da base argumentativa estruturada

A partir da análise do contexto, foi elaborada a base argumentativa estruturada, composta por:

- Mapeamento das oportunidades de melhoria do desempenho energético do projeto de reabilitação.

- Definição dos processos de previsão e recomendações.
- Análise da relação custo-benefício para as AEE propostas
- Escolha das AEE
- Planejamento de etapas de medição e verificação (M&V).

Aplicação ao complexo predial analisado

A aplicabilidade foi realizada em um complexo predial do IBGE, estruturada em três eixos:

- Levantamento e análise de dados: incluindo idade, clima, materiais construtivos, tipologia, plantas arquitetônicas e histórico de manutenção;
- Seleção das AEE: baseadas nas patologias com maior pontuação na matriz GUT e relacionadas aos Usos Significativos de Energia (USE);
- Sistematização das diretrizes: organização dos resultados e formulação de recomendações para replicação em outros edifícios públicos.

Consolidação dos resultados e discussão

A sistematização dos dados coletados sob consideração de objetivos:

- Organizar diagnósticos energéticos e levantamento de patologias.
- Definir critérios para priorização das AEE, com base na matriz GUT, viabilidade técnica, impacto energético e custo-benefício.
- Elaborar recomendações técnicas replicáveis.
- Desenvolver um modelo metodológico validável em diferentes contextos da administração pública.

Dessa forma, a estrutura metodológica adotada reforça a aplicabilidade da pesquisa, alinhando-se ao seu objetivo central e contribuindo para a melhoria da eficiência energética em obras públicas de reabilitação.

1.6 ESTRUTURA DA TESE

A tese está organizada em seis capítulos, que se articulam de modo a construir uma linha argumentativa coerente entre a fundamentação teórica, o desenvolvimento metodológico e a aplicabilidade da proposta de base argumentativa estruturada para a inclusão de ações de eficiência energética (AEE) em obras de reabilitação de

edifícios públicos.

O Capítulo 1 – Introdução. Apresenta-se o contexto geral da pesquisa, delimitação do problema, objetivos (geral e específicos), justificativa e relevância do tema, a metodologia adotada — baseada na abordagem de pesquisa-ação — e a estrutura da tese.

O Capítulo 2 – Referencial Teórico. Reúne os fundamentos que embasam o estudo, organizados em quatro frentes: marcos normativos e institucionais da eficiência energética em prédios públicos; complexidade da inserção de AEE em projetos de reabilitação, com ênfase na necessidade de uma argumentação racional para subsidiar a tomada de decisão; critérios para estruturação da base argumentativa; e os conceitos fundamentais sobre reabilitação, como vida útil, manutenção e patologias construtivas.

O Capítulo 3 – Desempenho Energético em Edifícios Públicos. Aprofundam-se conceitos sobre um sistema de gestão de energia, os procedimentos para diagnóstico energético e os parâmetros utilizados em processos de benchmarking, destacando ainda dispositivos legais que incentivam a inclusão da eficiência energética em obras e serviços de engenharia.

O Capítulo 4 – Análise da Situação Atual do Objeto de Estudo. Apresenta-se o contexto da edificação pública utilizada como caso aplicado, incluindo aspectos construtivos, operacionais, consumo de energia, intervenções anteriores e pré-diagnóstico energético, além do cruzamento entre anomalias construtivas e os usos significativos de energia.

O Capítulo 5 – Proposição da Base Argumentativa Estruturada com aplicação ao Caso concreto do IBGE. Organizada em cinco etapas - mapeamento das oportunidades de melhoria do desempenho energético, previsão e recomendação de AEE, análise de viabilidade, escolha das AEE, planejamento da medição e verificação (M&V) - demonstrando seus potenciais e limitações à luz das particularidades institucionais e contratuais envolvidas. A proposta é comparada ao Guia para Eficiência Energética nas Edificações Públicas, com destaque para a flexibilidade de sua estrutura modular frente aos diferentes arranjos contratuais

Por fim, o Capítulo 6— Conclusões Finais. Os resultados são relacionados conforme os objetivos propostos, discussão sobre os aspectos bem-sucedidos, as limitações

enfrentadas, as lições extraídas da aplicação e as possibilidades de replicação em outros contextos da administração pública.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 OBJETIVOS E ESTRUTURA DO CAPÍTULO

Este capítulo compõe o primeiro bloco do referencial teórico e tem como objetivo apresentar o embasamento necessário para estabelecimento dos princípios da reabilitação de edifícios, com foco nas particularidades no âmbito da administração pública. Busca-se estabelecer critérios orientadores para a prática da reabilitação de edifícios públicos, incluindo a adoção de ações de eficiência energética (AEE), além de fornecer fundamentos para análises quantitativas que embasem a tomada de decisão.

2.2 MARCO LEGAL E INSTITUCIONAL DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM PRÉDIOS PÚBLICOS

A eficiência energética em edificações públicas tem sido objeto de crescente atenção pelo poder público, tanto pela necessidade de reduzir os impactos ambientais quanto pela obrigação de promover o uso racional dos recursos públicos (Brasil, 2017; Correia, 2019; Eletrobrás, 2021; GCCE, 2022; Maciel, 2021).

No Brasil, essa relevância tem sido consolidada por meio de marcos legais e programáticos, dentre os quais se destacam:

- A Lei nº 10.295/2001, que institui a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia;
- Os planos de médio e longo prazo coordenados pelo Ministério de Minas e Energia (MME) e pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), como o Plano Nacional de Energia (PNE) e o Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE);
- O Programa de Eficiência Energética (PEE) da ANEEL, que determina que concessionárias de energia elétrica invistam parte de sua receita operacional líquida em projetos de eficiência energética, com ênfase em edificações públicas.

Entre as iniciativas mais expressivas está o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), criado em 1985 e executado pela Eletrobras, que incentiva e promove ações estruturadas como reformas em prédios públicos, adoção de tecnologias renováveis e melhoria de sistemas prediais por meio de chamadas públicas (MME; ANEEL, 2021). Essas chamadas vêm ganhando maior transparência

e sofisticação técnica, priorizando setores estratégicos como saúde, educação e administração pública.

Outro instrumento de governança relevante é o Plano de Logística Sustentável (PLS), de adoção obrigatória pelos órgãos da Administração Pública Federal, conforme o Decreto nº 7.746/2012. O PLS integra o planejamento estratégico das instituições, o Plano Plurianual (PPA) e a Estratégia Federal de Desenvolvimento (Decreto nº 10.531/2020), promovendo diretrizes de racionalização do uso de recursos com ênfase nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), como energia limpa, inovação, cidades sustentáveis e padrões responsáveis de consumo (SF, 2019).

Além de orientar o Plano de Contratações Anual (PCA) e os documentos licitatórios como o Estudo Técnico Preliminar (ETP), Projeto Básico (PB) e Termo de Referência (TR), o PLS vem sendo explorado como ferramenta de apoio à gestão de energia. O Senado Federal (2019) identificou mais de 350 ações alinhadas aos ODS, das quais 54 estavam diretamente relacionadas à eficiência energética. Essas ações foram classificadas em quatro categorias:

- Dispendio de recursos, quando envolvem investimentos financeiros;
- Práticas e processos, para ações incorporadas à rotina organizacional;
- Estudos e benchmarking, envolvendo levantamentos, comparações e padrões sustentáveis;
- Educação ambiental, voltada à sensibilização e mudança cultural institucional.

Contudo, uma análise das ações propostas revelou que apenas 39% das AEE identificadas exigiam dispendio de recursos, e a maioria delas se referia a intervenções pontuais e de menor porte, como substituição de lâmpadas por LED ou instalação de sensores de presença. Apenas duas ações envolviam intervenções físicas mais significativas, como a modernização do sistema de ar-condicionado na Câmara dos Deputados e a instalação de brises no Tribunal de Justiça do Distrito Federal e Territórios (TJDFT). Esse panorama sugere que as AEE adotadas via PLS ainda estão desconectadas das oportunidades geradas pelas obras de reabilitação predial, deixando de aproveitar plenamente o potencial técnico e financeiro desses momentos de intervenção.

Essa lacuna revela uma assimetria entre planejamento estratégico e intervenção técnica, indicando a necessidade de articulação mais efetiva entre o PLS, os setores responsáveis por obras e reformas e os núcleos institucionais de sustentabilidade e energia.

Paralelamente, experiências internacionais oferecem inspiração para o fortalecimento das políticas públicas brasileiras no setor. Países como Reino Unido (Energy Efficiency Accreditation Scheme), França (Direction Générale de l'Énergie et des Matières Premières), Alemanha (Deutsche Energie-Agentur), Estados Unidos (ESPC – Energy Savings Performance Contracts) e Portugal (Programa P3E) vêm implementando estratégias integradas de eficiência energética no setor público com alto grau de institucionalização (MME, 2011).

Ainda assim, mesmo com esse arcabouço legal e programático em expansão, a adoção de AEE permanece pontual e desarticulada no setor público brasileiro. Fatores como a carência de capacitação técnica, a fragilidade dos sistemas de gestão de energia e a dificuldade de quantificação dos resultados obtidos continuam a dificultar sua implementação efetiva (Brasil, 2017; CCGE, 2022; Contijo; Silveira e Palhares, 2022; Silva, 2024; Timm e Passuello, 2021).

Esse paradoxo institucional — entre normas que exigem sustentabilidade e uma realidade operacional que não oferece instrumentos adequados — revela a urgência de estratégias integradas e tecnicamente robustas, capazes de alinhar planejamento, contratação e execução das intervenções físicas nos edifícios públicos.

Nesse sentido, a metodologia proposta não apenas chama atenção para essas lacunas, mas também busca enfrentá-las: ao estruturar etapas claras, contribui para orientar e apoiar equipes com diferentes níveis de capacitação; ao sistematizar procedimentos decisórios, oferece um referencial organizativo que pode suprir a ausência de sistemas formais de gestão de energia; e, ao incorporar previsões e mecanismos de medição e verificação, viabiliza a quantificação dos resultados.

Assim, este item não apenas contextualiza a eficiência energética como um dever institucional regulado por normas e planos estratégicos, mas também evidencia as fragilidades que comprometem sua efetiva implementação, o que permite estabelecer as bases para a abordagem metodológica proposta nos capítulos a

seguir.

2.3 RECONHECIMENTO DO PROBLEMA COMPLEXO

Apesar da existência de diretrizes institucionais e de um aparato normativo voltado à promoção da eficiência energética, como visto no item anterior, a transformação dessas diretrizes em soluções concretas encontra diversas barreiras no setor público. Essas dificuldades não se limitam a questões operacionais, mas derivam, sobretudo, da complexidade inerente às decisões relacionadas à reabilitação de edificações com inserção de AEE.

Embora seja obrigatório que o profissional responsável por projetos inclua ações de eficiência energética nos editais de licitação de obras públicas, como mencionado no texto introdutório, a definição de premissas eficazes para atender a essa demanda enfrenta desafios significativos. A implementação dessas ações é dificultada por lacunas como a falta de compreensão sobre a complexidade inerente ao tema.

Problemas complexos são caracterizados pelo elevado número de opções e ações disponíveis, pela incerteza presente na maioria das situações do mundo real, pela natureza imprecisa dos dados e pela diversidade de partes interessadas envolvidas (Zopounidis; Pardalos, 2010). No âmbito da arquitetura, a complexidade começa na caracterização do edifício, que envolve aspectos como materialidade, dimensões, implantação no terreno, características do envelope e comportamento frente às variáveis climáticas e ambientais (Borba *et al.*, 2015; Brasil, 2017; Fontenelle, 2012; Fontenelle, 2016; GCCE, 2022). A solução de projeto, portanto, deve buscar a melhor conciliação entre essas características interdependentes.

Além disso, qualquer alternativa de projeto deve considerar restrições legislativas, concepções estéticas do arquiteto e limitações impostas pelas características físicas do imóvel (Fontenelle, 2012). Em projetos de reabilitação, como na substituição de sistemas HVAC¹, algumas soluções podem ser inviáveis esteticamente ou tecnicamente devido à necessidade de intervenções na fachada ou ao ruído excessivo. Por isso, é essencial avaliar as vantagens e desvantagens de cada sistema em relação às especificidades do edifício e seu uso (Campanhola; Michels e Martins, 2014).

Outro fator que amplia essa complexidade é a crescente demanda por desempenho das edificações. Normativas como a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia

¹ HVAC é a sigla em inglês para Heating, Ventilation and Air Conditioning

(ENCE), a norma de desempenho, a agenda ambiental em contratações públicas e os princípios constitucionais em intervenções em prédios públicos, como, eficiência, legalidade, impessoalidade, entre outros, exemplificam as exigências impostas ao processo projetual. Contudo, os indicadores que auxiliam na tomada de decisão frequentemente envolvem parâmetros imprecisos e sujeitos a incertezas (Correia, 2019; Grillone *et al.*, 2020; Maciel *et al.*, 2023; Pessoa, 2016; Silva, 2021; Silva, 2024; Trevizano, 2007).

Por exemplo, projeções de receitas e custos para análise de viabilidade econômica e financeira estão sujeitas às incertezas do mercado, como variações na tarifa de energia elétrica, oscilações no preço dos materiais de construção e alterações em políticas públicas ou incentivos fiscais. Além disso, especificações de materiais quanto à durabilidade e vida útil muitas vezes são inexistentes ou sujeitas a alterações por práticas construtivas ou manutenção inadequada (Pagliari; Costella; Pilz, 2018). Essa imprecisão também afeta o desempenho do edifício, pois algumas soluções de projeto apresentam comportamentos conflitantes (LI *et al.*, 2021). Grandes aberturas de janelas, por exemplo, favorecem a iluminação natural, mas aumentam as cargas térmicas, impactando o conforto interno. Similarmente, o estado de deterioração do imóvel pode incentivar a reabilitação, mas inviabilizar ações de eficiência energética devido a restrições financeiras.

Diante desse cenário, as incertezas e os conflitos entre critérios dificultam a obtenção de uma solução ideal, pois não é possível definir uma função objetivo que contemple a realidade do problema. Além disso, a multiplicidade de atores envolvidos torna a decisão fruto de julgamentos coletivos, nos quais valores e experiências individuais levam a diferentes interpretações sobre as alternativas apresentadas. No contexto de projetos arquitetônicos, é comum que os diversos interessados apontem soluções ótimas distintas, inviabilizando a identificação de um compromisso plenamente satisfatório (Fontenelle, 2012; Trevizano, 2007).

Obras de reabilitação e suas soluções arquitetônicas são influenciadas por dimensões técnicas, culturais, ambientais, sociais, econômicas e arquitetônicas (Kracka e Zavadaskas, 2013) (Figura 1). O estado atual do edifício reflete decisões passadas, enquanto seu estado futuro dependerá das escolhas feitas no presente (Correia, 2019; Maciel *et al.*, 2023; Maciel, 2021; Timm e Passuello, 2021; GCCE, 2022), incluindo seleção de materiais, durabilidade, estética, soluções técnicas,

manutenção e uso.

Figura 1: Processo de reabilitação de edifícios sustentáveis



Fonte: Adaptado de Kracka e Zavadaskas (2013)

No caso de reabilitação na esfera governamental, essas dimensões são ampliadas, demandando uma abordagem integrada para equilibrar critérios muitas vezes conflitantes. A análise de problemas complexos deve considerar as implicações de uma abordagem multidimensional, conciliar distintas perspectivas e ponderar as opiniões das partes interessadas.

Assim, a reabilitação de edifícios públicos com inserção de AEE envolve decisões complexas, marcadas por múltiplos critérios, incertezas e interesses diversos. A dificuldade em definir premissas eficazes decorre da natureza multidimensional do problema, que exige equilíbrio entre aspectos técnicos, legais, estéticos e operacionais. Reconhecer essa complexidade é essencial para justificar a necessidade de uma base argumentativa estruturada, capaz de apoiar decisões fundamentadas, como será aprofundado nos itens seguintes.

2.4 NECESSIDADE DA ARGUMENTAÇÃO RACIONAL

A complexidade envolvida nas decisões relacionadas à reabilitação de edifícios públicos com inserção de Ações de eficiência energética (AEE), conforme discutido no item anterior, evidencia a necessidade de um processo decisório estruturado, que ultrapasse a intuição individual ou a busca exclusiva por soluções de menor custo.

Nesse contexto, a argumentação racional surge como ferramenta essencial para garantir que as escolhas sejam justificáveis, sustentáveis e alinhadas aos princípios que regem a administração pública.

A argumentação racional baseia-se na construção de um raciocínio lógico, fundamentado em evidências, dados mensuráveis e critérios previamente definidos. Em projetos de *retrofit* energético, essa abordagem é ainda mais relevante, uma vez que envolve investimentos significativos, resultados esperados de longo prazo e múltiplos objetivos a serem conciliados, como conforto ambiental, redução do consumo de energia, durabilidade das soluções adotadas e viabilidade técnica.

Pesquisas recentes apontam que estratégias bem planejadas alcançam reduções expressivas no consumo e nas emissões, (MME; GIZ, 2022; Sharma *et al.*, 2022) implementação de ações de eficiência energética pode ter alguns desafios quando não há uma integração entre as análises de custo e ciclo de vida (Brasil, 2023; Correia, 2019; Anarene *et al.*, 2024). Por outro lado, Grillone *et al.* (2020), MME e GIZ (2022) e outros (GCCE, 2022; Silva, 2024) destacam o potencial inexplorado de eficiência energética, dificultado pela ausência de metodologias robustas para avaliar os impactos. Venegas *et al.* (2023) e Correia (2019) evidenciam a lacuna de estudos que alinhem certificação energética e políticas de *retrofit*.

No Brasil, a Instrução Normativa nº 2/2014 do MPOG determina a obrigatoriedade da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE), com classificação "A", para novas edificações públicas federais e para *retrofits*. Essa exigência representa um importante instrumento de respaldo técnico para a seleção de AEE e, quando devidamente observada, oferece segurança jurídica e técnica às decisões administrativas. No entanto, sua aplicação prática ainda é limitada, tanto na fase de projeto quanto em edificações construídas (Correia, 2019). A nova Lei de Licitações (Lei nº 14.133/2021) reforça a busca por soluções sustentáveis, mas não explicita a exigência da ENCE, o que reforça a importância de que a adoção de AEE seja acompanhada de justificativas técnicas bem fundamentadas.

Dessa forma, quando a ENCE for exigida e observada, tende a fortalecer a argumentação técnica e a reduzir questionamentos por parte dos órgãos de controle. Por outro lado, na ausência desse instrumento, torna-se ainda mais essencial que as decisões estejam amparadas em critérios objetivos e transparentes, assegurando a

eficiência e a legalidade da contratação (Alencastro, 2014; Correia, 2019; Kepner e Tregoe, 1981; Maciel, 2021; Silva, 2024).

Portanto, a necessidade da argumentação racional em projetos de reabilitação com inserção de AEE está diretamente associada à complexidade do problema e à obrigatoriedade de justificar tecnicamente as escolhas realizadas. Esse tema será aprofundado nos itens seguintes, que tratam dos critérios que devem nortear a tomada de decisão no âmbito da administração pública.

2.5 CRITÉRIOS DE TOMADA DE DECISÃO **PELA** ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA

A definição dos critérios que orientam as decisões em projetos de reabilitação com inserção de AEE é fundamental para garantir a legitimidade técnica e jurídica das escolhas feitas pela administração pública. A ausência de diretrizes claras pode levar a escolhas arbitrárias, dificultar a justificativa das decisões perante os órgãos de controle e comprometer os resultados esperados em termos de eficiência e sustentabilidade.

No contexto das obras públicas, os princípios da economicidade, da eficiência e da isonomia devem ser observados de forma permanente, conforme estabelecido na Constituição Federal e na Lei nº 14.133/2021. A escolha por incluir ou não determinada AEE deve ser pautada por critérios objetivos, que permitam avaliar tanto a pertinência da medida quanto seus impactos no desempenho, no custo e na sustentabilidade da solução projetual adotada.

Esses critérios também funcionam como parâmetros orientadores para projetistas e contratados, alinhando as propostas técnicas às diretrizes da administração e evitando a apresentação de soluções incompatíveis com os objetivos institucionais. Além disso, a clareza desses critérios facilita a avaliação das propostas durante a licitação, reforça a transparência e assegura que os recursos serão empregados com base em uma lógica técnica consistente.

A literatura especializada aponta a necessidade de se considerar, ao menos, três aspectos centrais na formulação desses critérios (Araújo e Rodrigues, 2012; Castro, 2006).

- Eficiência energética da solução proposta: considera o potencial de redução de consumo de energia e melhoria no desempenho ambiental;

- Viabilidade financeira: avalia o custo-benefício da AEE, considerando investimentos, manutenção e *payback* esperado;
- Afinidade com o objeto da reabilitação: verifica se a AEE está alinhada com as necessidades e oportunidades do edifício específico.

Outros aspectos como ergonomia, fluxo arquitetônico e estética podem ser considerados, mas, no âmbito desta pesquisa, a prioridade é demonstrar que é possível estabelecer uma estrutura argumentativa baseada nesses três pilares para sustentar a tomada de decisão quanto à adoção das AEE.

Esses critérios serão utilizados nos capítulos seguintes para orientar a seleção e a justificativa das medidas propostas, demonstrando sua coerência com os objetivos institucionais e sua capacidade de produzir benefícios mensuráveis para o serviço público e para a sociedade e meio ambiente como um todo.

2.6 O PROCESSO DE PREVISÃO E RECOMENDAÇÃO.

A inclusão de Ações de eficiência energética (AEE) em projetos de reabilitação de edifícios públicos requer não apenas justificativas normativas ou políticas, mas também fundamentação técnica baseada em projeções quantificáveis de desempenho. Nesse contexto, os processos de previsão e recomendação surgem como ferramentas fundamentais para estimar os impactos esperados de cada ação proposta, fornecer parâmetros comparativos entre alternativas e contribuir para a racionalidade do processo decisório.

Esses processos permitem antecipar o comportamento energético de uma edificação reformada e avaliar a relação entre investimentos realizados e os benefícios esperados. Além de fornecerem insumos técnicos para os critérios de seleção das AEE, esses métodos auxiliam a estabelecer expectativas realistas e mensuráveis sobre os ganhos de eficiência energética, sendo particularmente relevantes para fundamentar tecnicamente os documentos que compõem os processos licitatórios, como os Estudos Técnicos Preliminares (ETP) e os Termos de Referência (TR).

A literatura técnica apresenta três principais abordagens para esses processos: determinísticas, híbridas e baseadas em dados (Grillone *et al.*, 2020).

Métodos Determinísticos

Baseiam-se em simulações energéticas detalhadas de edifícios (Building Energy Simulation – BES), utilizando princípios físicos para prever o comportamento energético em diversos cenários. Exemplos incluem o uso do EnergyPlus, (Zangheri *et al.*, 2018) para avaliação de *retrofits* na União Europeia, com benefícios expressivos em consumo de energia. Tais métodos podem ser enriquecidos com dados reais, como contas de energia e questionários, conforme mostrado por Macías *et al.* (2018), aumentando a confiabilidade dos resultados.

Métodos Híbridos

Combinam simulações tradicionais com técnicas baseadas em dados, como aprendizado de máquina. Ascione *et al.* (2017) utilizaram redes neurais artificiais para prever impactos de *retrofit* em edifícios comerciais na Itália. Algoritmos genéticos também foram empregados por Magnier e Haghighat (2010) para otimizar múltiplos objetivos simultaneamente. O método simplificado do PBE Edifica (Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações), regulamentado pela Instrução Normativa INI-C, também pode ser classificado como uma abordagem híbrida, por combinar simulações energéticas com modelagens estatísticas baseadas em redes neurais. Esse método será tratado em maiores detalhes no Capítulo 4.

Métodos Baseados em Dados

Utilizam auditorias energéticas e históricos de consumo para prever padrões e recomendar intervenções. Marasco e Kotokosta (2016) validaram classificadores baseados em regras como alternativa a auditorias completas. Regressões multivariadas e análise de agrupamento são técnicas recorrentes, especialmente em estudos com grandes bancos de dados.

Cada abordagem possui vantagens e limitações: métodos determinísticos são robustos, mas pouco escaláveis; híbridos são precisos, mas exigem alto poder computacional; e os baseados em dados são rápidos e escaláveis, mas dependem de dados de qualidade.

A ausência de estrutura consolidada para avaliação técnica na fase inicial dos projetos dificulta previsões precisas de impacto (Grillone *et al.*, 2020). Ferramentas como EnergyPlus e DesignBuilder são amplamente recomendadas (Brasil, 2017; Correia, 2019; Gonzalo; Santamaria e Burgos, 2023; Maciel *et al.*, 2023;), assim como seu uso é previsto na INI-C do PBE Edifica (Brasil, 2022), para estimativas de

economia energética, sendo especialmente relevante para chamadas públicas, como as do Procel, que incentivam o setor privado a implementar projetos de eficiência energética em edifícios públicos existentes.

A etiquetagem do PBE Edifica também desempenha um papel fundamental na certificação do potencial de redução do consumo de energia. Edifícios novos construídos de acordo com as diretrizes do PBE Edifica podem economizar até 50% no consumo de energia elétrica, enquanto grandes reformas podem alcançar reduções de até 30% (Brasil, 2017; Maciel, 2021).

Dessa forma, os processos de previsão e recomendação fornecem um suporte valioso para o planejamento e implementação de estratégias de *retrofit* energético.

2.7 RELAÇÃO CUSTO - BENEFÍCIO DAS AÇÕES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA (AEE)

No contexto do uso do dinheiro público, a Constituição Federal aponta dois princípios a serem observados: o princípio da eficiência e o princípio da economicidade. O primeiro determina que a administração pública deve buscar o melhor aproveitamento dos recursos disponíveis. O segundo, previsto no artigo 70 da Constituição Federal de 1988, exige que os resultados sejam alcançados com o menor custo possível, sem comprometer a qualidade e garantindo a celeridade na prestação dos serviços públicos.

O consumo eficiente de energia elétrica, nesse sentido, está diretamente alinhado ao princípio da eficiência, uma vez que despesas desnecessárias com energia e a manutenção de equipamentos obsoletos representam má alocação dos recursos públicos. Por outro lado, o princípio da economicidade exige que os investimentos em AEE proporcionem benefícios reais, e que os recursos empregados para sua adoção sejam os mais econômicos possíveis, considerando os impactos ao longo do ciclo de vida da edificação.

Nesse cenário, a análise de custo-benefício das AEE torna-se um componente central do processo decisório. Essa análise deve considerar não apenas os custos e benefícios previstos durante a elaboração do projeto, mas também os resultados obtidos durante a operação da edificação, possibilitando ajustes e correções com base em dados reais.

A literatura técnica apresenta três principais indicadores que auxiliam na avaliação da viabilidade econômico-financeira de AEE (Quadro 2):

Quadro 2: Indicadores de viabilidade econômico-financeira

Denominação	Símbolo	Unidade
Valor presente líquido	VPL	R\$
Índice de benefício-custo	IBC	adimensional
Tempo de <i>payback</i>	<i>Payback</i>	anos

Fonte: autora

A análise de viabilidade inicia-se com a estimativa do consumo evitado, ou seja, do valor que deixará de ser gasto com energia após a implementação da AEE. Essa estimativa pode ser calculada por meio de um fluxo de caixa projetado, que contempla os investimentos necessários, os custos operacionais e os benefícios financeiros esperados ao longo do tempo.

Entretanto, os benefícios de uma AEE não se restringem à economia financeira. Melhorias operacionais, como o aumento da confiabilidade dos sistemas, o conforto dos usuários, a produtividade dos serviços prestados e os impactos ambientais positivos, também devem ser levados em conta. Por isso, mesmo em situações em que o retorno financeiro não seja imediato, esses fatores podem justificar a escolha da ação, especialmente em ambientes institucionais que prezam pela qualidade dos serviços públicos.

A escolha dos indicadores e critérios a serem utilizados depende do contexto institucional. Algumas instituições públicas já adotam parâmetros específicos para avaliar investimentos. Em outras, recomenda-se a adoção de metodologias consolidadas, como aquelas previstas em programas do PROCEL ou da ANEEL, que já incorporam análises de custo-benefício e indicadores técnicos reconhecidos.

Dessa forma, a análise de viabilidade econômico-financeira contribui diretamente para a consolidação de uma tomada de decisão mais robusta e responsável na administração pública. No entanto, embora o retorno financeiro seja um critério essencial, ele não deve ser analisado isoladamente. É necessário também verificar se as ações propostas guardam afinidade com o objeto da reabilitação, ou seja, se respondem de forma coerente às demandas específicas do edifício em questão e às suas possibilidades de intervenção. Essa relação entre oportunidade e contexto será aprofundada nos itens a seguir, que tratam da vida útil das edificações, das patologias e anomalias prediais, e da percepção do usuário como elementos

fundamentais para sustentar tecnicamente e justificar a adoção das AEE.

2.8 A VIDA ÚTIL DAS EDIFICAÇÕES E GESTÃO DA OBSOLESCÊNCIA

A tomada de decisão sobre intervenções de eficiência energética em edificações públicas não pode prescindir da análise do ciclo de vida dos sistemas construtivos e da própria edificação. A avaliação da vida útil e da obsolescência técnica e funcional dos componentes prediais permite identificar oportunidades reais de intervenção e fundamentar a adoção de AEE com maior precisão.

Entender como os diferentes elementos do edifício se deterioram ao longo do tempo — e como essa deterioração pode comprometer o desempenho energético — é essencial para garantir que as AEE propostas não apenas respondam às demandas imediatas, mas também estejam alinhadas ao horizonte de uso da edificação. A vida útil torna-se, assim, um critério adicional de coerência entre a proposta de intervenção e o contexto técnico da reabilitação.

Este item apresenta os principais conceitos relacionados à durabilidade, obsolescência e manutenção das edificações, abordando também a normatização vigente sobre o tema. Além de subsidiar a decisão quanto à pertinência das AEE, essa análise contribui para a construção de uma base argumentativa mais sólida, ao evidenciar que muitas ações de eficiência energética são viabilizadas — ou exigidas — por conta da condição física e funcional dos edifícios.

A reabilitação, conforme indicado por Fontenelle (2016), é definida como “qualquer intervenção de médio ou grande porte sobre um edifício que amplie a sua vida útil”. Este é o conceito de reabilitação adotado nesta pesquisa, servindo como referência central para as discussões que seguem. No caso desta tese, há ainda a premissa de tornar o edifício energeticamente mais eficiente.

Considerando o ciclo de vida do imóvel, observa-se que sua vida útil se inicia quando entra em operação e se encerra com o início de sua decadência. Douglas (2006), propõe um conceito mais amplo de ciclo de vida, englobando desde a pré-existência até a pós-existência do edifício, passando pelas etapas de planejamento, projeto, construção, uso, intervenção, decadência, demolição e processamento de resíduos (Figura 2).

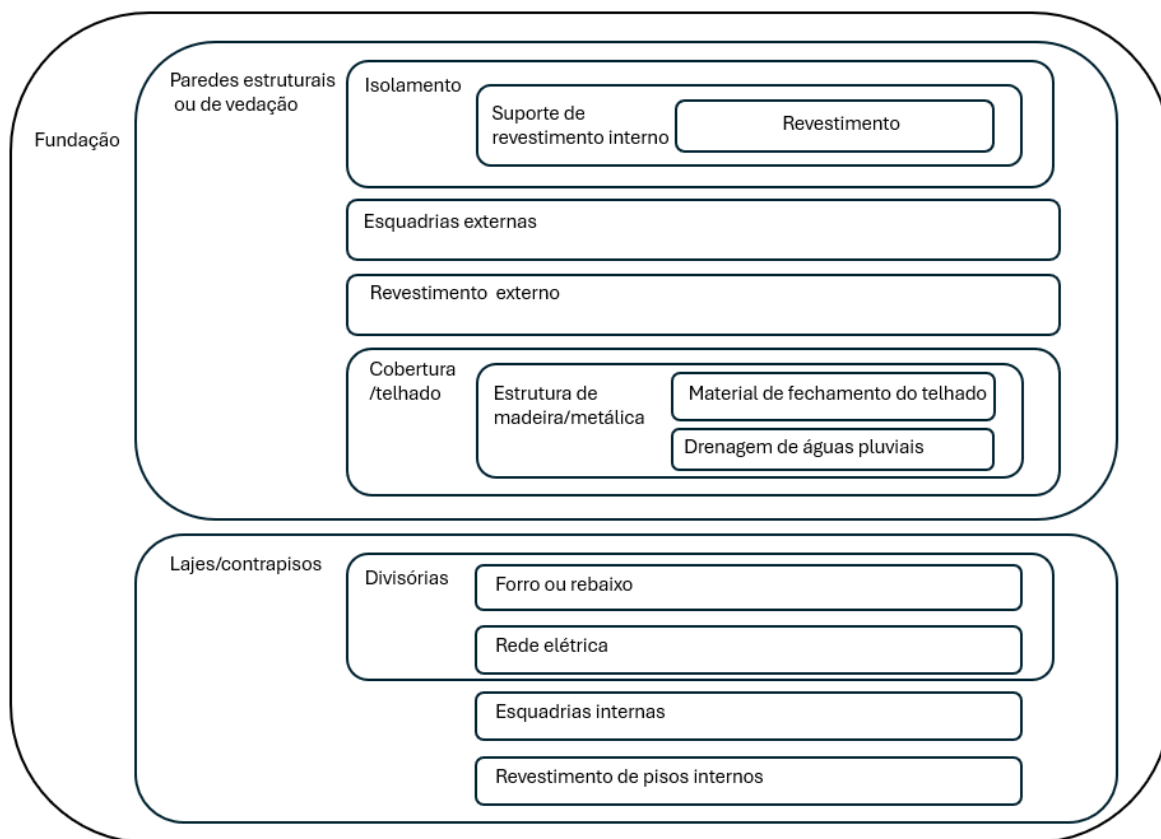
Figura 2: A inserção da vida útil no ciclo de vida da edificação



Fonte: Fontenelle (2016)

A ampliação da vida útil de um edifício está diretamente relacionada às transformações sofridas em cada uma de suas camadas constituintes. Essas transformações ocorrem em ritmos distintos, uma vez que os materiais empregados apresentam diferentes resistências e sofrem solicitações variadas (Brand, 1995). Para Méquignon (2011) a durabilidade de um elemento depende também da relação entre os demais componentes do edifício: assim, quando um elemento está incluído em outro, o fim de vida do elemento hierarquicamente superior acarreta o fim de vida do elemento inferior, como ilustrado na Figura 3.

Figura 3: Esquema de dependência dos elementos para a vida útil.



Fonte: Adaptado de Méquignon (2011)

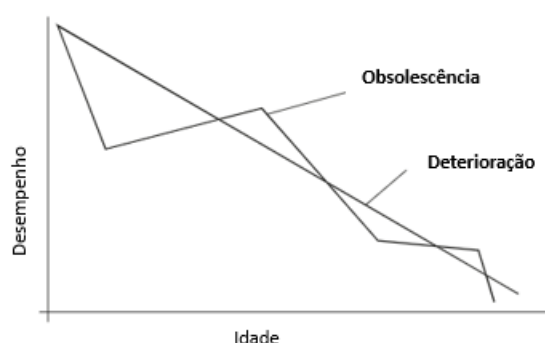
A ABNT por meio da norma de desempenho, estabelece limites mínimo e superior para a vida útil dos componentes da edificação. Essa vida útil é denominada vida útil do projeto (VUP) uma expectativa, em anos, baseada no atendimento às normas técnicas para garantir que os sistemas alcancem sua durabilidade potencial. A VUP não deve ser confundida com a durabilidade ou a vida útil real do imóvel, pois estas se iniciam quando o produto entra em operação e se extinguem quando ele deixa de cumprir sua função prevista.

O cálculo da VUP deve considerar os efeitos de falhas no desempenho do sistema, a facilidade ou dificuldade de manutenção e reparação e o custo da correção, incluindo impactos sobre outros subsistemas afetados. Para que a VUP se confirme na prática, é essencial que as condições de exposição, especificações de manutenção e uso estejam detalhadas na documentação do imóvel (ABNT, 2013).

No entanto, além da deterioração física, outros fatores podem exigir intervenção, como a obsolescência, caracterizada pela desatualização do imóvel em relação às

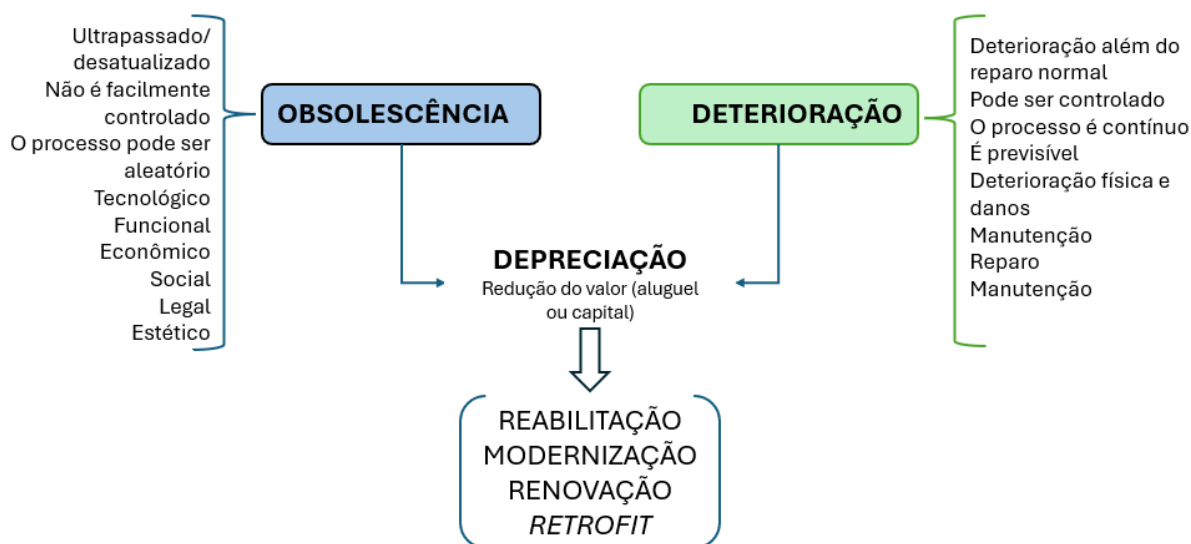
necessidades contemporâneas. Douglas (2006) identifica diferentes tipos de obsolescência: econômica, funcional, física, social, legal, estética, tecnológica e locacional. A obsolescência difere da deterioração, pois é uma decisão humana, enquanto a deterioração é impulsionada por agentes naturais e pelo uso. Além disso, a obsolescência pode ocorrer antes da deterioração física do imóvel, tornando necessárias intervenções antes do fim da vida útil dos materiais (Figuras 4 e 5).

Figura 4: Relação entre deterioração e obsolescência



Fonte: Douglas (2006)

Figura 5: Obsolescência, deterioração e depreciação



Fonte: Adaptado de Douglas (2006)

No setor público, a deterioração tem maior peso na decisão de realizar obras de reabilitação, devido à escassez de recursos para manutenção (Guimarães; Carasek e Cascudo, 2004). A obrigatoriedade da inspeção predial periódica em diversos municípios impõe obrigações aos gestores quanto à melhoria do desempenho do

imóvel e pode gerar implicações jurídicas em caso de negligência.

O conceito de vida útil, quando analisado em conjunto com o estado de obsolescência técnica e funcional dos edifícios, evidencia a necessidade de planejamento de longo prazo nas intervenções. No contexto das AEE, isso implica não apenas avaliar a viabilidade técnica das medidas, mas também verificar se essas ações estão sendo aplicadas em sistemas que ainda oferecem potencial de desempenho ou se, ao contrário, já atingiram níveis críticos de desgaste e exigem substituição. Esta análise serve de fundamento para a compreensão do próximo item, que aborda a manutenção predial como um instrumento decisivo para prolongar a vida útil dos componentes construtivos, preservar o desempenho energético e garantir a efetividade das AEE propostas.

2.8.1 **Manutenção**

A manutenção predial é um dos pilares fundamentais para assegurar a durabilidade e o desempenho das edificações ao longo do tempo. A ABNT NBR 15575-1 (2013) define durabilidade como "a capacidade da edificação ou de seus sistemas de desempenhar suas funções ao longo do tempo e sob condições de uso e manutenção especificadas. Assim como acontece na Norma de Desempenho, a NBR 17170 também reforça que as garantias estão atreladas ao uso e a operação correta da edificação e de seus sistemas, componentes e equipamentos como também relacionadas à execução correta dos programas ou planos de manutenção desenvolvidos e realizados pelos proprietários em observância à NBR 5674. Dessa forma, a ausência de práticas de manutenção compromete a vida útil da edificação e pode configurar negligência do responsável técnico.

A Norma de Desempenho também define desempenho como: "o comportamento em uso de uma edificação e seus sistemas". Segundo Gomide *et al.* (2021) esse conceito abrange os níveis de segurança, habitabilidade e sustentabilidade da edificação e serve de base para a manutenção das funções previstas em projeto. A norma de desempenho estabelece ainda critérios técnicos que orientam a funcionalidade ao longo da vida útil projetada, reafirmando a manutenção como condição indispensável para o alcance desses parâmetros.

Do ponto de vista legal, a legislação brasileira também responsabiliza civil e penalmente os gestores por omissões quanto à manutenção predial. O artigo 186 do

Código Civil estabelece que aquele que, por negligência, causar dano a outrem comete ato ilícito. Já o Código de Defesa do Consumidor veda a prestação de serviços em desacordo com normas da ABNT, como a NBR 5674, que trata da gestão de manutenção. O Código Penal, por sua vez, prevê penas para lesões causadas por negligência em edificações.

Em função dessas exigências, recomenda-se que síndicos, administradores ou gestores públicos contratem empresas especializadas e exijam a Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) ou o Registro de Responsabilidade Técnica (RRT) dos profissionais envolvidos. Segundo Lapo (2017), o custo anual de manutenção de um imóvel deve variar entre 1% e 2% do valor necessário para a reconstrução da edificação nas mesmas condições.

Entretanto, apesar das diretrizes normativas e legais, o cenário brasileiro ainda é marcado por deficiências na manutenção predial. Conforme indicam Gomide *et al.* (2019):

- 98% das edificações vistoriadas não possuem um programa de manutenção formalizado;
- 100% não ajustam seus planos de manutenção conforme a idade das instalações;
- Há deficiência na revisão e análise dos planos existentes;
- O registro histórico de intervenções é inexistente ou ineficaz;
- As recomendações dos fabricantes frequentemente são desconsideradas;
- Não há controle efetivo sobre a execução dos planos;
- A definição de responsabilidades pela execução das tarefas é falha.

A norma de desempenho (ABNT, 2013) apresenta a inspeção predial como ferramenta fundamental nesse contexto. Trata-se da verificação técnica das condições de uso e de manutenção preventiva e corretiva da edificação. As ações corretivas identificadas podem demandar, inclusive, obras de reabilitação.

A durabilidade dos componentes construtivos, em consonância com a Vida Útil de Projeto (VUP), deve ser constantemente monitorada. A manutenção adequada não apenas prolonga a vida útil do edifício, como também assegura o desempenho

energético pretendido, evitando intervenções mais custosas e imprevistas. Assim, torna-se evidente que a manutenção regular e bem planejada é parte indissociável da gestão pública responsável e do sucesso das AEE implantadas em projetos de reabilitação.

2.9 PATOLOGIAS, FALHAS E ANOMALIAS CONSTRUTIVAS

A primeira etapa de qualquer obra de reabilitação se constitui na elaboração do diagnóstico do edifício. Como já mencionado, as decisões aqui tomadas são determinantes para melhorar o desempenho futuro da edificação. Assim, a possibilidade de ganhos em eficiência energética deve ser também considerada nessa etapa.

Portanto, a inspeção predial pode ser concebida como um importante elemento incentivador das reformas e com potencial para desencadear um processo de melhoria de desempenho energético da edificação

A inspeção predial compreende análises de cunho técnico e, portanto, deve ser realizada por profissional capacitado, tendo como objetivo analisar a edificação sobre suas condições de segurança, salubridade e conforto dos usuários, como também questões relacionadas a perda de desempenho ou funcionalidade das instalações (Gomide *et al.*, 2019). O profissional que executa a inspeção deve também identificar a frequência e adequação dos procedimentos de manutenção praticados no prédio.

É aconselhável, portanto, a contratação de uma equipe multidisciplinar habilitada para o desempenho dessa função (ABNT, 2020). A necessidade de que a avaliação seja multidisciplinar já se faz notar nas práticas impostas pela Lei nº 6.400 do estado do Rio de Janeiro (RJ, 2013), que tornou obrigatória a realização de inspeção predial periódica nos imóveis da cidade.

Essa legislação estabelece uma lista sistêmica de itens que devem ser vistoriados de modo a constatar o estado de conservação e funcionamento da edificação, seus sistemas e subsistemas, para que sejam mantidas as condições mínimas necessárias à segurança, à habitabilidade e à durabilidade da edificação. Os itens elencados dizem respeito a estrutura, vedações e revestimentos, esquadrias, impermeabilizações, instalações hidrossanitárias, elétricas, de gás, de ar-condicionado, de ventilação, de exaustão mecânica e de elevadores, sistemas de

coberturas, sistemas de proteção contra descargas atmosféricas e sistemas de incêndio.

Assim, um dos principais motivadores de uma obra de reabilitação predial é o leque de opções que se abre quando da inspeção, com a identificação de anomalias e falhas de uso, falhas de operação ou manutenção.

No entanto, mesmo com seu grande potencial para dar início a uma reabilitação na qual se contemple ganhos em eficiência energética, a norma de inspeção predial, NBR 16.747 (2020), não é explícita quanto à necessidade de verificação de desempenho energético, de tal forma ao destacar que as análises sejam baseadas nos requisitos das normas existentes à época da construção. Além disso, ainda que faça menção à inclusão dos requisitos de sustentabilidade, destaca apenas requisitos de durabilidade e manutenibilidade da edificação, sendo indefinida quanto ao seu impacto ambiental.

Pode-se então concluir que existe uma lacuna quanto à investigação do impacto ambiental em decorrência do consumo ineficiente de energia elétrica na etapa de diagnóstico do edifício. Dessa forma, torna-se claro que o cabedal de normas relacionado aos processos de reabilitação/inspeção predial, devem ser combinados com o diagnóstico energético, que será tratado em capítulo específico, para a obtenção da completude de informações necessárias às propostas de reforma que se originarão a partir dessas informações. O diagnóstico energético será tratado em capítulo à parte.

Essa compreensão sobre falhas e anomalias prediais, no entanto, deve ser aprofundada a partir dos instrumentos técnicos que permitem sua detecção e classificação. Entre eles, destaca-se a inspeção predial, tema do próximo item, cuja função normativa, preventiva e diagnóstica será analisada com maior detalhamento a seguir.

2.9.1 Inspeção predial

A crescente adoção de leis municipais que tornam obrigatória a realização de inspeções prediais periódicas, como a legislação vigente no estado do Rio de Janeiro, evidencia a consolidação desse instrumento como um componente essencial da gestão pública responsável. Ademais, já se discute em âmbito nacional a regulamentação da obrigatoriedade dessas inspeções, o que reforça a importância

de se compreender seus objetivos, critérios e implicações técnicas.

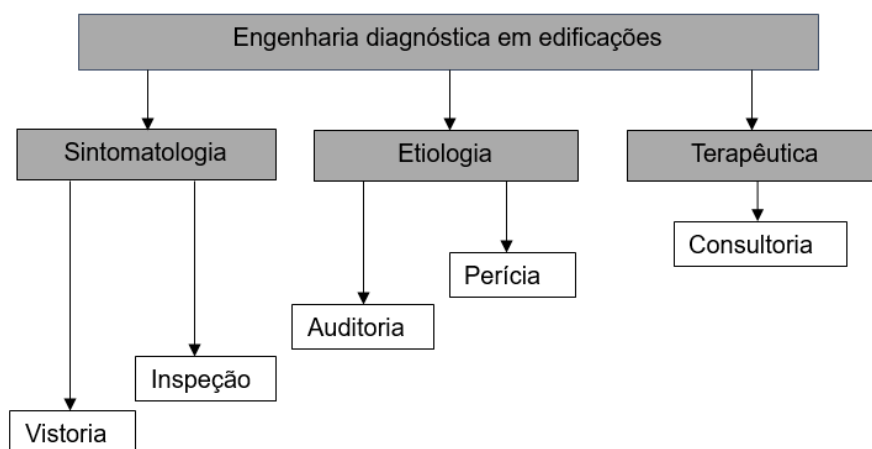
Pode-se afirmar que a prática da inspeção predial é uma das ferramentas do campo da engenharia diagnóstica, criada pela necessidade de aperfeiçoar a qualidade do edifício durante sua construção e ao longo de sua vida útil (Gomide *et al.*, 2019). A engenharia diagnóstica, conforme os autores, baseia-se em metodologias que se assemelham aos procedimentos da medicina, organizando-se em torno de três grandes dimensões: sintomatologia, etiologia e terapêutica.

A sintomatologia refere-se à constatação e análise dos sintomas e condições físicas das anomalias construtivas, realizada por meio das ferramentas de vistoria e inspeção. Vistoria é a constatação técnica in loco de determinada condição, enquanto inspeção é uma análise técnica baseada em informações genéricas e na experiência do engenheiro diagnóstico.

A etiologia diz respeito à determinação das causas, mecanismos de ação e fatores agravantes das patologias, utilizando-se de auditorias e perícias. Já a terapêutica envolve os estudos de reparação das falhas, com base em auditorias, perícias e consultorias técnicas.

Essas ferramentas se organizam em uma hierarquia que vai da vistoria à consultoria, conforme a complexidade e profundidade do diagnóstico necessário (Figura 6). Assim, considera-se nesta pesquisa que a inspeção predial, no contexto da reabilitação, deve ser compreendida dentro da abordagem mais ampla da engenharia diagnóstica.

Figura 6: Hierarquia dos métodos de engenharia diagnóstica em edificações



Fonte: Gomide *et al.* (2019)

A ABNT NBR 16.747 (2020) estabelece diretrizes para a realização da inspeção predial e define sua finalidade como a verificação técnica das condições de uso, manutenção, segurança e funcionalidade da edificação. A norma também enfatiza que a avaliação deve contemplar todos os sistemas construtivos e instalações, sendo os estudos específicos exigidos conforme a natureza e tipologia da edificação.

Com relação ao desempenho energético, a norma de inspeção predial, estabelece que as análises sejam pautadas nos requisitos normativos vigentes à época da construção. Embora mencione a necessidade de considerar aspectos de sustentabilidade, a norma limita-se a requisitos de durabilidade e manutenibilidade, sem explicitar parâmetros relacionados ao impacto ambiental. Dessa forma, identifica-se uma lacuna na etapa de diagnóstico técnico das edificações, uma vez que o consumo ineficiente de energia elétrica — e seus efeitos ambientais — não é abordado de forma sistemática.

O Quadro 3 apresenta os principais componentes normalmente avaliados em inspeções prediais de edifícios comerciais, residenciais e de escritórios, incluindo áreas comuns internas e externas, sistemas construtivos, instalações e equipamentos.

Quadro 3: Componentes habituais de verificação em uma inspeção predial comercial, residencial e de escritórios

Áreas comuns externas e internas	
Térreo	Guarita, jardins, estacionamentos, áreas de lazer, <i>halls</i> , vestiários, compartimento da lixeira, quadros e salas dos medidores das concessionárias etc.
Subsolos	Vagas de estacionamento, salas de pressurização, sala dos geradores, reservatórios inferiores, casa de bombas etc.
Escadaria e <i>halls</i>	Corrimãos, portas corta-fogo, <i>shafts</i> etc.
Cobertura	Casa de máquinas dos elevadores, barriletes etc.
Ático	Terraço ou telhado
Sistemas construtivos	
Fundações	Sapatas, blocos, muros de arrimo, estacas etc.
Estruturas	Pilares, vigas, lajes, <i>consoles</i> etc.
Fechamentos	Alvenarias, placas de concreto, placas <i>dry-wall</i> , divisórias etc.
Esquadrias	Portas, janelas, vitrôs, portões, grades, basculantes etc.
Revestimentos internos	Pisos, forros e paredes de cimentado, gesso, cerâmica, placas melamínicas, placas de concreto, pedras, tacos de madeira, <i>pintura</i> etc.
Fachadas	Argamassa pintada, textura, pele de vidro, placas metálicas etc.
Impermeabilizações	Mantas e proteções mecânicas
Instalações	
Instalações elétricas	Entrada, casa dos medidores (centro de medição), quadros, fiações, pontos de luz, interruptores, tomadas etc.
Instalações SPDA	Cabos, fixadores, ponteiros e aterramentos
Instalações hidráulicas	Reservatórios, bombas de recalque, registros, tubulações, válvulas, ralos, torneiras, louças sanitárias, sifões etc.
Instalações de telefonia	Quadro de entrada, central telefônica, DG, fiações, aparelhos de <i>recepção</i> etc.
Instalações de segurança contra incêndios	Caixas de hidrantes, mangueiras, ponteiros, portas corta-fogo, detectores de fumaça, quadros de controle, <i>sprinklers</i> , extintores etc.
Equipamentos	
Elevadores	Guias, máquinas, cabina, portas, sinalizações etc.
Pressurização	Ventiladores, quadros, tubulações etc.
Ar-condicionado	<i>Shillers</i> , <i>fancoils</i> , tubulações, grades, etc.
Automação	Fiações, quadros etc.

Fonte: Gomide *et al.* (2019)

Entretanto, a correção dos problemas detectados depende, em última instância, da capacidade financeira do responsável pela edificação. Por esse motivo, recomenda-se o uso de ferramentas auxiliares, como a matriz GUT (Gravidade,

Urgência e Tendência), que permite estabelecer graus de prioridade para as intervenções a serem realizadas.

Portanto, a inspeção predial deve ser integrada ao processo de diagnóstico técnico da edificação e entendida como uma ferramenta que fornece subsídios não apenas para garantir a segurança e o desempenho funcional do edifício, mas também para fundamentar a seleção de AEE e outras estratégias de reabilitação sustentáveis e orientadas por evidências.

2.9.2 A matriz GUT

Como etapa complementar à inspeção predial, torna-se necessário aprofundar os critérios de priorização das intervenções identificadas nos diagnósticos técnicos. Essa necessidade ganha especial importância em contextos de restrição orçamentária, nos quais é fundamental hierarquizar as ações corretivas e estratégicas. A Matriz GUT (Gravidade, Urgência e Tendência) surge como uma ferramenta metodológica útil nesse processo, por permitir a transformação de avaliações qualitativas em indicadores quantitativos que orientam as decisões.

A norma de inspeção predial (ABNT, 2020) propõe uma classificação em três níveis de prioridade, porém, essa estrutura pode ser insuficiente em contextos mais complexos, pois tende a classificar a maioria das anomalias como prioridade máxima, dificultando a distinção entre falhas críticas e aquelas de menor impacto imediato. Nesse cenário, a Matriz GUT oferece uma alternativa mais sensível e precisa.

Desenvolvida originalmente por Kepner e Tregoe (1981) e adaptada para o setor da construção civil, a metodologia GUT avalia as anomalias a partir de três parâmetros:

- Gravidade (G): intensidade do impacto ou dano causado;
- Urgência (U): tempo disponível para a correção antes que ocorra agravamento;
- Tendência (T): probabilidade de evolução da falha caso não seja tratada.

Cada parâmetro recebe uma nota, e o índice final pode ser obtido por adição ou por multiplicação dos valores atribuídos, resultando em um ranking de prioridades

Para aplicar essa ferramenta, é essencial que o profissional responsável considere variáveis como o grau de deterioração do sistema, condições ambientais, qualidade

dos materiais e métodos construtivos empregados, eventual mudança de uso do edifício, bem como o histórico de manutenção ou mudanças no entorno dentre outras. O Quadro 4, adaptado de Gomide *et al.* (2019), apresenta uma sugestão de pontuação para os graus de comprometimento de cada parâmetro da matriz:

Quadro 4: Classificação dos graus de comprometimento da matriz GUT

Classificação dos graus de comprometimento da matriz GUT				
Grau	Nota	Gravidade	Urgência	Tendência
Máximo	10	Risco à vida dos usuários, colapso da edificação, dano ambiental grave	Evolução imediata	Em ocorrência
Alto	8	Risco de ferimento aos usuários, avaria não recuperável na edificação, contaminação localizada	Evolução a curto prazo	A ocorrer
Médio	6	Insalubridade aos usuários, deterioração elevada da edificação, desperdício dos recursos naturais	Evolução a médio prazo	Prognóstico para breve
Baixo	3	Incômodo aos usuários, degradação da edificação, uso não racional dos recursos naturais	Evolução a longo prazo	Prognóstico para adiante
Mínimo	1	Depreciação imobiliária	Não evoluirá	Imprevisto

Fonte: Gomide *et al.* (2019)

A aplicação da matriz GUT permite uma ordenação comparativa das anomalias encontradas, com base em critérios técnicos uniformizados. Isso garante maior objetividade na alocação de recursos e na definição das etapas de um projeto de reabilitação, especialmente quando se deseja incluir ações de eficiência energética (AEE).

Por fim, cabe destacar que a matriz deve ser adaptada à natureza específica de cada sistema construtivo ou instalação predial, considerando normas técnicas e objetivos funcionais distintos. Por exemplo, sistemas estruturais de concreto exigem ênfase na durabilidade e estabilidade, enquanto instalações elétricas priorizam a segurança e a continuidade operacional. Portanto, embora padronizada em seu formato, a matriz GUT requer interpretação técnica criteriosa para garantir sua efetividade como instrumento de apoio à decisão.

Por conseguinte, pode-se inferir que a definição dos conceitos e diretrizes específicas de cada um dos enfoques da matriz GUT – gravidade, urgência e tendência – é um assunto complexo e bastante influenciado pela experiência dos profissionais que executam a inspeção e dos que a analisam.

Nesta pesquisa, sua aplicação busca identificar anomalias que, por seu grau de criticidade, podem servir como vetores para intervenções prioritárias associadas às AEE. Dessa forma, a matriz GUT atua como ferramenta estratégica para integrar diagnósticos técnicos e decisões de *retrofit* com foco em desempenho e

sustentabilidade.

Este capítulo tratou do marco legal e institucional, dos fundamentos da argumentação racional e dos critérios de tomada de decisão pela Administração Pública, além de discutir aspectos relacionados ao ciclo de vida das edificações e às patologias construtivas. Com base nessas questões, o capítulo seguinte foca especificamente no desempenho energético, abordando conceitos, ferramentas e métodos que dão suporte à aplicação prática da eficiência energética em obras de reabilitação.

3 **DESEMPENHO ENERGÉTICO**

3.1 **OBJETIVOS E ESTRUTURA DO CAPÍTULO**

Este capítulo compõe o segundo bloco do referencial teórico e tem como objetivo apresentar os instrumentos técnicos que fundamentam a avaliação do desempenho energético de edificações públicas. A avaliação criteriosa do desempenho energético é fundamental para identificar oportunidades de melhoria, justificar a adoção de ações de eficiência energética (AEE) e embasar a seleção das alternativas mais adequadas no contexto de projetos de reabilitação.

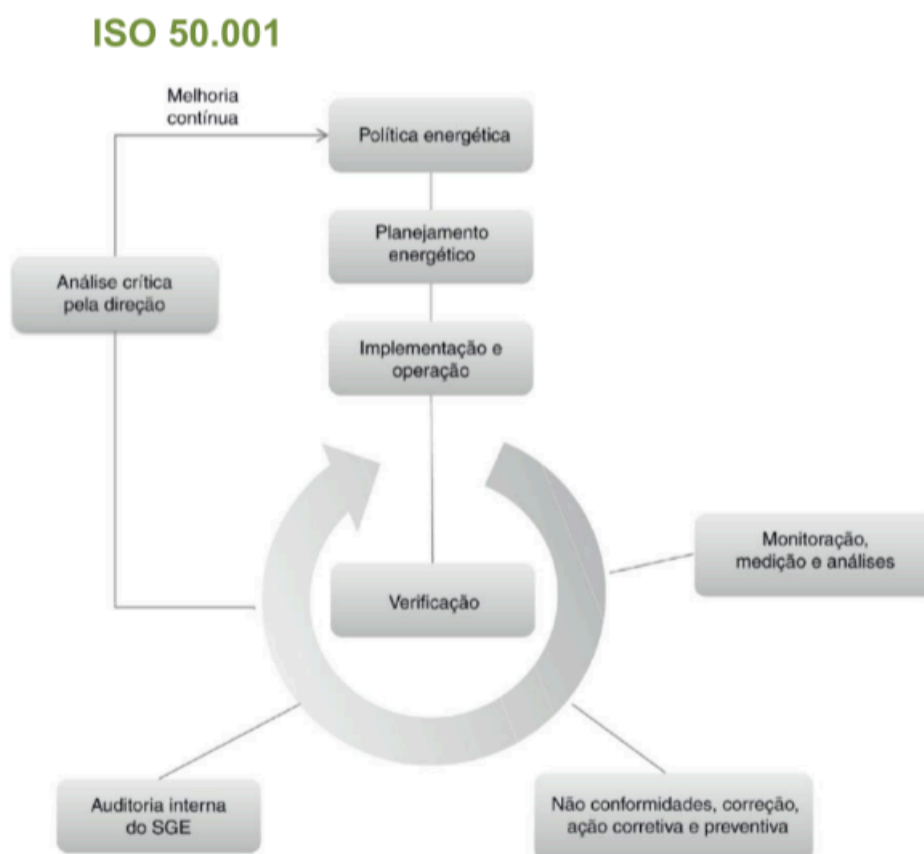
Cabe destacar, desde já, que todos os instrumentos técnicos que serão discutidos—embora distintos em finalidade e escopo—compartilham um mesmo desafio: a carência de capacitação técnica nas equipes públicas. Esse gargalo, já identificado no Capítulo 2, pode comprometer tanto a aplicação direta dos instrumentos quanto a qualidade da contratação de serviços especializados, funcionando como um condicionante transversal para a efetividade de todo o processo de avaliação de desempenho energético.

3.2 **SISTEMA DE GESTÃO DE ENERGIA (SGE)**

A adoção de Sistemas de Gestão de Energia (SGE) representa um passo estratégico para a melhoria contínua do desempenho energético nas edificações públicas. Esses sistemas são estruturados com base em diretrizes organizacionais, procedimentos operacionais, metas de desempenho e mecanismos de monitoramento, que juntos visam promover o uso eficiente da energia e a redução de desperdícios.

Entre as principais referências sobre gestão de energia, destaca-se a norma ABNT NBR ISO 50001: Sistemas de Gestão da Energia, amplamente reconhecida e adotada. Os princípios gerais dessa norma, resumidos na Figura 7, incluem a responsabilidade da alta direção em garantir o funcionamento eficaz do sistema, a formulação de uma política energética abrangente, o planejamento detalhado que orienta a implementação do programa, e um processo contínuo de verificação e análise para assegurar a melhoria contínua (CBCS, 2016).

Figura 7: Modelo de Sistema de gestão da norma ISO 50.001



Fonte: Fossa (2016)

O conceito de gestão de energia surge da percepção de que iniciativas isoladas de eficiência energética, mesmo quando bem implementadas, frequentemente carecem de continuidade. Mudanças pontuais em tecnologias, sem o devido acompanhamento sistemático, tendem a produzir benefícios limitados e de curta duração. Assim, a necessidade de um mecanismo mais abrangente impulsionou o desenvolvimento de sistemas de gestão energética que promovem o uso racional da energia de forma contínua e estruturada. Entre os benefícios dessas abordagens estão a redução das emissões de gases de efeito estufa, maior segurança energética e aumento da produtividade.

A norma ISO 50001: 2011 destaca a importância do compromisso da alta direção e da formação de uma equipe dedicada à gestão energética. O CBCS (Conselho Brasileiro de Construção Sustentável) identificou que cerca de 20% das recomendações de eficiência energética para edifícios públicos estavam relacionadas à gestão. Edifícios com gestores específicos para manutenção e operação apresentaram melhor desempenho e maior eficiência (CBCS; PNUD e

MMA, 2017).

No Brasil, o Bloco U da Esplanada dos Ministérios tornou-se referência com a certificação ISO 50001, após a criação da Comissão Interna de Conservação de Energia (CICE). Outros exemplos relevantes incluem o Tribunal de Contas do Estado de Mato Grosso e o edifício-sede do MME e do Ministério do Turismo, com apoio da GIZ ².

Segundo o livro *Eficiência Energética: Teoria & Prática* (Marques, Haddad e Guardia, 2007), desenvolvido com o apoio do PROCEL Educação, a CICE é considerada fundamental no processo de efficientização do consumo de energia, funcionando como o núcleo de gestão que traduz, no âmbito das empresas e dos órgãos públicos, os princípios mais amplos de um Sistema de Gestão de Energia (SGE). Seu porte varia conforme a dimensão da organização, devendo contar com pelo menos três integrantes — incluindo um coordenador — e abranger diferentes áreas, como administrativas, técnicas e de comunicação.

Cabe à CICE a condução das ações centrais do programa de gestão energética: diagnóstico, controle dos índices e comunicação de resultados. No setor público, o Decreto nº 99.656/1990 tornou obrigatória sua criação em órgãos da Administração Federal com consumo anual acima de 600.000 kWh, estabelecendo-a como indicador de porte e de compromisso institucional com a eficiência energética (MME, 2011).

Contudo, a simples existência formal de uma CICE não é suficiente para assegurar os resultados esperados. Para que o SGE cumpra seu papel, é necessário que a comissão disponha de condições institucionais e técnicas adequadas, incluindo capacitação, apoio da alta direção, acesso a dados confiáveis e integração com os demais instrumentos de gestão. Sem essas condições, o sistema se torna frágil, funcionando apenas de forma burocrática e incapaz de sustentar a melhoria contínua do desempenho energético.

A implantação de um SGE pode preceder o diagnóstico energético, pois fornece uma visão integrada do consumo e estabelece bases de referência que facilitam a detecção de desvios e oportunidades de intervenção. Dessa forma, o SGE atua

² A GIZ (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit) é uma agência alemã de cooperação internacional que trabalha em parceria com governos, setor privado e sociedade civil em diversos países, incluindo o Brasil, para promover o desenvolvimento sustentável

tanto como instrumento de gestão quanto como ponto de partida para futuras ações de eficiência energética (AEE).

No contexto da reabilitação de edifícios públicos, a existência de um SGE facilita a coleta e organização de dados históricos de consumo, promove a continuidade das práticas de eficiência energética após a implantação das AEE e reforça a cultura institucional voltada para a melhoria contínua. Por esses motivos, o SGE é considerado um pilar fundamental para a avaliação do desempenho energético no setor público.

Além disso, a presença de um SGE tem o potencial de suprir uma lacuna recorrente: a desconexão entre as diretrizes do Plano de Logística Sustentável (PLS) e as oportunidades de eficiência energética associadas às obras de reabilitação. Como qualquer contratação de obras e serviços de engenharia deve observar as orientações do PLS, o direcionamento explícito desse instrumento para o SGE cria uma ponte obrigatória entre planejamento estratégico, contratações e execução das intervenções. Dessa forma, evita-se que as AEE previstas nos PLS sejam tratadas como iniciativas isoladas — frequentemente de caráter administrativo ou operacional — e se garante sua integração às oportunidades estruturais que emergem durante as reabilitações. Assim, o SGE se consolida como mecanismo de articulação entre política institucional e prática projetual, mitigando a fragmentação identificada no Capítulo 2 e reforçando a conexão com o problema central da pesquisa.

Os sistemas de gestão energética também fornecem critérios claros para priorizar oportunidades de melhoria. Os principais aspectos considerados nesse processo de priorização incluem:

- Identificação de usos significativos de energia (USE);
- Estabelecimento de metas de redução de consumo;
- Definição de sistemas de priorização de ações.

Os itens a seguir detalham cada um desses aspectos, reforçando como eles se articulam para orientar decisões consistentes no planejamento e implementação de Ações de eficiência energética em edifícios públicos.

3.2.1 Identificação dos Usos Significativos de Energia (USE)

É fundamental que as ações de eficiência energética (AEE) propostas sejam

fundamentadas no reconhecimento dos Usos Significativos de Energia (USE) dentro da instituição. Os USE correspondem a usos finais que são responsáveis por um consumo substancial de energia e/ou apresentam um potencial significativo para melhoria no desempenho energético. Este conceito é diretamente embasado nas diretrizes da norma ISO 50001.

Não é razoável ou viável desenvolver ações de melhoria de desempenho energético em todo o conjunto de usos de energia de uma organização. A identificação dos USE orienta o processo de priorização das oportunidades, garantindo que as ações adotadas sejam concentradas nos processos e sistemas considerados mais relevantes do ponto de vista da melhoria do desempenho energético.

A observação detalhada das condições de uso e consumo de energia, especialmente nos elementos que consomem mais energia (USE), é fundamental para identificar oportunidades de melhoria do desempenho energético. Os USE são um elemento essencial no planejamento, sendo foco da Revisão Energética para direcionar os esforços de melhoria contínua. A lista de USE é uma entrada para a definição de objetivos, metas energéticas e planos de ação. Recomenda-se também estabelecer um ou mais Indicadores de Desempenho Energético (IDE) para cada USE identificado.

Cada sistema classificado como USE deve ser dimensionado e caracterizado adequadamente, incluindo variáveis como condições climáticas, taxa de ocupação do edifício e estado de manutenção dos equipamentos. O potencial de economia de energia está associado aos aspectos operacionais dos equipamentos que compõem os USE, sendo fundamental estabelecer parâmetros operacionais adequados para garantir a maior eficiência possível.

Tais sistemas devem receber manutenção preventiva constante, e recomenda-se que sejam monitorados por meio de um sistema de gerenciamento de energia, o que permite avaliar continuamente seu desempenho, identificar desperdícios e corrigir desvios. O desempenho energético dos USE deve ser monitorado, medido, analisado e avaliado de forma sistemática como parte da avaliação do SGE.

Além disso, os USE identificados devem receber atenção especial dos gestores de energia, uma vez que seu acompanhamento contínuo possibilita ajustes operacionais relevantes. Após a implementação de ações de melhoria, é possível

que um determinado uso deixe de ser classificado como significativo, reforçando a necessidade de revisão periódica do sistema de gestão de energia.

3.2.2 Cálculo das Metas

As metas estão diretamente associadas aos Indicadores de Desempenho Energético (IDE) e servem para avaliar a situação real do desempenho energético, por meio da comparação com a Linha de Base Energética (LBE). Essa comparação permite verificar se a meta prevista está sendo cumprida e, conseqüentemente, se há melhoria do desempenho energético.

As metas energéticas são incluídas nos planos de ação, que reúnem os procedimentos necessários para atingir os objetivos definidos. O conteúdo mínimo de um plano de ação inclui:

- A identificação das atividades a serem realizadas;
- As metas vinculadas a essas atividades;
- O método pelo qual será verificado o atingimento da meta e, portanto, a melhoria do desempenho energético.

Normalmente, as metas são definidas de acordo com os critérios S.M.A.R.T., que significa: Specific, Measurable, Attainable, Relevant, Time Based (Específico, Mensurável, Atingível, Relevante e "Com prazo")

O aspecto mensurável é fundamental, e a associação com os IDE e com a LBE é o que permite a mensuração objetiva do desempenho. O cumprimento dessas metas contribui de maneira direta para a melhoria contínua da eficiência energética na instituição, em conformidade com os princípios da norma ISO 50001.

No contexto internacional, como na General Services Administration (GSA) dos Estados Unidos, que estabelece diretrizes para contratações de construções novas, modernizações e alterações em prédios públicos. a definição prévia de metas energéticas orienta os projetos de novas construções ou reformas³. (GSA, 2018; Mattos e Bastos, 2021).

3.2.3 Sistemas de priorização de ações

O sistema de priorização de ações dentro de um Sistema de Gestão de Energia

³ O Facilities Standards for the Public Buildings Service - P100, é o documento que estabelece os padrões de instalações para o serviço de edifícios públicos nos EUA

(SGE) regido pela ABNT NBR ISO 50001 é um componente crucial do processo de planejamento. Ele é necessário porque não é razoável, ou mesmo viável, desenvolver ações de melhoria de desempenho energético em todo o conjunto de usos de energia de uma determinada organização.

O processo de priorização baseia-se na identificação de dois elementos centrais durante a Revisão Energética⁴:

- Usos Significativos de Energia (USE): Estes são os usos finais que consomem uma quantidade substancial de energia e/ou têm um considerável potencial para melhoria. A identificação dos USE por si só já orienta a priorização, direcionando as ações para os processos e sistemas mais relevantes do ponto de vista da melhoria do desempenho energético.
- Oportunidades de Melhoria do Desempenho Energético: Estas oportunidades são identificadas através da observação e análise detalhada das condições de uso e consumo de energia, fazendo perguntas sobre a necessidade de equipamentos, medidas para consumir menos energia, alternativas tecnológicas etc. Envolver diversos funcionários no processo de identificação de oportunidades pode gerar mais ideias.

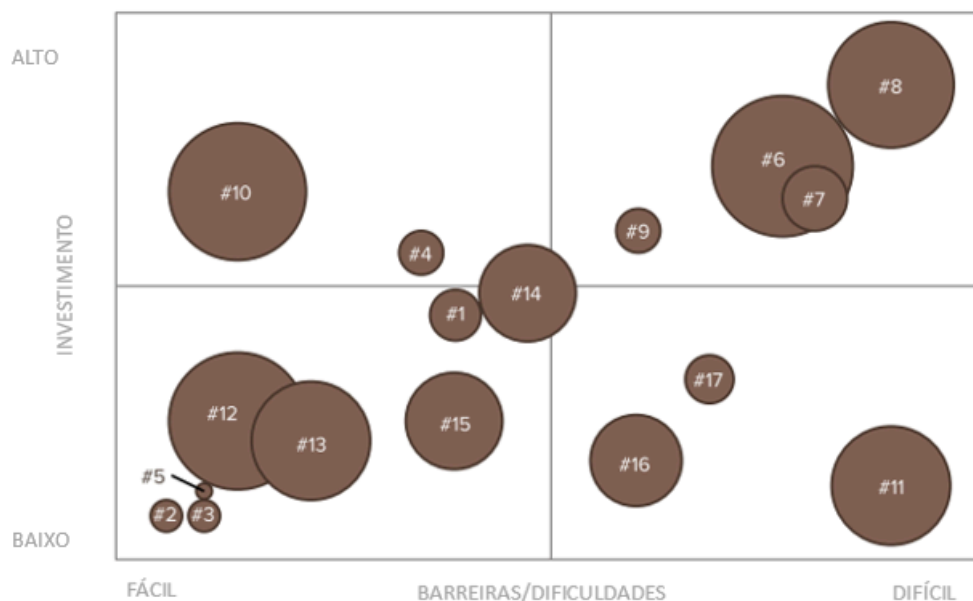
Para selecionar quais oportunidades identificadas devem ser implementadas, a avaliação normalmente envolve a análise de ao menos três fatores:

- Potencial de redução do consumo de energia;
- Investimento necessário;
- Dificuldade de implementação.

Ferramentas visuais como gráficos de bolhas (Figura 8) podem ser utilizadas para apoiar a tomada de decisão. Neles, as oportunidades são representadas graficamente com base no investimento e na dificuldade de implementação, de forma que as bolhas mais próximas à interseção dos eixos (baixo investimento, baixa dificuldade) indicam ações com maior potencial de retorno.

⁴ A revisão energética é uma etapa principal do planejamento energético dentro de um Sistema de Gestão de Energia (SGE) baseado na ABNT NBR ISO 50001. As atividades envolvidas incluem: levantamento dos usos finais e tipos de energia consumidos, identificação dos Usos Significativos de Energia (USE) e identificação de oportunidades para melhoria do desempenho energético. Fazendo um paralelo com o diagnóstico energético, este é um tipo de estudo ou ferramenta (definido em outra norma, a ISO 5002) que pode ser utilizado para suportar essa revisão.

Figura 8: Exemplo de gráfico de bolha utilizado na seleção de oportunidades



Fonte: Fossa e Sgarbi (2016)

As oportunidades priorizadas, resultantes desse processo, tornam-se insumos fundamentais para a definição dos objetivos, metas energéticas e planos de ação. Esses planos de ação, por sua vez, devem reunir os procedimentos necessários para atingir os objetivos definidos, incluindo a identificação das atividades, as metas correspondentes e os métodos de verificação de sua eficácia.

3.3 DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO

Embora o diagnóstico energético não constitua um requisito formal da ABNT NBR ISO 50.001, ele se apresenta como uma ferramenta estratégica complementar no contexto da gestão energética. A norma ABNT NBR ISO 50.002, que trata especificamente do diagnóstico energético, fornece diretrizes que podem embasar a revisão energética dentro de um sistema de gestão de energia, conferindo-lhe maior robustez técnica e precisão analítica. Assim, mesmo que o diagnóstico não seja exigido pela ISO 50.001, ele pode ser utilizado de forma integrada para fortalecer os fundamentos do planejamento energético e aumentar a eficácia das ações de eficiência energética.

A fase de planejamento energético do SGE exige uma análise abrangente do uso e consumo de energia da organização ou edifício. Essa análise é realizada por meio de um diagnóstico energético, cujo objetivo é identificar áreas de uso significativo de

energia e oportunidades para melhorar o desempenho energético.

O diagnóstico energético deve ser parte integrante do programa de gestão de energia, funcionando como uma ferramenta essencial para a compreensão do perfil energético e o planeamento de ações. O diagnóstico deve estar alinhado aos parâmetros e objetivos definidos na política energética da organização, como retorno financeiro mínimo aceitável para implementação de ações, além de considerar informações sobre possíveis reformas ou modernizações planejadas no edifício.

Os resultados do diagnóstico permitem:

- Compreender o perfil de consumo energético existente;
- Definir uma linha de base para calcular economias futuras;
- Estabelecer metas de consumo;
- Criar um plano de ação para implementar ou aprofundar estudos sobre ações de eficiência energética (AEE).

Mesmo na ausência de um sistema formal de gestão de energia, o diagnóstico pode ser motivado por outros fatores, como a necessidade de reduzir custos com energia ou minimizar impactos ambientais adversos (Mitsidi, 2016).

As recomendações técnicas da ASHRAE 211 (ANSI, 2018) estabelecem padrões para auditorias energéticas em edifícios comerciais nos Estados Unidos, e fornecem orientações sobre as tarefas a serem executadas por auditores, dependendo do nível de serviço contratado. Em uma auditoria básica, são incluídos:

- Avaliação geral do edifício;
- Comparação do consumo energético com um referencial de mesma categoria;
- Identificação de ações potenciais de eficiência energética, desde ações de custo zero até aquelas que exigem investimento de capital;
- Relatórios com estimativas de economia caso as metas de eficiência sejam atingidas.

Programas como a chamada pública de eficiência energética das distribuidoras de energia elétrica, que financiam projetos para consumidores de todos os setores, incluindo o público, recomendam a parceria com Empresas de Serviços de

Conservação de Energia (ESCOs). Essas empresas avaliam o potencial de eficiência energética e executam projetos, oferecendo vantagens como o regime de empreitada integral, que elimina a necessidade de processos licitatórios e concentra a responsabilidade em uma única entidade (ANEEL, 2016).

No entanto, em reabilitações de edifícios públicos realizadas por processos convencionais de licitação, os custos de contratação de ESCOs precisariam ser arcados com recursos próprios. Como alternativa para contornar restrições orçamentárias, algumas iniciativas têm promovido o uso de equipes técnicas internas para a realização de diagnósticos. Um exemplo é a Rede de Aprendizagem em Eficiência Energética e Geração Distribuída em Edifícios Públicos (RedEE – Edifícios Públicos), que capacita instituições públicas para a realização de diagnósticos energéticos e desenvolver ações de eficiência energética e integração de geração distribuída (MME, GIZ, 2022).

Independentemente da abordagem utilizada, o diagnóstico energético deve seguir algumas etapas essenciais:

- Levantamento preliminar de informações básicas: Inclui dados gerais do edifício.
- Coleta detalhada de informações: Análise de faturas de energia elétrica, medições e controles, entre outros.
- Visita técnica: Avaliação in loco do funcionamento do edifício e identificação de fatores que influenciam no consumo de energia.
- Cálculo do consumo por uso final: Utilização de ferramentas apropriadas para detalhar o perfil energético.
- Elaboração do relatório de diagnóstico: Consolidando as informações e identificando oportunidades de melhoria.

Com base nesse diagnóstico, são sugeridas ações de eficiência energética (AEE) para otimizar o consumo energético e reduzir custos. O diagnóstico não apenas identifica problemas, mas também capacita a organização para implementar soluções práticas e sustentáveis, tornando-se um componente essencial de qualquer estratégia de gestão energética.

3.4 BENCHMARKING ENERGÉTICO

Dando continuidade ao processo de avaliação do desempenho energético, o benchmarking surge como uma ferramenta estratégica complementar ao diagnóstico energético. Enquanto o diagnóstico fornece uma análise detalhada do consumo e das oportunidades de melhoria no contexto específico de uma edificação, o benchmarking amplia essa análise ao permitir a comparação com padrões internos e externos, conferindo maior objetividade e embasamento às decisões relacionadas à eficiência energética.

O termo "benchmarking", de origem anglo-saxônica, refere-se ao processo de medição e comparação com um padrão de referência. Desenvolvido para atender à necessidade de padrões de comparação mais detalhados, o benchmarking se concentra no mapeamento de processos e no aprimoramento contínuo, especialmente em um cenário de alta competitividade e crescentes exigências de qualidade. Embora seja mais consolidado nos Estados Unidos e na Europa, o uso do *benchmarking* no Brasil tem crescido desde a década de 1990, sendo reconhecido como uma ferramenta valiosa para a gestão empresarial (Albertin; Kohl e Elias, 2015).

De acordo com Camp (1994, Apud Albertin; Kohl e Elias, 2015), os benefícios do *benchmarking* (Quadro 5) incluem maior eficiência, identificação de boas práticas e suporte ao planejamento estratégico. Esses benefícios, frequentemente associados ao setor privado, podem ser adaptados para organizações públicas, especialmente em iniciativas de eficiência energética.

Quadro 5: Benefícios do *benchmarking*

Empresa sem benchmarking	Empresa com benchmarking
1. Definição das necessidades do cliente	
Baseada no "achismo" e impreciso.	Baseada no mercado, criteriosa e precisa.
2. Estabelecimento de objetivos e metas	
Pouco foco externo, reativo e retardatário.	Exequível, pró-ativo e focada na liderança.
3. Medição da produtividade	
Caminho mais fácil, com menos resistência e sem conhecimento das "forças e fraquezas".	Solução de problemas reais, compreensão do desempenho e baseada nas melhores práticas.
4. Competitividade	
Voltada para dentro com mudanças esperadas e evolutivas sem muitas responsabilidades.	Compreensão da concorrência, novas ideias para processos e tecnologias testadas com responsabilidade.
5. As melhores práticas	
Síndrome do "não invente aqui" com soluções esperadas.	Busca por mudanças com muitas opções e inovações.

Fonte: Albertin; Kohl e Elias (2015)

No contexto da eficiência energética, o *benchmarking* pode ocorrer de duas formas principais:

- Benchmarking Interno: Compara o desempenho do edifício antes e depois da implementação de ações de eficiência, utilizando linhas de base específicas, utilizado no sistema de gestão energética SGE.
- Benchmarking Externo: Compara o consumo energético do edifício com referências do setor, permitindo avaliações rápidas e identificando potenciais de melhoria.

O *benchmarking* externo apresenta uma ampla gama de aplicações (Borgstein e Lamberts, 2014):

- Definir níveis típicos de consumo energético para comparações rápidas.
- Valorizar imóveis com eficiência energética superior.
- Servir como base para programas de eficiência energética.
- Oferecer parâmetros para projetos de edificações eficientes.
- Implementar sistemas de etiquetagem de eficiência energética, concedendo selos com base em *benchmarks*.

Organizações internacionais, como o *Chartered Institution of Building Services Engineers* (CIBSE) no Reino Unido, publicam benchmarks para diversas tipologias de edificações, muitas vezes incorporados à legislação nacional. Nos Estados Unidos, o portal *Energy Star Portfolio Manager*, usado por mais de 260 mil edifícios, permite comparações rápidas e padronizadas de consumo energético, abrangendo mais de 40% dos espaços comerciais construídos no país (Borgstein e Lamberts, 2014).

No Brasil, problemas operacionais e má gestão em edificações certificadas como sustentáveis podem levar a consumos superiores aos de edifícios comuns, reforçando a necessidade de *benchmarks* baseados em dados reais (CBCS, 2013). Desde 2013, o Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS) tem liderado iniciativas para criar benchmarks e bases de dados de consumo energético, com destaque para o programa Desempenho Energético Operacional em Edificações (DEO) (Borgstein e Lamberts, 2014).

Em parceria com o Projeto PNUD BRA/09/G31⁵, e a Eletrobrás, o CBCS desenvolveu benchmarks específicos para edifícios públicos administrativos no âmbito do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL). Esses benchmarks são classificados em duas categorias principais (CBCS, 2016):

- Benchmark Típico: Representa edifícios com sistemas adequados e operação eficiente, sem grandes desperdícios.
- Boas Práticas: Refere-se a edifícios com sistemas e operações otimizados, sendo uma meta de desempenho ideal alcançável por meio de ações de eficiência energética (AEE) e programas de gestão energética.

Em março de 2021, a plataforma DEO foi ampliada, passando a incluir 14 novas tipologias de edifícios além das três iniciais (agências bancárias, escritórios corporativos e edifícios públicos administrativos). Essa atualização visa:

- Criar indicadores de benchmarks de desempenho energético.
- Possibilitar diagnósticos energéticos completos para edifícios ineficientes.

⁵ O Projeto PNUD BRA/09/G31 - “Transformação do mercado de eficiência energética no Brasil” - tem o objetivo de influenciar e desenvolver o mercado de eficiência energética em edificações comerciais e públicas e se insere no contexto do Projeto 3E que tem como principal agência executora o Ministério de Meio Ambiente (MMA)

- Avaliar a qualidade ambiental e a satisfação dos usuários.
- Apoiar a formulação de políticas públicas

O procedimento para obtenção de *benchmark* de consumo energético é específico para cada tipo de edificação. No caso de edifícios públicos administrativos, segundo o CBCS (2017) são as seguintes características relacionadas:

- Edifícios públicos das esferas federal, estadual, municipal e empresas públicas.
- Edifícios com grandes variações de tamanho, idade e tecnologia de ar-condicionado.
- Quanto ao condicionamento de ar podem ser completamente condicionados, parcialmente condicionados ou contar com condicionamento apenas em ambientes críticos.
- Nem todos os edifícios atingem níveis mínimos de conforto ou qualidade ambiental - é necessário avaliar isso antes de realizar exercícios de benchmarking.
- A presença de datacenters dentro do edifício não é uma regra.
- Na maioria dos casos, a ocupação do edifício é de um único usuário, mas há muitos exemplos de edifícios compartilhados com outras organizações públicas ou privadas.

Dessa forma, considerando as variáveis descritas do edifício, é possível determinar seu consumo típico e identificar boas práticas, o que permite análises detalhadas por sistema, como ar-condicionado e iluminação (CBCS; PNUD e MMA, 2017). Maciel *et al.* (2023) destacam que a obtenção de dados reais em larga escala facilita o conhecimento do desempenho energético das edificações e pode impulsionar a adoção de medidas de eficiência energética no setor da construção civil, embora ainda sejam necessárias mais investigações.

Assim, o diagnóstico simplificado, baseado em modelos estatísticos menos robustos, permite análises rápidas e exige pouco conhecimento técnico, mas pode apresentar maior incerteza nos resultados, especialmente em edificações com geometrias e parâmetros de controle mais simples (Maciel *et al.*, 2023).

3.5 PROCESSO DE MEDIÇÃO E VERIFICAÇÃO

A Medição e Verificação (M&V) é o processo que utiliza medições e análises para estimar, com precisão, as economias reais de energia geradas em uma instalação devido à implementação de ações de eficiência energética ou estratégias de gestão de energia (Grillone *et al.*, 2020).

No contexto de um Sistema de Gestão de Energia (SGE), a M&V desempenha um papel transversal e indispensável. Ela está intimamente ligada ao monitoramento e análise do desempenho energético, sendo essencial para sustentar a melhoria contínua e fundamentar decisões estratégicas com base em dados confiáveis. Sem a M&V, o SGE perde uma ferramenta-chave para validar resultados e manter sua eficácia ao longo do tempo.

Embora a M&V seja amplamente utilizada em SGE, seu escopo transcende esses sistemas. Pois, também é aplicada em projetos de eficiência energética, contratos de desempenho, chamadas públicas de distribuidoras de energia elétrica, entre outros contextos (MME e GIZ, 2022). Sua flexibilidade permite adaptações a diferentes finalidades, desde a comprovação de economias em projetos de *retrofit* até a validação de metas de eficiência energética.

A M&V é um processo em constante evolução, com métodos amplamente documentados em diretrizes como o Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Desempenho (IPMVP), proposto pela Efficiency Valuation Organization (EVO). Esse protocolo estabelece terminologia padrão e boas práticas para quantificar economias energéticas após a implementação de Ações de eficiência energética (AEE), e define quatro opções principais (Grillone *et al.*, 2020):

- Opção A: Isolamento Parcial do *Retrofit*: Mede parte do consumo do equipamento impactado pela AEE, com estimativas para alguns parâmetros.
- Opção B: Isolamento Completo do *Retrofit*: Mede todos os parâmetros relevantes, sem estimativas, para avaliar o impacto total.
- Opção C: Edifício Inteiro: Usa medidores de serviços públicos para avaliar o desempenho energético global. Indicado quando as economias são significativas.
- Opção D: Simulação Calibrada: Utiliza softwares de modelagem energética

com calibração baseada em dados reais.

Esses métodos são amplamente utilizados para validar economias energéticas e proporcionar confiança aos investidores, governos e outras partes interessadas.

Um elemento fundamental da M&V é a linha de base energética, que serve como referência quantitativa para comparações antes e depois das melhorias implementadas. Técnicas modernas, baseadas em dados, são utilizadas para desenvolver modelos de linha de base e estimar economias com maior precisão (Grillone *et al.*, 2020):

- Estatística tradicional: Regressões lineares e não lineares (como o PRISM).
- Machine Learning: Redes Neurais Artificiais, Random Forests e Gradient Boosting Machines.
- Métodos Bayesianos: Incorporam atualizações em tempo real para ajustes operacionais.

O processo de M&V deve ser conduzido por profissional certificado CMVP (Certified Measurement & Verification Professional), seguindo princípios fundamentais: precisão (uso de métodos e instrumentos adequados para reduzir incertezas), exaustividade (consideração de todas as variáveis relevantes que possam impactar o consumo), conservadorismo (adoção de premissas e cálculos cautelosos para evitar superestimar economias), consistência (aplicação uniforme dos métodos ao longo do tempo), relevância (foco em informações realmente úteis para a decisão) e transparência (documentação clara e verificável do processo). A adoção desses princípios garante a confiabilidade dos resultados.

Além disso, a M&V deve ser planejada desde o início do projeto. A instalação de equipamentos de medição com antecedência pode ser necessária para capturar a sazonalidade do consumo, e a definição da linha de base energética deve ocorrer antes da implementação das AEE, garantindo a comparação correta dos dados.

Diversos fatores podem impactar a linha de base, exigindo ajustes ao longo do tempo, como:

- Condições climáticas;
- Mudança de área construída;

- Alterações na ocupação e operação do edifício;
- Inclusão ou substituição de equipamentos/sistemas;
- Mudanças no padrão de uso e comportamento dos usuários.

Embora relacionada ao contexto de auditorias energéticas, a M&V é um processo independente e subsequente, voltado à validação da eficácia das ações implementadas. Sua padronização internacional e a certificação profissional asseguram a confiabilidade e a aceitação de seus resultados.

Em resumo, a M&V sustenta a credibilidade dos projetos de eficiência energética, fornece a base para a melhoria contínua e contribui para a efetividade dos investimentos realizados no setor público e privado. Além disso, responde a um dos principais gargalos identificados no Capítulo 2: a dificuldade de quantificação dos resultados obtidos. Ao estabelecer metodologias padronizadas e internacionalmente reconhecidas, a M&V mitiga essa deficiência, permitindo que as economias sejam aferidas de forma confiável. Essa função é decisiva não apenas para comprovar os ganhos energéticos decorrentes de ações de reabilitação, mas também para viabilizar contratos de performance, monitorar o cumprimento das metas de economia de energia estabelecidas pelo governo e assegurar o alinhamento com os objetivos internos das instituições públicas.

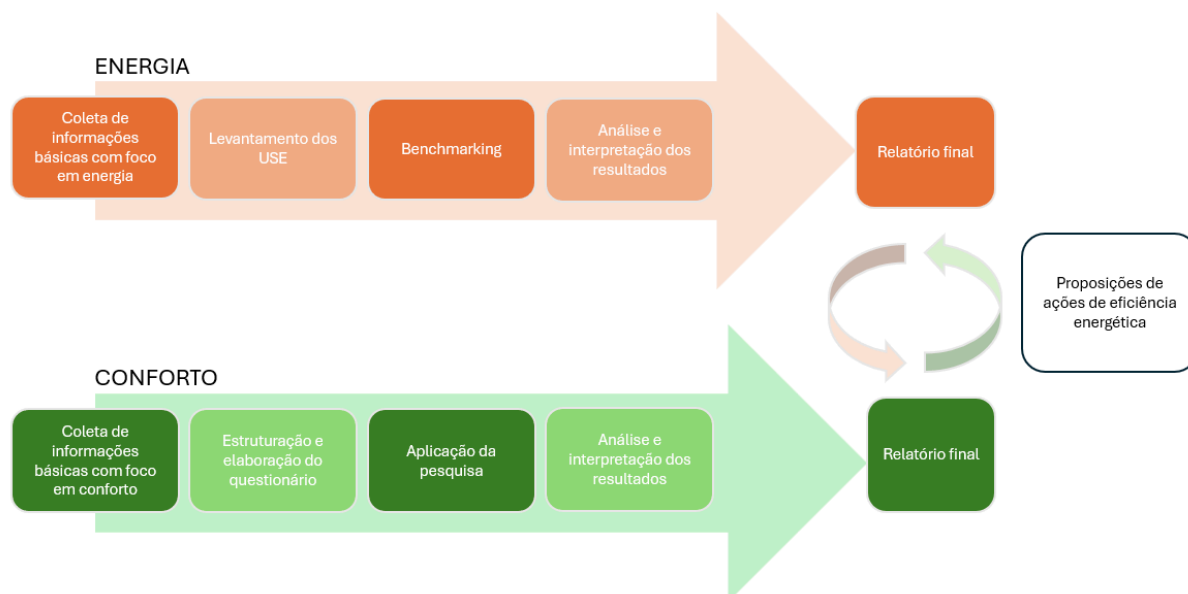
3.6 AFERIÇÃO DO CONFORTO AMBIENTAL NA PERSPECTIVA DO USUÁRIO

Após a etapa de validação técnica das ações de eficiência energética (AEE) por meio de medições e comparações objetivas — como as realizadas no processo de medição e verificação (M&V) —, é necessário integrar a perspectiva do usuário ao processo de avaliação do desempenho das edificações. Essa dimensão subjetiva é muitas vezes negligenciada nos projetos de *retrofit*, mas possui papel fundamental na identificação de necessidades latentes e na legitimação dos resultados alcançados. A aferição da percepção do conforto e da qualidade ambiental dos ambientes pelos ocupantes fornece subsídios valiosos para o aprimoramento contínuo das intervenções realizadas.

Na prática, observa-se uma grande variação nos níveis de conforto ambiental apresentados pelas edificações, o que sugere que um edifício pode ser eficiente energeticamente, mas ainda assim não proporcionar níveis mínimos de conforto térmico. Assim, para uma auditoria completa do edifício, é crucial que a verificação

energética seja conduzida simultaneamente com uma avaliação das condições oferecidas de conforto ambiental (Figura 9).

Figura 9: Resumo do processo de avaliação global de desempenho de edificações, incluindo diagnósticos energéticos e de conforto



Fonte: Adaptado de Mitsid (2016)

A aferição do conforto ambiental na perspectiva do usuário envolve o uso de ferramentas que ajudam a expressar seu grau de satisfação em relação ao ambiente enquanto realiza suas atividades laborais, sociais ou recreativas. Essa observação é de fundamental importância tanto para promover intervenções no ambiente considerado quanto para criar um banco de dados que auxilie intervenções dentro da mesma tipologia.

Contudo, é comum observar que nos projetos de reabilitação de instalações, os usuários não são frequentemente considerados, sendo que muitas vezes o interesse é a redução de custos por meio da efficientização de sistemas. Assim, as avaliações elaboradas para o processo decisório ficam restritas a métodos e técnicas de avaliação de desempenho físico obtidas a partir do ponto de vista do especialista.

Embora as avaliações da edificação frequentemente não incluam a percepção do usuário em seu escopo, é importante reconhecer que o usuário acaba por receber benefícios diretos ou indiretos por ações que envolvem as atualizações tecnológicas implantadas. Portanto, em certa medida, é pertinente aferir a percepção do usuário.

É importante salientar ainda que os benchmarks energéticos assumem que os "serviços energéticos" relacionados com o conforto térmico, renovação de ar e outras variáveis de conforto ambiental são atingidos dentro dos edifícios estudados, sendo, portanto, uma variável que precisa ser garantida para avaliar a adequação do consumo de energia do edifício para comparação com o referencial de edifícios de mesma tipologia (CBCS, PNUD e MMA, 2017). Além disso, a manifestação do usuário sobre os itens que deseja atualizar tecnologicamente pode ser um importante indicador para a tomada de decisão em relação às ações de eficiência energética propostas.

Para fazer essa verificação, um dos métodos mais comumente adotados é o questionário. Ono *et al.* (2018) listam uma série de cuidados que podem ser tomados no processo de elaboração do questionário para que as perguntas sejam efetivas e os dados obtidos sejam úteis para a pesquisa. Dentre eles destacam-se (Quadro 6):

Quadro 6: Estruturação e elaboração do questionário

Etapa	Opções
Definição dos objetivos	Abordagem geral (inclui todos os requisitos de desempenho do ambiente) ou específica
Público-alvo e amostra	Identificar os diferentes tipos de usuários existentes no ambiente
Elaboração de perguntas	Estruturada (nominal, ordinal ou intervalar) ou não estruturada (quantitativa ou qualitativa) Escala de avaliação de opinião (unipolar ou bipolar)
Escala de avaliação	Unipolar ou bipolar

Fonte: Autora

As normas internacionais ISO 10551 (2019), específica para conforto térmico e, e a ISO 28802 (2012) para conforto ambiental em geral, estabelecem, dentre outros critérios, as escalas de avaliação subjetiva de opinião.

O modelo de Avaliação de Desempenho do Edifício, conhecido como BPE (Building Performance Evaluation), estabelece que a satisfação do usuário deve ser continuamente monitorada e alinhada à avaliação dos parâmetros de qualidade ambiental. Essa abordagem permite uma adaptação de longo prazo para proprietários e gerentes de edifícios. Castro (2022) propõe uma metodologia alinhada ao BPE, constituída de três módulos:

- Módulo Padrão – Coleta de informações básicas do edifício, com dados físicos e subjetivos dos ocupantes.
- Módulo Completo – Aplicado após implementação de ajustes, com nova rodada de pesquisas de satisfação.
- Módulo Avançado – Monitoramento contínuo e institucionalização de boas práticas, com plataforma associada ao DEO.

Salienta-se ainda que é necessário considerar os aspectos éticos na aplicação de questionários pelo pesquisador. Para tanto, o projeto de pesquisa deve ser submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa via Plataforma Brasil. Os participantes devem ser informados sobre os procedimentos, riscos e benefícios, e registrar seu aceite formalmente.

De posse então dos dados estimados de consumo energético obtidos por meio do diagnóstico energético, e da aferição da qualidade ambiental na perspectiva do usuário, é recomendável a realização do *benchmarking* energético do edifício para estabelecer o seu nível de consumo com base no mercado brasileiro.

3.7 NOVA LEI DE LICITAÇÕES

Dando continuidade à análise dos elementos que fundamentam decisões de reabilitação com inserção de ações de eficiência energética (AEE), é necessário considerar os dispositivos legais que, embora não prescrevam metodologias específicas, oferecem respaldo jurídico e diretrizes para decisões baseadas em critérios de sustentabilidade e desempenho. Nesse sentido, a Lei nº 14.133/2021 — nova Lei de Licitações e Contratos Administrativos— representa um avanço significativo no marco normativo brasileiro ao incorporar expressamente os princípios de eficiência e sustentabilidade nas contratações públicas.

A Lei nº 14.133/2021 (Brasil, 2022) introduz dispositivos relevantes para a inclusão da eficiência energética em obras e serviços de engenharia, mesmo sem estabelecer mecanismos detalhados para o cálculo direto de redução de consumo futuro de energia. Destaca-se, inicialmente, o artigo 11, que consagra o princípio da sustentabilidade como diretriz a ser observada em todo o processo licitatório. Com isso, abrem-se possibilidades para a exigência de soluções que contribuam para a redução do consumo energético ao longo do ciclo de vida dos empreendimentos públicos.

Outro instrumento previsto é a análise do custo do ciclo de vida (art. 33), que permite à administração avaliar propostas considerando não apenas o menor preço inicial, mas também os custos operacionais e de manutenção futuros. Essa abordagem favorece a inserção de critérios de eficiência energética, viabilizando contratações que privilegiem soluções mais vantajosas sob a ótica econômica e ambiental de longo prazo.

Além disso, a nova lei traz a possibilidade de celebração de contratos de performance, nos quais a remuneração do contratado está atrelada ao alcance de metas de desempenho previamente estabelecidas. Esse modelo é particularmente eficaz na área de eficiência energética, pois permite que os pagamentos estejam vinculados à economia de energia efetivamente obtida com a implementação das AEE.

Esses contratos podem contemplar tanto, intervenções passivas — como melhorias no isolamento térmico e na orientação das aberturas — quanto intervenções ativas, como a instalação de sistemas de climatização de alta eficiência e de fontes renováveis de energia, a exemplo dos painéis fotovoltaicos. Ao combinar diferentes estratégias, é possível assegurar o alcance das metas de desempenho previstas no contrato, proporcionando benefícios econômicos, ambientais e operacionais.

Importante observar que a execução do contrato de performance pode ser atribuída a uma empresa distinta daquela responsável pela elaboração do projeto. Nesse caso, para que o modelo seja viável, o contratado deverá assumir as metas de desempenho estabelecidas no projeto e ter acesso integral às informações necessárias para sua execução e eventuais adequações. O contrato deve prever mecanismos objetivos para a validação das metas, tratamento de inconsistências técnicas e definição clara de responsabilidades entre as partes.

A compatibilidade entre o projeto e as metas de performance é um dos pilares para o sucesso do modelo. Por isso, os estudos técnicos preliminares, também previstos pela Lei nº 14.133/2021, tornam-se peças-chave ao demonstrar a viabilidade das intervenções propostas, devendo incluir estimativas de economia energética e simulações que sustentem as metas contratuais. Assim, a nova Lei de Licitações cria o arcabouço necessário para fomentar contratações públicas mais eficientes, inovadoras e sustentáveis, oferecendo base legal para a adoção de AEE em

projetos de reabilitação predial.

A análise integrada dos instrumentos apresentados evidencia que a carência de capacitação técnica é um dos gargalos mais relevantes para sua efetiva adoção. No caso do SGE, a capacitação é indispensável para a realização de diagnósticos, monitoramento e acompanhamento de resultados. Nos diagnósticos energéticos, seja na execução interna, seja na contratação externa, é necessário conhecimento para especificar corretamente os serviços e interpretar os resultados. O benchmarking energético exige domínio de metodologias de cálculo e coleta de dados, como as equações utilizadas pelo DEO. A medição e verificação, por sua vez, demanda profissionais certificados (CMVP) para assegurar a confiabilidade dos resultados, sobretudo quando vinculada a contratos de performance. Mesmo a avaliação da percepção dos usuários requer capacitação para a elaboração e aplicação de questionários adequados.

Assim, a falta de capacitação tende a agravar as limitações já existentes, impactando diretamente a qualidade da implementação dos instrumentos. Por outro lado, a formalização e institucionalização de especificações pela Administração Pública pode reduzir essa dependência, instrumentalizando o processo de contratação externa e ampliando as condições para superar esse gargalo.

Esse aspecto reforça a necessidade de que o avanço dos instrumentos técnicos seja acompanhado de estratégias de capacitação e de fortalecimento institucional, em consonância com o problema central da pesquisa.

Dessa forma, as limitações e potencialidades discutidas aqui compõem o pano de fundo para a síntese que se segue. Neste capítulo foram explorados os elementos centrais para a avaliação do desempenho energético: sistemas de gestão, diagnóstico e benchmarking, medição e verificação, além de aspectos regulatórios e ambientais. O próximo capítulo aplica essas referências ao objeto de estudo, descrevendo o complexo predial escolhido, suas características arquitetônicas, históricas e energéticas, de modo a contextualizar o caso analisado.

4 DESCRIÇÃO E DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO DO COMPLEXO PREDIAL OBJETO DE ANÁLISE

4.1 OBJETIVOS E ESTRUTURA DO CAPÍTULO

Procura-se no capítulo apresentar os aspectos relevantes do complexo predial utilizado como exemplo para aplicar a base argumentativa estruturada proposta, com a finalidade de observar concretamente as limitações e as possibilidades de aplicação do método, particularmente no que se refere à identificação de oportunidades de melhoria em eficiência energética.

4.2 JUSTIFICATIVA DE ESCOLHA

O edifício público analisado localiza-se na cidade do Rio de Janeiro e pertence ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Trata-se de uma construção que já passou por intervenções voltadas à sua reabilitação física e funcional. Uma inspeção predial, realizada em 2022 por empresa contratada, identificou patologias diversas, posteriormente documentadas em relatório técnico. Já o diagnóstico energético e a aplicação do benchmarking energético foram conduzidos pela autora desta pesquisa.

A escolha deste edifício como estudo aplicado justifica-se por representar um caso real e representativo da realidade do setor público federal, no qual coexistem demandas por modernização, limitações orçamentárias e desafios institucionais para a implementação de melhorias em desempenho energético. Além disso a análise contempla um contexto real de contratação para *retrofit* desse complexo, o que permitiu explorar a abordagem, identificar desafios e extrair aprendizados para replicações futuras.

4.3 LOCALIZAÇÃO, CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA E CONDIÇÕES AMBIENTAIS

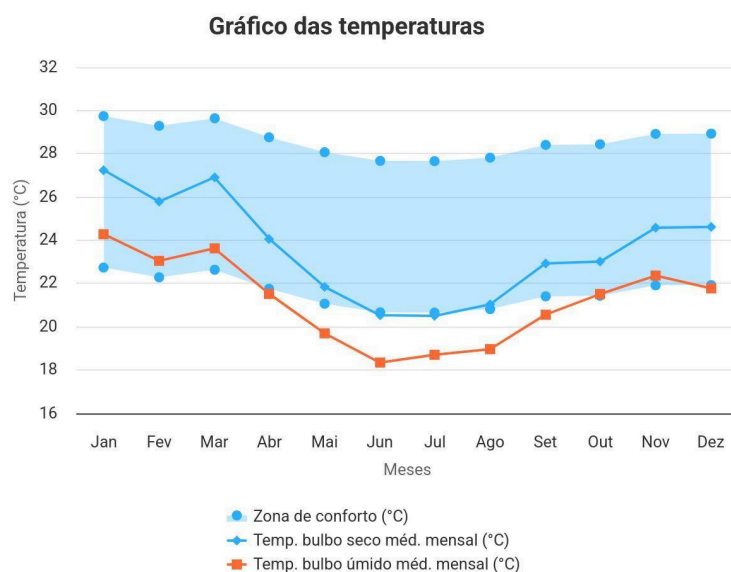
O complexo predial está localizado no bairro do Maracanã, zona norte da cidade do Rio de Janeiro, inserido na região administrativa de Vila Isabel. Situado a 22°54' de latitude Sul e 43°12' de longitude Oeste, o local apresenta topografia acidentada, o que influencia significativamente as dinâmicas de ventilação local (Farias, 2007).

O clima predominante é tropical quente e úmido, com temperaturas médias mensais variando entre 20 °C, nos meses mais frios, e 27 °C, nos mais quentes ⁶ (Figura 10).

⁶ O gráfico de temperatura foi obtido pela plataforma projeteee a qual foi desenvolvida para ajudar arquitetos,

É importante destacar que as médias mensais oferecem apenas uma visão geral do clima, sem refletir a experiência real de desconforto térmico em dias específicos. Além disso, a localização da estação meteorológica utilizada também influencia diretamente os valores de temperatura registrados. Essa combinação explica porque os dados parecem indicar um Rio de Janeiro menos quente do que a percepção cotidiana sugere.

Figura 10: Gráfico das temperaturas



Fonte: PROCEL e UFSC (2025)

Quanto à umidade relativa, está compreendida entre 77% e 89% (Figura 11). Os ventos predominantes sopram do Sudeste durante o dia e do Oeste à noite, com velocidades de até 4 m/s (Figura 12). Entretanto, o relevo local altera a direção e intensidade dos ventos, tornando indispensável a consideração de análises microclimáticas específicas (Fontenelle, 2012).

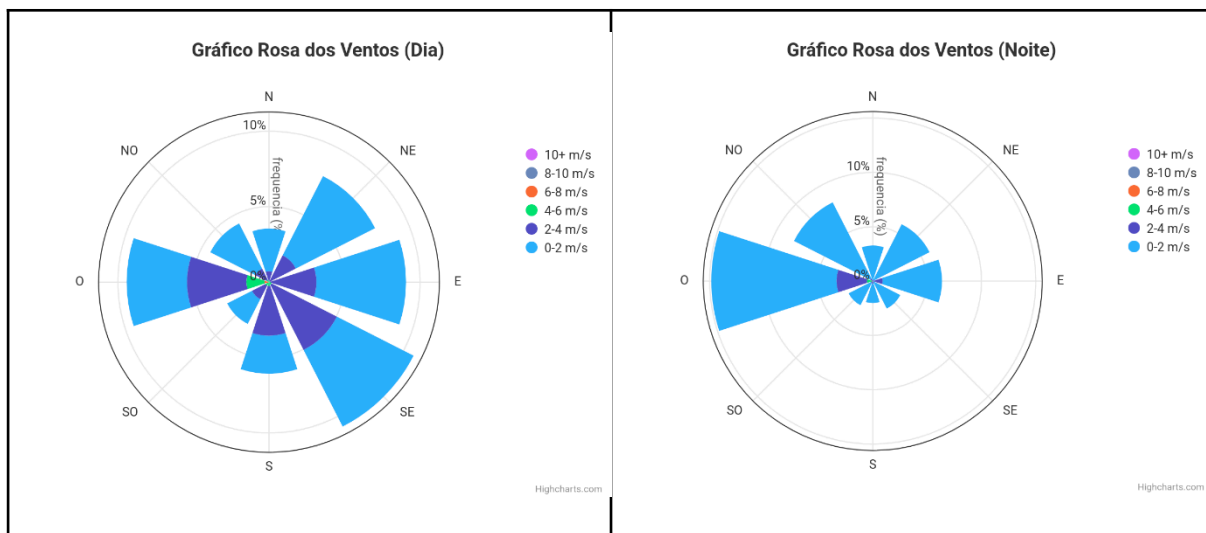
professores e estudantes, com intuito de reunir informações a respeito do clima, das estratégias bioclimáticas e dos componentes construtivos para aplicação nos projetos de arquitetura, Os arquivos climáticos adotados pela plataforma projeteee são os arquivos climáticos INMET 2016, disponíveis para download em <http://www.labeee.ufsc.br/downloads/arquivos-climaticos/inmet2016>.

Figura 11: Gráfico de Umidade Relativa



Fonte: PROCEL e UFSC (2025)

Figura 12: Rosa dos ventos da cidade do Rio de Janeiro



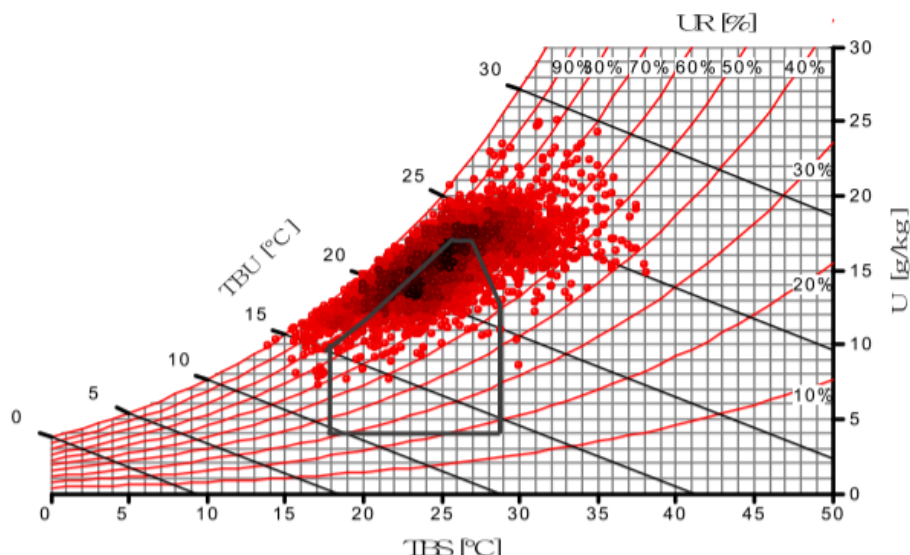
Fonte: PROCEL e UFSC (2025)

Com a atualização da NBR 15.220-3 em 2022 (ABNT, 2022), a cidade do Rio de Janeiro passou a ser classificada na Zona Bioclimática 4A (Levemente quente e úmida), substituindo o enquadramento anterior na Zona 8, conforme a versão de 2005 (ABNT, 2005). A nova norma, porém, não apresenta as estratégias bioclimáticas associadas a cada zona, como fazia a versão anterior.

Apesar disso, a carta psicrométrica da cidade (Figura 13), elaborada a partir do Ano Climático de Referência (TRY), indica que cerca de 61% das horas anuais podem

ser atendidas com estratégias passivas, como ventilação natural e uso de inércia térmica. Apenas uma parcela menor do tempo requer climatização ativa (Figura 14).

Figura 13: Carta psicrométrica da cidade do Rio de Janeiro com base no Ano Climático de Referência (TRY)



Fonte: Lamberts; Dutra e Pereira (2019)

Figura 14: Gráfico de percentagens das condições de conforto em ano típico do Rio de Janeiro

CONDIÇÕES DE CONFORTO



Fonte: Lamberts; Dutra e Pereira (2019)

Diante desse cenário, recomenda-se que os projetos arquitetônicos priorizem estratégias passivas, como sombreamento eficaz das aberturas, ventilação cruzada e seleção criteriosa de materiais com bom desempenho térmico. As fachadas voltadas para os quadrantes Norte, Leste e Oeste merecem especial atenção devido à maior incidência solar.

Contudo, ainda que o zoneamento bioclimático aponte para a viabilidade de estratégias passivas durante boa parte do ano, estudos sobre o microclima local —

como o de Farias (2007) — revelam limitações significativas à ventilação cruzada, em razão da frequência de calmarias, da ocorrência de ventos catabáticos quentes e da presença de ilhas de calor urbanas. Tais fatores indicam que, mesmo em regiões com alto potencial bioclimático, pode ser necessário recorrer à climatização artificial em determinados períodos para assegurar níveis adequados de conforto térmico.

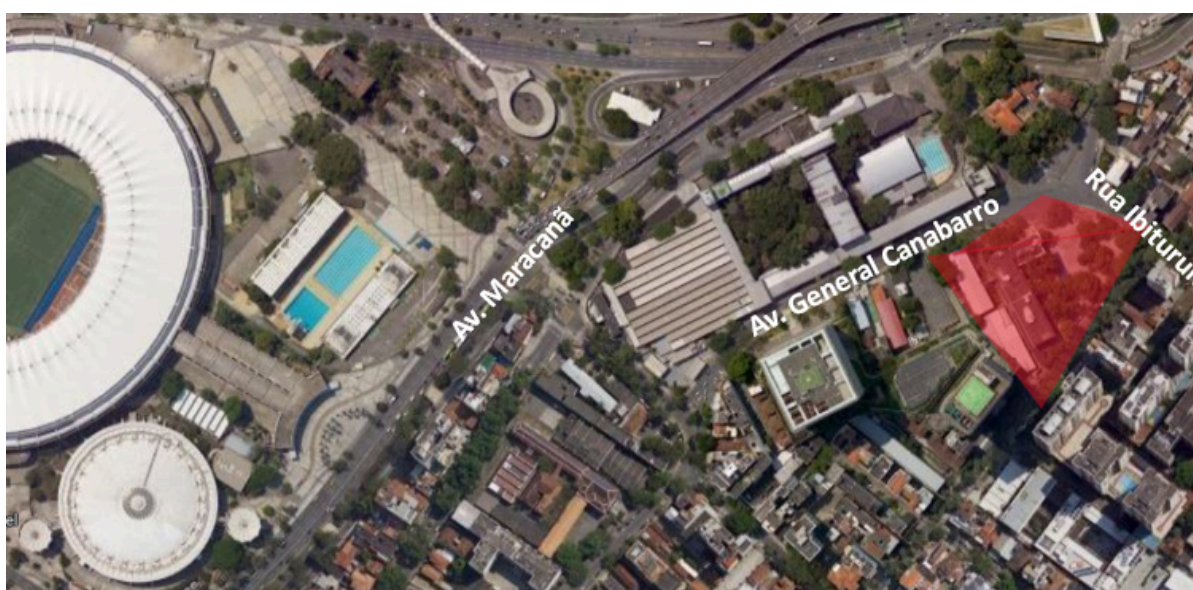
Por fim, destaca-se que a baixa latitude da cidade, próxima ao Equador, implica pequena variação sazonal da trajetória solar. Isso torna o controle passivo da radiação solar um fator decisivo para o desempenho térmico e para a eficiência energética do edifício.

4.4 CONTEXTO URBANO E HISTÓRICO DO CONJUNTO

O complexo da Canabarro, parte integrante do conjunto arquitetônico do IBGE, está situado na Rua General Canabarro, 706, no bairro do Maracanã, zona norte do Rio de Janeiro (Figura 15).

Até o final do século XVIII, essa região era composta por caminhos que atravessavam grandes latifúndios canavieiros. Com o avanço do crescimento urbano, foi gradualmente incorporada à malha urbana da cidade, transformando-se em uma área de alta densidade populacional e intensa atividade institucional e comercial (Figura 16).

Figura 15: Unidade do IBGE, situada na Rua General Canabarro (em Vermelho)





Fonte: Adaptado de Google Maps (2024)

Atualmente, o bairro apresenta uma paisagem urbana densa, marcada por edifícios altos, grandes avenidas e intenso fluxo de veículos e pedestres. A vitalidade do local é reforçada pela presença de instituições de destaque, como o Centro Federal de Educação Tecnológica (CEFET e CEFETEQ), o Hospital Universitário Pedro Ernesto, a Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) e o Estádio Jornalista Mário Filho (Maracanã), entre outros.

Essa concentração de equipamentos urbanos atrai uma população flutuante expressiva, o que amplia a movimentação no entorno do edifício analisado e reforça a importância de estratégias que garantam conforto ambiental tanto no interior das edificações quanto no espaço urbano adjacente.

Figura 16: Uso do solo e localização dos pontos de observação para o trabalho de campo no bairro realizado por Farias.

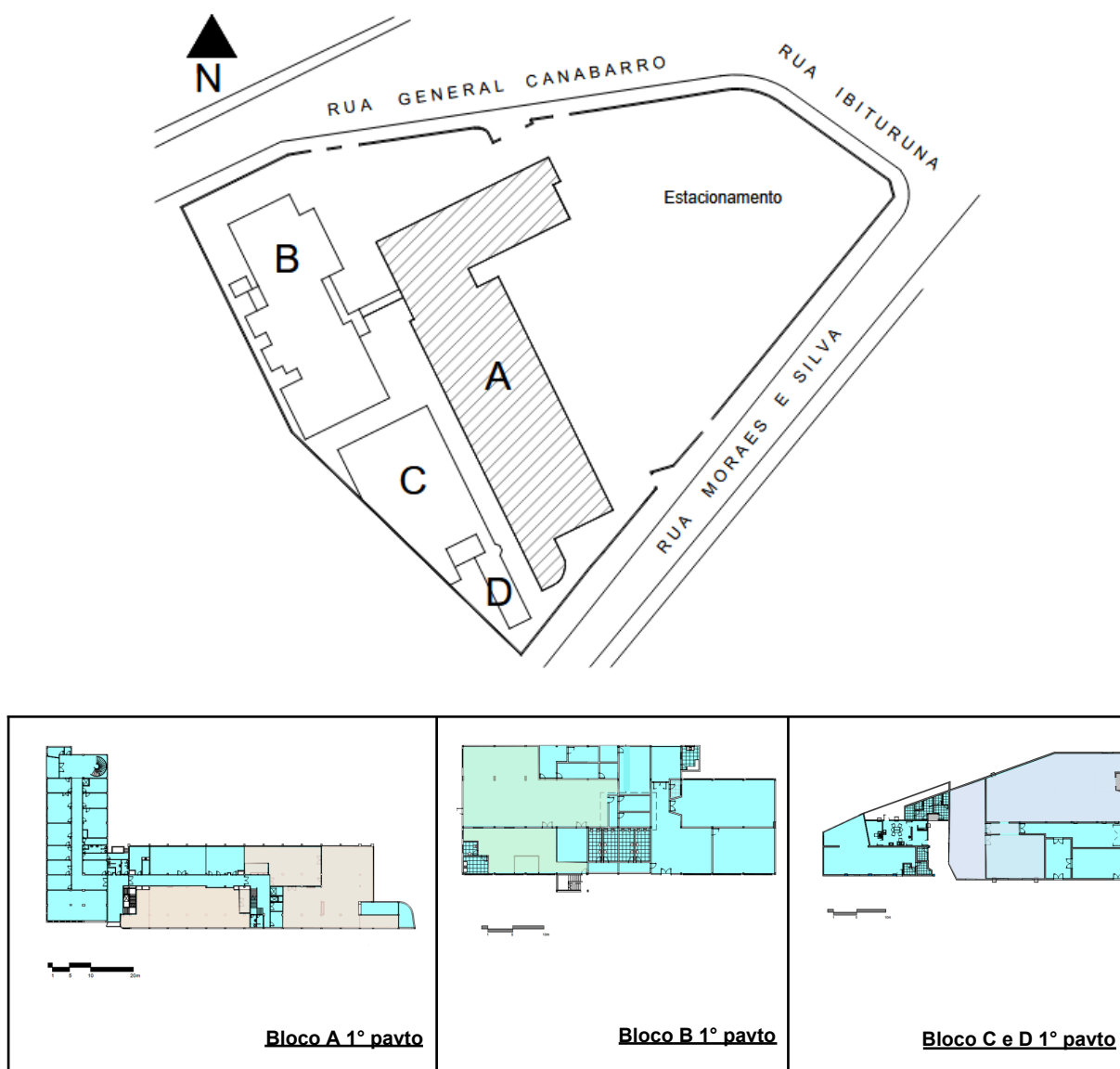


Fonte: Farias (2007)

4.5 HISTÓRICO DE MANUTENÇÃO E REFORMAS

O complexo Canabarro, atualmente composto por quatro edificações denominadas Blocos A, B, C e D, apresenta uma ocupação diversificada e um histórico de transformações que influenciam diretamente em seu desempenho físico e energético. A planta de situação do conjunto (Figura 17) ilustra a disposição das edificações e seus usos específicos no ano de 2019, considerado nesta pesquisa como referência temporal, por anteceder as alterações significativas de ocupação decorrentes da pandemia e da adoção do regime de teletrabalho. Essas novas formas de utilização do espaço são também objeto do *retrofit* e suas implicações têm impacto direto nos usos significativos de energia assim como na medição e verificação como será abordado no item 5.6.

Figura 17: Planta de situação do complexo de prédios do IBGE situado à rua General Canabarro, 706 e plantas com indicação dos usos específicos em 2019



LEGENDA:

Escritório e área técnica Biblioteca CPD Gráfica

Fonte: Arquivo de plantas do IBGE

4.5.1 Histórico dos Blocos

O Bloco A, datado de aproximadamente 1945, foi originalmente projetado pelos engenheiros civis Auguste Rendu⁷ e Hugo Arcuri para abrigar a farmacêutica Roche

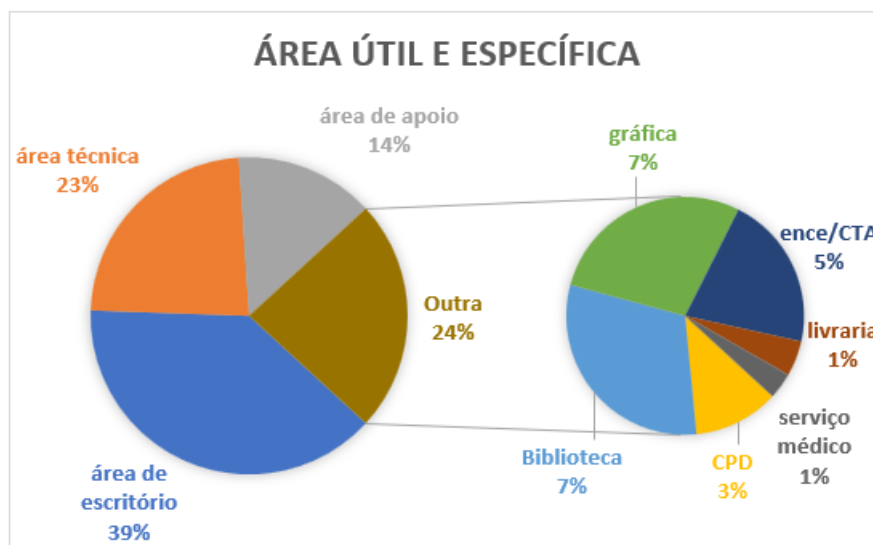
⁷ O Eng. Auguste Rendu foi um intelectual que compôs a segunda geração de modernistas no Brasil e foi

(Guebert, 2023). Passou à posse do IBGE em 2006, embora já fosse utilizado pela instituição desde a década de 1990. Os Blocos B, C e D foram incorporados posteriormente, sendo o Bloco B uma construção intermediária, o Bloco C adaptado de um galpão aberto para instalação da gráfica, e o Bloco D ampliado para receber um posto bancário e, posteriormente, a Agência Tijuca do IBGE.

4.5.2 Ocupação e Usos em 2019

Em 2019, o complexo abrigava diferentes setores do IBGE: o Bloco A concentrava áreas administrativas e serviços como biblioteca e serviço médico; o Bloco B, setores técnicos como o antigo Data Center e áreas de treinamento; o Bloco C era ocupado pela gráfica e a subestação; o Bloco D, por sua vez, sediava uma agência de atendimento ao público. A área útil total era de 8.918,18 m², com 39% destinada a escritórios 24% a áreas específicas (como gráfica e CPD), 14% a áreas de apoio e 23% a áreas técnicas (Figura 18).

Figura 18: Área útil total (1º gráfico) área específica (2º gráfico)



Fonte: Autora

A classificação das áreas segue o Manual de Padrão de Ocupação e

presidente do comitê “França livre” no Brasil durante a segunda guerra mundial e em meio ao Estado Novo de Getúlio Vargas. Auguste Rendu formou-se engenheiro pela École Centrale des Arts et Manufactures de Paris e foi sócio [do arquiteto] Sajous durante aproximadamente dez anos, visto que o último registro de sua participação é no projeto do Edifício Biarritz, protocolado na prefeitura em 1940, nesse período trabalharam em projetos na cidade do Rio de Janeiro, como o Edifício Mesbla (centro), o Palácio do Comércio, a Igreja Santíssima Trindade (Flamengo), o Edifício Biarritz (Flamengo) e a sede grande da empresa Mestre et Blatgé, no Passeio Público, participando dos acontecimentos e inovações arquitetônicas do período, entre concursos públicos e encomendas privadas. Na década de 50 assinou o projeto do edifício de 13 andares da Maison de France juntamente com Jacques Pilon, edifício construído no centro histórico do Rio de Janeiro.

Dimensionamento de Ambientes em Imóveis da Administração Pública Federal (ME, 2020), sendo divididas em:

- Áreas de escritório: Destinadas ao trabalho administrativo (individual e coletivo).
- Áreas de apoio: Suporte às atividades administrativas, como auditórios, refeitórios e depósitos.
- Áreas técnicas: Infraestrutura predial, como corredores, elevadores e instalações.
- Áreas específicas: Demandas exclusivas do órgão, como gráficas e laboratórios.

É importante destacar que para consideração do método simplificado da INI-C que será visto em maiores detalhes no apêndice C, as áreas designadas como biblioteca e livraria funcionam como área de permanência transitória, portanto não entram nos cálculos de carga térmica, enquanto os ambientes de ENCE/CTAe serviço médico são englobados na categoria escritório.

Circulações condicionadas, ou conectadas com ambientes de permanência prolongada são consideradas nas zonas térmicas.

4.5.3 Reformas e Condições Estruturais

Ao longo do tempo, o complexo passou por diversas intervenções sem um planejamento estratégico de modernização. Reformas pontuais incluem a instalação de aparelhos de ar-condicionado tipo split (em substituição à modernização do sistema central), a ampliação do Bloco A e a construção de um novo Data Center. Essas modificações, muitas vezes improvisadas, contribuíram para uma estrutura de alta complexidade técnica, com coexistência de sistemas antigos e modernos, especialmente nas instalações elétricas e hidrossanitárias.

Sistema de climatização

Um estudo técnico realizado em 2006 propôs a substituição dos sistemas obsoletos por novos sistemas centrais de climatização. Entretanto, essas alterações não foram implementadas. Como solução paliativa, aparelhos do tipo split e condicionadores de janela foram gradualmente instalados para suprir as demandas de carga térmica.

A maioria dos equipamentos instalados está obsoleta, muitos com data de fabricação de 2006 e operando com gás refrigerante R-22 (HCFC-22), cujo uso foi restringido por seu elevado potencial de aquecimento global e de destruição da camada de ozônio. Além disso, a instalação de novos aparelhos de janela tornou inoperantes os brises articuláveis originalmente existentes, comprometendo a proteção solar passiva da edificação e contribuindo para o aumento da carga térmica nos ambientes internos.

Segundo relatório técnico da equipe de manutenção, os aparelhos encontram-se com a manutenção em dia, apesar das limitações tecnológicas.

4.5.4 Perspectiva geral de obras contratadas e previstas com datas posteriores ao ano de referência 2019

Desde o ano de referência estabelecido pelo diagnóstico energético, 2019, diversas obras foram planejadas, contratadas ou executadas, refletindo uma sequência de intervenções voltadas para atender às demandas institucionais. No entanto, essas ações não foram desenvolvidas sob a perspectiva do diagnóstico energético que será apresentado posteriormente. A seguir, são listadas as obras já realizadas, em processo de execução ou previstas para implementação em 2025.

Execução do novo Data Center (2020) — obra concluída

O projeto foi contratado com base em diretrizes do Plano Diretor de TIC e do Planejamento Estratégico da instituição. Embora não tenha se apoiado em diagnóstico energético, incluiu exigências explícitas de sustentabilidade, conforme a Instrução Normativa MPOG nº 1/2010. Os critérios de eficiência energética contemplaram: sombreamento externo, iluminação natural, equipamentos com alto desempenho energético, reaproveitamento de águas pluviais, uso de materiais recicláveis, e automação de iluminação com sensores de presença.

Reforma para manutenção do envelope da Canabarro — obra em andamento

Motivada por laudo de inspeção predial, a ser mencionado no item a seguir, a intervenção contemplou exigências ambientais e de eficiência energética previstas em normativos como a Instrução Normativa SLTI/MP nº 02/2014 e a Resolução CONAMA nº 307/2002. Entre os critérios abordados: uso da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE), seleção de materiais recicláveis, gestão de resíduos e licenciamento ambiental.

Instalação de placas fotovoltaicas — obra prevista

Em fase de prospecção datada anteriormente ao ano de referência de 2019, a implantação de geração fotovoltaica representa uma estratégia direta de diversificação da matriz energética e redução do consumo convencional de eletricidade. Ainda não há evidência de vinculação com metas quantitativas de desempenho.

Retrofit da unidade Canabarro — obra em processo de planejamento para contratação

O projeto de *retrofit* da unidade Canabarro representa a primeira iniciativa em que se buscou, ainda na fase de elaboração do edital, incorporar elementos da base argumentativa estruturada proposta nesta pesquisa. Embora a contratação ainda não tenha sido concluída, a oportunidade de atuação durante a fase de planejamento permitiu observar, na prática, os limites e as possibilidades de aplicação da estratégia em um processo de contratação pública.

A principal particularidade dessa iniciativa reside justamente na tentativa de viabilizar os subsídios previstos na base argumentativa estruturada, com o objetivo de construir uma justificativa técnica para a inclusão de ações de eficiência energética (AEE) que articule diagnóstico, planejamento e critérios objetivos de desempenho energético.

Ao longo deste capítulo, serão discutidos os desafios e os aprendizados decorrentes dessa experiência, oferecendo subsídios para refletir sobre a viabilidade, os limites e o potencial de replicação da abordagem proposta em outras contratações públicas.

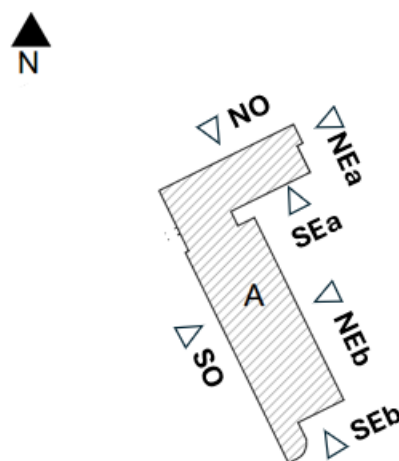
4.6 ESTRATÉGIAS PASSIVAS E CARACTERÍSTICAS ARQUITETÔNICAS

O desempenho energético do complexo da Canabarro é influenciado por diversos fatores passivos relacionados à sua envoltória e orientação solar conforme pode ser visto nos Apêndices B e C. Abaixo segue um resumo das informações coletadas.

O bloco A possui fachadas com múltiplas orientações (Figura 19), destacando-se a fachada Noroeste — principal fachada do Bloco A —, com ângulo de 332,50° em relação ao norte verdadeiro. Essa fachada é especialmente crítica devido à elevada carga térmica recebida durante o período da tarde e carece de sombreamento efetivo, pois os brises horizontais originais foram removidos e substituídos por vidros

duplos com persianas horizontais integradas entre as placas (Figuras 20 e 21).

Figura 19: Indicação das fachadas do Bloco A



Fonte: Autora

Figura 20: Fachada NO (Bloco A)



Fonte: Foto tirada no local

Figura 21: Fachada original do prédio principal do complexo da Canabarro



Fonte: Soares (1989)

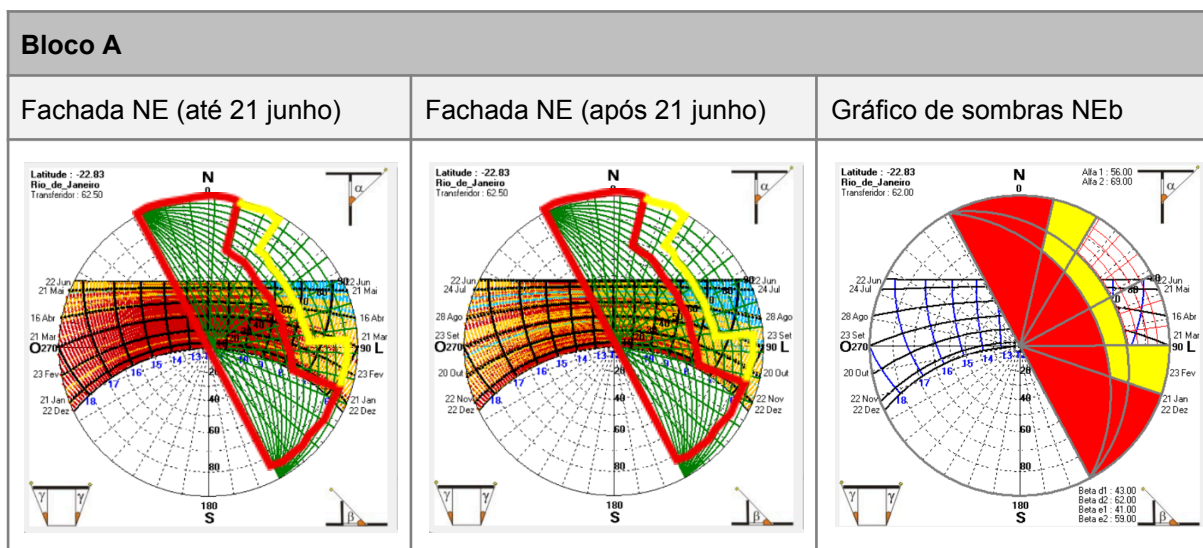
Já a fachada Nordeste do Bloco A, equipada com brises horizontais articuláveis e verticais entre os vãos, demonstrou, mesmo com limitações operacionais, desempenho superior ao da fachada equivalente no Bloco B, onde os brises verticais são fixos e de menor eficácia (Quadros 7, 8 e 9).

Quadro 7: Fachada NEb (Bloco A) e NE (Bloco B)

Fachada NEb (Bloco A)	Fachada NE (Bloco B)

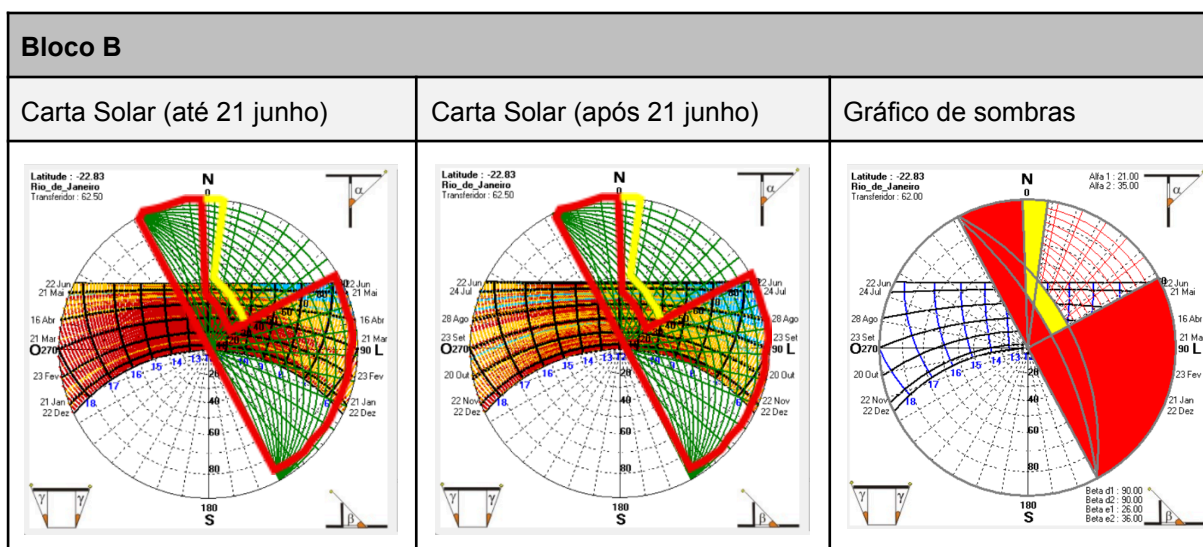
Fonte: Foto tirada no local

Quadro 8: Carta solar com transposição do gráfico de sombras e gráfico de sombras da fachada NEb (Bloco A)



Fonte: Analysis Sol- Ar 6.2 e adaptações autora

Quadro 9: Carta solar com transposição do gráfico de sombras e gráfico de sombras da fachada NE (Bloco B)



Fonte: Analysis Sol- Ar 6.2 e adaptações autora

Essa comparação entre blocos com a mesma orientação solar evidenciou que a eficiência do sombreamento depende não apenas da geometria dos dispositivos, mas também da manutenção e operabilidade ao longo do tempo.

A fachada Sudoeste, outra orientação crítica, apresenta sombreamento mais eficaz no Bloco B, devido ao uso de brises verticais fixos bem dimensionados, enquanto no Bloco A os brises horizontais imobilizados perdem sua capacidade adaptativa

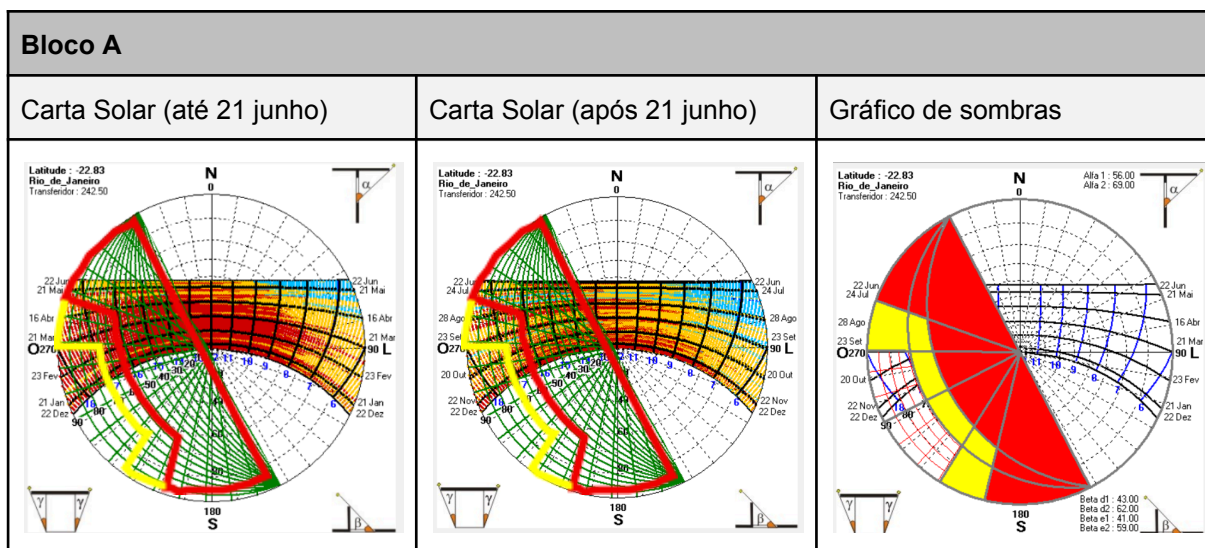
(Quadros 10, 11 e 12).

Quadro 10: Fachada SO (Bloco A) e fachada SO (Bloco B)



Fonte: Foto tirada no local

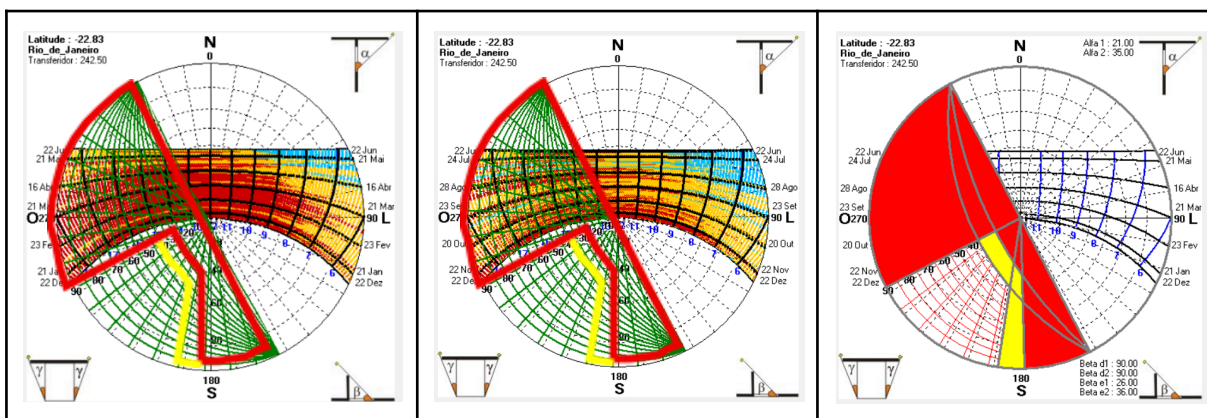
Quadro 11: Carta solar com transposição do gráfico de sombras e gráfico de sombras da fachada SO (Bloco A)



Fonte: Analysis Sol- Ar 6.2 e adaptações autora

Quadro 13: Carta solar com transposição do gráfico de sombras e gráfico de sombras da fachada SO (Bloco A)

BlocoA		
Fachada SO (até 21 junho)	Fachada SO (após 21 junho)	Gráfico de sombras



Fonte: Analysis Sol- Ar 6.2 e adaptações autora

As análises completas dessas simulações encontram-se nos apêndices e reforçam a importância do projeto detalhado e da manutenção para o bom desempenho térmico das fachadas.

As demais fachadas do Bloco A, como NEa, SEa e SEb, também apresentam características relevantes. A fachada NEa e SEa adotam o mesmo sistema de sombreamento da fachada principal; e a SEb mantém elementos de sombreamento como brises verticais e vegetação densa, colaborando para o controle solar parcial.

O sistema construtivo segue tipologia tradicional, com estrutura em concreto armado e vedação em alvenaria cerâmica. As coberturas variam em tipologia, sendo as lajes impermeabilizadas do Bloco A as mais eficientes em termos de isolamento térmico, enquanto telhados em fibrocimento apresentam maior carga térmica. Divisórias internas combinam paredes de alvenaria com painéis leves de madeira. As propriedades térmicas estimadas apontam para elevado ganho térmico, especialmente nas paredes ($U = 3,2 \text{ W/m}^2\text{K}$) e nos vidros simples das esquadrias (fator solar 0,87).

Diante desse panorama, recomenda-se a adoção de estratégias passivas, tais como:

- Reativação dos brises articuláveis da fachada com verificação de viabilidade de substituição da proteção existente por outras mais eficientes;
- Substituição dos vidros por modelos de maior eficiência térmica
- Instalação de películas de alto desempenho térmico nos vidros das esquadrias;
- Substituição de coberturas com baixa resistência térmica por soluções com

maior isolamento;

- Aproveitamento de vegetação e obstruções arquitetônicas para sombreamento natural;
- Pintura das superfícies da fachada com revestimentos de baixa absorvância
- Reorganização dos ambientes internos visando otimização da zona térmica.
- Aproveitamento da ventilação natural

Essas medidas têm o potencial de reduzir a carga térmica interna, melhorar o conforto ambiental e diminuir a demanda por climatização mecânica, fortalecendo a base argumentativa proposta nesta tese como instrumento de apoio à decisão em projetos de *retrofit* energético.

Com a análise integrada das patologias da edificação e das características da envoltória, estabeleceu-se um panorama das condições atuais que impactam diretamente o desempenho térmico e energético do complexo. As próximas seções (4.7 e 4.8) aprofundarão esse diagnóstico ao apresentar os resultados da análise energética e de conservação, evidenciando os usos significativos de energia e as possibilidades concretas de intervenção.

4.7 DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO

Além das condições construtivas levantadas na seção anterior, considera-se o diagnóstico energético da edificação, etapa essencial para a proposição das Ações de eficiência energética discutidas em 5.2.

4.7.1 Identificação dos Usos Significativos de Energia (USE)

Para a verificação do consumo de energia predial por uso final, foram consideradas duas abordagens:

- Plataforma DEO – Benchmarking energético do CBCS: permite uma previsão simplificada do consumo de energia com base em equação específica para prédios públicos, conforme o relatório final do projeto de Benchmarking desenvolvido pelo Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS) em parceria com o Procel/Eletrobras. (<https://plataformadeo.cbcs.org.br/>).
- Diagnóstico energético da RedEE – Edifícios Públicos – utiliza dados e planilhas da Rede de Aprendizagem em Eficiência Energética para estimar o

consumo por uso final.

4.7.2 Aplicação da equação de benchmarking

Com a plataforma específica do DEO/CBCS para edifícios públicos fora de operação, os cálculos foram realizados com base direta na equação 1 (CBCS, PNUD e MMA, 2017), utilizando as constantes das tabelas de níveis típico e de boas práticas. Foram ajustadas variáveis como área útil, área condicionada, área externa iluminada, número de ocupantes e consumo do Data Center (1.134.319 kWh/ano).

Equação 1: Equação de Benchmarking para prédios públicos

$$E_{Ben} = \left[\left(A + \left(G + \sum_i^{i+11} ((GHR_i \times B)) \right) \times \left(\frac{A_{Cond}}{A_{Tot}} \right) + \left(\frac{N}{(T \times A_{Tot})} - \rho \right) \times C \right) \times T \left(\frac{Q_{CPD}}{A_{Tot}} \times D \right) + \left(\frac{A_{ilu}}{A_{Tot}} \times E \right) \right] \times (1 - F_{Gerador})$$

$$\text{Onde, } T = \left(\frac{\sum_i^{i+11} T_i}{12} \right) \text{ e } E_{Real} = \frac{\sum_i^{i+11} (Q_i)}{A_{Tot}}$$

Fonte: CBCS, PNUD e MMA (2017)

Constantes:

ρ = densidade média de ocupação = 0,0833 pessoas/m²

A = constante relacionada a consumos fixos do edifício (kWh/m²/ano)

B = constante relacionada ao impacto de clima (kWh/m²/GHR)

C = constante relacionada ao impacto de população (kWh/pessoa/ano)

D = constante relacionada ao consumo de estacionamentos cobertos (kWh/m²/ano)

E = constante relacionada ao consumo de iluminação externa (kWh/m²/ano)

F = constante que representa a proporção de energia consumida em horas de ponta = 0,1 se há geração em hora de ponta ou 0 se não há

G = constante relacionada ao consumo fixo de ar-condicionado (kWh/m²/ano)

Os valores das constantes definidas acima são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Valores das constantes utilizadas na equação de benchmarking

Coeficientes	Boa prática	Típico
A	51,86	55,16
G	21,44	25,94
GHR	14833,9	14833,9
B	0,0012	0,0014
p	0,0833	0,0833
C	480	480
D	10	14,4
E	2,3652	2,3652
F	0	0

Fonte: CBCS, PNUD e MMA (2017)

Ajustes metodológicos: Como a unidade do IBGE escolhida é composta por quatro prédios com uma única fatura de energia, foram necessários ajustes para aplicação da equação, que originalmente considera um único edifício. Esse ajuste foi possível porque a forma construtiva não é um fator determinante para esse tipo de edificação (CBCS, 2017).

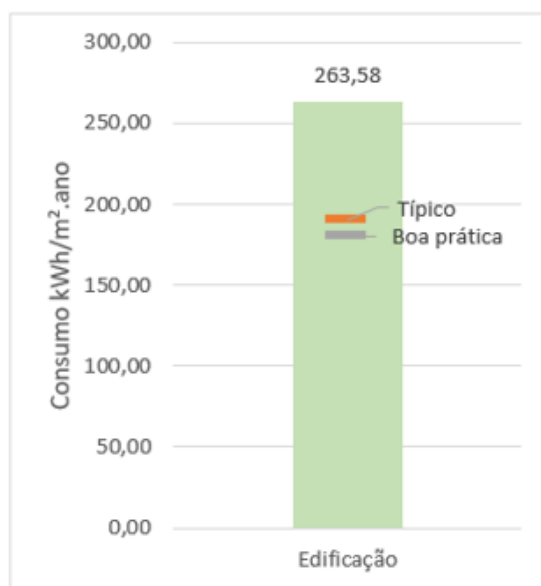
- Área útil total (ATot): Soma das áreas úteis dos quatro prédios (8.918,18m²)
- Área condicionada (ACond): Soma das áreas climatizadas, incluindo halls, banheiros e espaços adjacentes a áreas condicionadas (depósitos e copas).
- Área de estacionamento coberto (AEst): Não aplicável, pois não há estacionamentos cobertos com iluminação e ventilação.
- Área externa iluminada (Ailu): Correspondente à área livre do terreno.
- Número de ocupantes (N): Média de 200 pessoas no horário de operação (ano de referência: 2019).
- Taxa de ocupação média anual (T): Considerada como 100%.
- Consumo do CPD (QCPD): Estimado com base em relatórios da empresa de manutenção, totalizando 1.134.319 kWh/ano ou 127,19 kWh/m²

Dados de entrada: Os dados de entrada utilizados no cálculo estão detalhados no Apêndice D.

Resultados: A equação permitiu estimar os consumos típicos (191,32 kWh/m².ano) e de boas práticas (182,16 kWh/m².ano), conforme apresenta-se na Figura 22.

Esses resultados foram desdobrados por uso final — ar-condicionado, iluminação, tomadas e estacionamento (este último considerado não aplicável) — conforme detalhado no Quadro 13.

Figura 22: Consumo típico e de boas práticas obtidos pela equação do benchmarking



Benchmarking	
Boa prática	182,16 kWh/m².ano
Típico	191,32 kWh/m².ano
Consumo Edificação	263,58 kWh/m².ano

Fonte: Autora

Quadro 13: Consumo de Boas práticas e típico de acordo com o uso final

Uso final	Ar-condicionado	Tomadas e iluminação interna	Iluminação externa	Estacionamento
Equação	$\left(G + \sum_{i=1}^{i+11} (GHR_i \times B) \right) \times \left(\frac{A_{Cond}}{A_{Tot}} \right) \times T$	$\left(A + \left(\frac{N}{T \times A_{Tot}} - \rho \right) \times C \right) \times T$	$\left(\frac{A_{Ilu}}{A_{Tot}} \times E \right)$	$\left(\frac{A_{Est}}{A_{Tot}} \times D \right)$
Consumo boa prática (kwh/m ² .ano)	30,8	22,64	1,53	0
Consumo típico (kwh/m ² .ano)	101,87	25,94	1,53	0

Fonte: Autora

No item seguinte, são apresentados os levantamentos de consumo por uso final, permitindo a realização de comparações entre os dados estimados e os dados reais.

4.7.3 Diagnóstico energético RedEE

Para viabilizar a avaliação do consumo real por uso final, foi realizado um diagnóstico energético conforme as diretrizes da Rede de Eficiência Energética (RedEE). Utilizaram-se as planilhas disponibilizadas pela Rede de Aprendizagem, o que permitiu estimar o consumo por categoria: ar-condicionado, iluminação e equipamentos conectados às tomadas. O consumo do antigo Data Center foi estimado com base em relatórios técnicos fornecidos pela empresa responsável pela manutenção. Algumas cargas, como bombas, elevadores e equipamentos da gráfica, não foram incluídas na análise.

O diagnóstico foi equivalente ao Nível 2 da ASHRAE (Mitsidi, 2016) e contou com entrevistas, inspeção física, análise de plantas, levantamentos fotográficos e modelagem em BIM. As informações de uso dos equipamentos foram estimadas com base na rotina dos servidores, referência ao ano de 2019 e entrevistas com técnicos de manutenção. As limitações impostas pelo regime de teletrabalho impediram medições diretas em diversos setores.

As informações comparativas presentes na análise dos resultados foram extraídas dos resultados do diagnóstico energético realizado e da comparação com os dados do benchmarking do CBCS.

4.7.4 Análise dos resultados

Os dados foram organizados por ambiente e analisados por uso final. A modelagem em Revit possibilitou a atualização de plantas e cálculo das áreas. Estimou-se o consumo com base em potência, tempo de uso, fatores de uso e de carga. Os dados permitiram a identificação dos principais USE (Tabela 2):

- **Data Center Antigo:** responsável por quase metade do consumo da unidade.
- **Ar-condicionado:** segundo maior consumidor, com consumo anual de 67,65 kwh/m².ano, superior ao valor de boas práticas: 30,8 kwh/m².ano.
- **Tomadas:** consumo de 45,5 kwh/m².ano, superior ao típico: 25,94 kwh/m².ano e ao de boas práticas: 22,64 kwh/m².ano.
- **Iluminação:** menor impacto (1,53 kwh/m².ano), refletindo a substituição por lâmpadas LED.

Tabela 2: Usos finais do consumo energético

Usos finais do consumo energético	Consumo (kwh/m ² .ano)	% do total
Ar-condicionado	67,65	25,23
Data Center	127,19	47,44
Equipamentos de escritório (rede estabilizada)	31,06	11,58
Iluminação	7,63	2,84
Outros usos	6,84	2,55
Cargas não levantadas	27,74	10,35
Total	268,11	100%

OBS: Cargas não levantadas: bombas, elevadores, impressoras da gráfica etc.

Fonte: Autora

Comparação com Benchmarking do CBCS

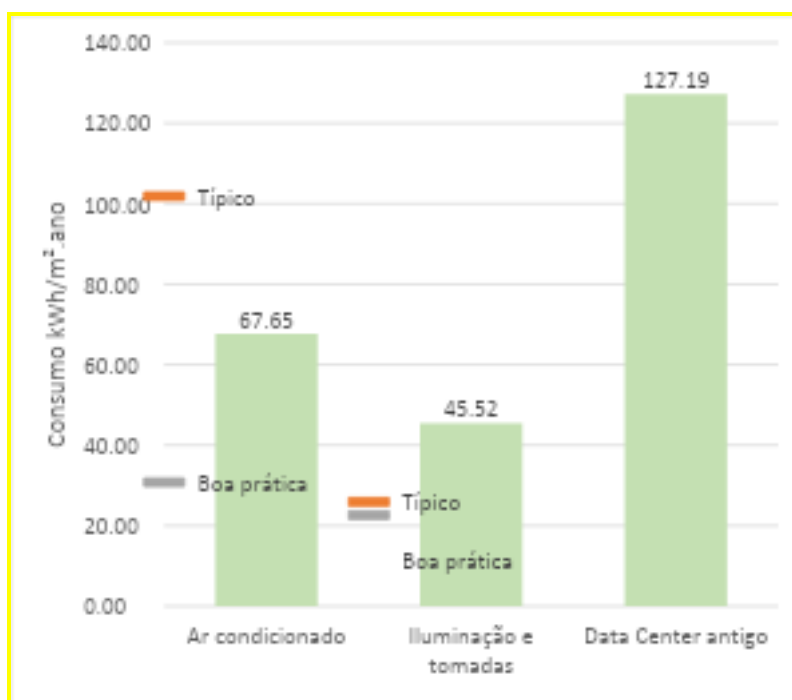
Ao comparar os valores levantados com os dados de consumo típico e as boas práticas estimadas pelo Benchmarking do CBCS, destacam-se os seguintes pontos (Figura 23):

1. Climatização: O consumo anual da unidade (67,65 kwh/m².ano) está abaixo do consumo típico de mercado (101,87 kwh/m².ano), mas significativamente

acima das boas práticas recomendadas (30,8 kwh/m².ano), excedendo esse valor em mais do dobro.

2. Iluminação e Tomadas: O consumo total apurado que inclui o consumo de equipamentos de escritório, iluminação e outros usos, foi de 45,52 kwh/m².ano (16,97%) superior tanto ao consumo típico estimado (25,94 kwh/m².ano) quanto ao de boas práticas (22,64 kwh/m².ano), indicando um gasto acima do esperado. No entanto, a discrepância pode ser atribuída à ausência de uma rede estabilizada, o que resulta em um aumento do consumo das tomadas quando comparado ao benchmarking estabelecido pelo CBCS.
3. O consumo de energia era inicialmente elevado, mas após a modernização verificou-se uma redução significativa, ainda que sem dados quantitativos para comprovar essa diferença. Ressalta-se, adicionalmente, que uma das limitações do *benchmark* do CBCS é a ausência de parâmetros específicos para data centers.
4. Cargas Não Contabilizadas: Equipamentos como elevadores e bombas utilizam tecnologias ultrapassadas, o que provavelmente resulta em um consumo energético acima do necessário.

Figura 23: Comparação dos usos finais com o Benchmarking do CBCS



Fonte: Autora

4.8 ESTADO DE CONSERVAÇÃO E IMPACTOS ENERGÉTICOS

Em 2022, foi realizada uma inspeção predial nos quatro blocos do complexo, conduzida pela empresa Sigma Engenharia, em conformidade com a ABNT NBR 16747:2020. As anomalias observadas foram classificadas por Níveis de Intervenção (NI) pela autora, e segundo o método GUT (Gravidade, Urgência e Tendência), pela empresa contratada. Laudos complementares sobre os sistemas de elevadores, climatização e ausência de SPDA também foram considerados. Os detalhes completos estão disponíveis no Apêndice A.

Este item aprofunda a relação entre as anomalias construtivas identificadas e seus impactos potenciais sobre o desempenho energético das edificações. O tratamento articulado dessas informações complementa a abordagem introdutória apresentada nas seções anteriores e reforça a importância da compatibilização entre correções construtivas e estratégias de eficiência energética.

A contabilização do percentual de consumo por uso final (levantada pelo diagnóstico RedEE) em cada bloco poderia aprofundar a análise, mas não compromete a qualidade da informação no contexto da pesquisa, uma vez que o objetivo central foi qualitativo: evidenciar a relação entre as anomalias prioritárias e os principais usos

de energia no complexo como um todo. A escolha metodológica priorizou a coerência entre escopo e propósito da tese, buscando indicar direções estratégicas para intervenções integradas, e não realizar uma avaliação comparativa de desempenho entre blocos. Ainda assim, essa desagregação poderá ser útil em estudos futuros que visem à quantificação mais precisa das oportunidades.

4.8.1 Anomalias e falhas de Maior Relevância

Foram identificadas anomalias críticas em todos os blocos, com destaque para:

Bloco A: falhas estruturais na marquise, sistema elétrico defasado e iluminação deficiente, infiltrações na cobertura e comprometimento dos sistemas hidrossanitário, tubulação de sucção e recalque inadequadas e de prevenção e combate a incêndio.

Bloco B: sistema elétrico precário e iluminação deficiente, ausência de guarda-corpos e deficiências na impermeabilização da cobertura e comprometimento dos sistemas de prevenção e combate a incêndio.

Bloco C: inexistência de sistema de alarme e detecção de incêndio, instalações elétricas e iluminação inadequadas e infiltrações nas alvenarias e vedações.

Bloco D: desabamento de forro por infiltração, exigindo manutenção urgente nas calhas.

Falhas estruturais na marquise

Embora as intervenções na marquise não gerem ganhos diretos em eficiência energética, representam oportunidade estratégica. O uso de andaimes já instalados poderia facilitar melhorias em outros sistemas, como HVAC, envoltória ou instalação de sistemas fotovoltaicos, evitando retrabalho e otimizando custos.

Instalações elétricas e iluminação inadequadas

A modernização das instalações elétricas pode gerar ganhos expressivos em desempenho e segurança. A substituição de fiação, quadros e disjuntores obsoletos, aliada à elaboração de um projeto luminotécnico que assegure uniformidade na distribuição das luminárias e níveis adequados de iluminância, é fundamental para garantir conforto visual e eficiência energética. A adoção de sistemas de iluminação LED, sensores de presença, automação predial e, sempre que possível, a integração com fontes de energia renovável, contribuem diretamente para a

racionalização do consumo, promovendo ambientes mais eficientes e confortáveis para os usuários.

Infiltrações na cobertura

As infiltrações recorrentes comprometem a integridade da envoltória. A substituição da manta impermeabilizante por soluções refletivas ou isolantes térmicos pode reduzir a carga térmica incidente e melhorar o conforto térmico interno, diminuindo a necessidade de climatização artificial. Ainda que a substituição das telhas não tenha sido explicitamente indicada, essa possibilidade deve ser considerada em função de seu potencial de melhoria no desempenho térmico.

Sistema hidrossanitário e elevatório

As medidas corretivas preveem a substituição do sistema hidrossanitário e a realização de reparos e manutenção preventiva no sistema elevatório, além da adoção de soluções para reuso e captação de água pluvial. Essas medidas contribuem principalmente para a redução do consumo de água potável, aspecto também contemplado nos critérios de etiquetagem do PBE Edifica (ENCE), que reconhece a relação entre uso racional de água e sustentabilidade no desempenho global da edificação. Em situações específicas, quando o aproveitamento de água pluvial ocorre por gravidade, pode haver ainda ganhos energéticos associados à redução do volume de água bombeada, ainda que pouco expressivos diante do benefício principal, que é a economia de água potável.

Sistema de alarme e detecção de incêndio

Além do papel essencial na segurança, a integração desses sistemas com iluminação de emergência eficiente e com o controle automatizado de HVAC pode reduzir o consumo em situações críticas. A reorganização necessária durante sua instalação também representa oportunidade para substituição de sistemas obsoletos de iluminação e lógica.

Revestimentos e forros

A adoção de revestimentos externos em cores claras, vedações adequadas e forros com melhor desempenho térmico contribui para a redução das cargas térmicas internas e melhora o desempenho energético geral da edificação.

As anomalias e/ou falhas identificadas demandam intervenções classificadas entre

reabilitação média e profunda, algumas exigindo desocupação parcial ou total dos blocos. Para além da restauração da funcionalidade e segurança, tais intervenções representam uma oportunidade concreta para incorporação de ações de eficiência energética.

O capítulo apresentou a caracterização do conjunto edificado, seu histórico, suas condições de conservação e os resultados preliminares do diagnóstico energético. A partir dessas informações, o capítulo seguinte avança para a testagem parcial da base argumentativa estruturada, propondo a sistematização de etapas e a análise de oportunidades de melhoria para o edifício estudado.

5 TESTAGEM PARCIAL DA BASE ARGUMENTATIVA ESTRUTURADA

5.1 OBJETIVOS E ESTRUTURA DO CAPÍTULO

Este capítulo tem como objetivo apresentar a experiência prática de aplicação parcial da base argumentativa estruturada proposta nesta pesquisa, destacando tanto os avanços alcançados quanto os obstáculos enfrentados. Com o intuito de ampliar a discussão, estabelece-se um paralelo com o Guia para Eficiência Energética nas Edificações Públicas, buscando refletir criticamente sobre as convergências e lacunas em relação à proposta desenvolvida.

A partir dessa análise, pretende-se oferecer subsídios para o aprimoramento da gestão e das contratações públicas voltadas à eficiência energética em edificações.

5.2 MAPEAMENTO DAS OPORTUNIDADES DE MELHORIA DO DESEMPENHO ENERGÉTICO

Este item corresponde à primeira etapa da base argumentativa estruturada proposta nesta tese: o mapeamento das oportunidades de melhoria do desempenho energético. Essa etapa consiste em identificar, com base no diagnóstico energético e nas condições técnicas da edificação, os pontos críticos que apresentam potencial para ganhos em eficiência energética por meio da implementação de ações de eficiência energética (AEE).

A condição atual do complexo predial reflete um histórico de intervenções pontuais, realizadas sem planejamento integrado. Embora algumas melhorias tenham sido implementadas ao longo do tempo, a ausência de uma estratégia de eficiência energética favoreceu soluções paliativas e contribuiu para a deterioração do conjunto.

A Tabela de Mapeamento das AEE elaborada para esta seção (Quadro 15) relaciona as anomalias técnicas identificadas nas vistorias com as oportunidades de implementação de AEE, considerando os quatro usos significativos de energia (USE): climatização, data center, iluminação e tomadas.

A análise permitiu classificar as AEE segundo três categorias:

1. AEE associadas simultaneamente às anomalias e aos USE: são aquelas motivadas por falhas técnicas identificadas nas vistorias e que incidem diretamente sobre sistemas de elevado consumo, como iluminação e

distribuição elétrica. Exemplos incluem a substituição de sistemas obsoletos de iluminação e a instalação de sensores de presença e automação.

2. AEE fortemente associadas aos USE: são aquelas que incidem sobre os principais usos de energia da edificação, mesmo sem correlação direta com anomalias identificadas. Nessa categoria, as intervenções se justificam por sua relevância energética e se aproveitam das oportunidades geradas pela abrangência da obra ou pela solução de outras anomalias. São exemplos:
 - Substituição do sistema de ar-condicionado por soluções mais eficientes;
 - Modernização do Data Center;
 - Aproveitamento da ventilação natural;
 - Reorganização dos ambientes internos visando otimização do zoneamento térmico;
 - Requalificação de fachadas durante a instalação de andaimes para recuperação de marquises;
 - Inclusão de vegetação natural como sombreamento nas áreas externas.
3. AEE associadas apenas às anomalias: são ações motivadas por falhas detectadas nas vistorias, mas que não têm relação direta com os sistemas de maior consumo. Nesses casos, as anomalias abrem janelas de oportunidade para incorporar melhorias de desempenho energético, como ocorre com a substituição de quadros elétricos antigos ou a instalação de painéis fotovoltaicos durante obras na cobertura.

Essas constatações reforçam que a presença de anomalias não abrange todo o leque de possibilidades de AEE, mas oferece oportunidades estratégicas, que podem ser ampliadas com uma abordagem integrada. A substituição do sistema de climatização, por exemplo, não consta como prioridade no laudo técnico, mas pode ser viabilizada caso o *retrofit* seja conduzido de forma abrangente.

Embora a substituição de lâmpadas tradicionais por LED tenha reduzido o consumo de iluminação para 2,84% do total, ainda há oportunidades de melhoria, como a instalação de sensores de presença, automação predial e redistribuição das luminárias para garantir iluminância adequada e uniformidade.

O caso do Data Center é ilustrativo: embora não tenha sido implantado com foco em eficiência energética nem esteja associado a anomalias construtivas, sua modernização — incluindo redimensionamento da climatização e controle remoto — gerou significativa economia. Isso demonstra que a eficiência energética deve ser estruturante no *retrofit*, e não tratada como um apêndice técnico.

Outras AEE encontram-se destacadas nos apêndices B e C. A seguir, apresenta-se o resumo das principais propostas:

- Reativação dos brises articuláveis da fachada com verificação de viabilidade de substituição da proteção existente por outras mais eficientes;
- Substituição dos vidros por modelos de maior eficiência térmica;
- Instalação de películas de alto desempenho térmico nos vidros das esquadrias
- Aproveitamento de vegetação e obstruções arquitetônicas para sombreamento natural;
- Impermeabilização da cobertura com soluções refletivas ou isolantes térmicas;
- Substituição de telhas com melhor desempenho termoacústico;
- Pintura das superfícies da fachada com revestimentos de baixa absorção;
- Aproveitamento da ventilação natural;
- Reorganização dos ambientes internos visando otimização do zoneamento térmico;
- Substituição dos sistemas obsoletos de elétrica e de iluminação;
- Instalação de sensores de presença e automação predial;
- Uso racional de água
- Instalação de placas fotovoltaicas
- Substituição do sistema de ar-condicionado

Essas medidas representam ações viáveis e coerentes com o diagnóstico técnico-energético já realizado, destacando o papel do *retrofit* como oportunidade estratégica para integrar eficiência energética à modernização predial.

Quadro 15: Mapeamento das ações de eficiência energética (AEE) com base nas anomalias técnicas identificadas, considerando os usos significativos de energia (USE).

ANOMALIAS / FALHAS / INTERVENÇÕES	USE				
	Climatização	Data Center	Iluminação	Tomadas	
Falhas estruturais nas marquises do 4º andar – Instalação de andaimes na fachada	- Substituição do ar-condicionado (1) - Brises articuláveis (reativar/instalar/substituir) (1) - Vidros de maior eficiência térmica (1) - Películas de alto desempenho (1) - Pintura com baixa absorvância (1) - Ventilação natural (1)	N/A	N/A	N/A	Ações de eficiência correlatas às falhas identificadas que impactem os USE
Instalações elétricas e iluminação inadequadas – Substituição	- Instalar sensores e automação - Reorganizar ambientes para zoneamento térmico (2)		- Instalar sensores e automação (1) - Iluminação LED (2) - Reorganizar ambientes para zoneamento térmico (1)	N/A	
Infiltrações na Cobertura - Substituição de telhas e impermeabilização	- Impermeabilização da cobertura com soluções refletivas ou isolantes térmicas (2) - Substituição das telhas com melhor desempenho termoacústico (2) - Instalação de painéis fotovoltaicos (3))	N/A	N/A	N/A	
Sistema Hidrossanitário e elevatório – substituição				- Uso racional de água potável ⁸ (2)	
Sistema de Alarme e Detecção de Incêndio			- Instalar iluminação de emergência eficiente (2)		

(1) AEE associada fortemente aos USE

(2) AEE associada simultaneamente aos USE e anomalias

(3) AEE associadas apenas às anomalias

Fonte: Autora

Por fim, ressalta-se que a avaliação do conforto na perspectiva do usuário, conforme mencionado no item 3.6, constitui aspecto relevante para a composição da análise. No entanto, este estudo não contemplou tal avaliação em razão do advento do teletrabalho após a pandemia, que inviabilizaria o convencimento dos participantes para a realização da pesquisa. Ademais, seria necessário recorrer a percepções passadas, possivelmente distorcidas em relação à realidade vivenciada, o que comprometeria a confiabilidade dos resultados.

O Guia para Eficiência Energética nas Edificações Públicas (CEPEL, 2024) parte do

diagnóstico energético como principal motivador da identificação de AEE, enquanto o objeto de estudo apresentado mostra que o mapeamento de oportunidades de melhoria do desempenho energético pode emergir de diversas fontes, incluindo as anomalias construtivas previamente diagnosticadas. A análise das patologias do complexo predial oferece janelas decisivas de oportunidade que, quando aliadas a estratégias de eficiência energética, favorecem intervenções com maior impacto e viabilidade técnica. Essa articulação entre patologias e eficiência energética é especialmente útil em contextos de restrições orçamentárias, descontinuidade administrativa ou falta de vontade política, permitindo que o *retrofit* seja executado de forma escalonada, ~~mas~~ orientada por uma lógica de melhoria contínua.

Conclui-se, portanto, que a implementação de AEE deve ser conduzida com base em um diagnóstico técnico-energético consistente e, sobretudo, vinculada a um planejamento integrado que considere a interdependência entre os sistemas. Essa abordagem aumenta não apenas a eficiência energética, mas também a vida útil, o conforto ambiental e a sustentabilidade financeira e operacional do edifício, possibilitando que diferentes tipos de intervenção, desde reformas pontuais até o *retrofit* completo, sejam conduzidos sob uma lógica de melhoria contínua orientada por critérios técnicos de eficiência energética.

5.3 DEFINIÇÃO DO PROCESSO DE PREVISÃO E RECOMENDAÇÃO

A etapa de previsão e recomendação de ações de eficiência energética (AEE) pode ser conduzida tanto por equipes técnicas internas quanto por meio da contratação de empresas especializadas. A escolha da abordagem depende diretamente da estrutura organizacional do contratante, da complexidade do projeto e da disponibilidade de recursos técnicos e financeiros.

A simulação computacional tem sido amplamente utilizada como ferramenta de apoio a essa etapa, por possibilitar análises integradas e detalhadas sobre o desempenho energético de edificações. É recomendada por diversos autores (Costa; Alvarez e Martino, 2021; Ferrador Filho; Aguiar e Kniess, 2018; Silva *et al.*, 2021) e reconhecida pela ENCE como a alternativa mais completa para avaliação do desempenho energético (Brasil, 2022). Embora a ENCE apresente como solução alternativa o uso do método simplificado, voltado para contextos com restrições técnicas e operacionais, sinaliza a simulação como o caminho tecnicamente mais

robusto e preferencial. No capítulo 4, foi realizada uma análise crítica sobre a aplicabilidade desse método no complexo predial utilizado como estudo aplicado, considerando suas vantagens e limitações.

Iniciativas como o Projeto Esplanada Sustentável (PES), desenvolvido no âmbito do PROBEN ESPLANADA (Brasil, 2017) em parceria com o Laboratório de Conforto e Eficiência Energética (LABCEE/UFPEL), demonstram o potencial de capacitação interna para a realização de análises energéticas e a consequente redução da dependência de serviços terceirizados. Essa iniciativa reforça a importância de programas estruturados voltados à eficiência energética no setor público.

Por outro lado, a contratação de empresas especializadas também é uma alternativa viável e recorrente, especialmente em contextos com prazos curtos ou baixa maturidade técnica institucional. Nesse cenário, é fundamental distinguir as abordagens adotadas pelas Empresas de Serviços de Conservação de Energia (ESCOs) e pelas consultorias de eficiência energética. As ESCOs concentram-se na implementação de soluções com retorno garantido, como a substituição de sistemas de climatização, iluminação ou a instalação de painéis fotovoltaicos, baseando-se em métodos consolidados de Medição e Verificação (M&V). No entanto, usualmente não adotam análises integradas do edifício como um todo. Já as consultorias de eficiência energética tendem a adotar uma abordagem mais ampla e sistêmica, com avaliação da envoltória da edificação, uso de simulações computacionais e, frequentemente, a inclusão da etiquetagem ENCE em seu escopo de serviços. Ainda assim, é importante observar que essas consultorias geralmente não realizam diagnósticos energéticos propriamente ditos, o que exige articulação complementar entre diferentes serviços.

A importância da análise integrada é tamanha que o Guia para eficiência energética nas edificações públicas (CEPEL, 2024) recomenda sua incorporação já na contratação do diagnóstico energético o qual deve contemplar o levantamento das AEE, a análise de viabilidade, os procedimentos de M&V e a etiquetagem ENCE para auxílio quanto a escolha das AEE — reafirmando a centralidade da análise integrada como subsídio à tomada de decisão. Embora a prática da contratação conjunta de diagnóstico e certificação não seja comum, ela é viável por meio de subcontratações, o que pode, no entanto, encarecer o processo.

A viabilidade da contratação externa está fortemente condicionada à abrangência e ao valor da intervenção. Projetos menores ou com escopo limitado dificilmente justificam contratações desse tipo, tanto por restrições orçamentárias quanto pela simplicidade das ações envolvidas. Já obras de maior escala e impacto tendem a viabilizar a atuação de consultorias especializadas e ESCOs, aumentando as chances de um planejamento energético mais robusto.

Entretanto, mesmo em contratos de maior porte, a estruturação adequada da licitação é um ponto crítico. A ausência de requisitos técnicos bem definidos no edital e a insuficiência de capacitação interna podem comprometer a seleção de empresas qualificadas e, portanto, a qualidade da análise energética realizada. Essa constatação reforça a necessidade de investimento institucional tanto em qualificação técnica quanto no aprimoramento dos processos licitatórios.

Por fim, a prática observada no planejamento de contratação do projeto executivo de *retrofit* do IBGE confirma a multiplicidade de caminhos possíveis para estruturar a análise de eficiência energética. A estratégia atualmente em avaliação contempla a contratação de um projeto executivo integral com subcontratação de consultoria especializada em eficiência energética, dispensando a etapa de diagnóstico energético formal. Isso se justifica pelo caráter abrangente da reforma, que já prevê a modernização completa dos sistemas existentes. Como resultado deste estudo, propõe-se ainda uma terceira estratégia: a atuação ativa de um Sistema de Gestão de Energia (SGE), que, ao ser institucionalizado e operacionalizado de forma contínua, pode suprir a função diagnóstica, consolidando a análise integrada como prática permanente dentro da gestão predial.

5.4 ANÁLISE DE VIABILIDADE

A tomada de decisão na escolha das ações de eficiência energética (AEE) não deve depender apenas da intuição ou do conhecimento do projetista, mas sim ser fundamentada em evidências e análises objetivas. Esse é um aspecto fundamental para garantir um processo de decisão racional e estruturado, evitando escolhas baseadas em percepções subjetivas. No entanto, trata-se de uma etapa complexa, pois, além das expectativas de redução de consumo energético, é necessário realizar estimativas orçamentárias para a implementação das medidas, garantindo que a escolha das AEE esteja alinhada com critérios técnicos, econômicos e

operacionais.

Nesse sentido, a análise de viabilidade depende diretamente da previsão de redução de consumo energético, uma vez que, sem essa estimativa, não há como avaliar adequadamente os benefícios financeiros e operacionais das AEE propostas. A análise de viabilidade torna-se, assim, essencial para garantir que as medidas adotadas apresentem um retorno energético e financeiro justificável.

Um ponto central é a definição do que caracteriza um projeto como viável. Na Chamada Pública Procel Energia Zero em Prédios Públicos de 2025, um *retrofit* bem-sucedido é aquele que reduz o consumo de energia entre 90% e 110%, com investimentos variando entre R\$ 1 milhão e R\$ 6 milhões. Valores superiores podem ser aceitos desde que a instituição proponente assuma os custos adicionais.

No caso de projetos financiados pelo Programa de Eficiência Energética (PEE), a viabilidade econômica é avaliada pela relação custo-benefício (RCB), mas sob a ótica do sistema elétrico. Como o objetivo desses investimentos é evitar a expansão da infraestrutura energética, a análise considera tanto a redução da demanda no horário de pico quanto a economia de consumo ao longo do tempo (MME e ANEEL, 2021).

Por outro lado, quando o financiamento parte diretamente do consumidor — como um órgão público ou uma empresa privada —, a lógica da viabilidade muda e passa a estar centrada no retorno financeiro refletido na fatura de energia. Em contratos de performance, financiados por terceiros, a análise tende a ser híbrida, combinando indicadores financeiros e energéticos conforme as cláusulas contratuais.

Em muitos casos, o próprio financiador — seja o proponente ou uma entidade externa — estabelece os critérios de viabilidade. O Guia para Eficiência Energética nas Edificações Públicas (2014) e MME e GIZ (2022) confirmam que a administração ou o coordenador do projeto de reabilitação pode estabelecer critérios de atratividade com base no tempo de retorno do investimento, na taxa interna de retorno, no capital máximo disponível, entre outros.

Além disso, cada AEE deve ser avaliada individualmente, considerando não apenas seu retorno econômico, mas também os benefícios adicionais. O PEE, por exemplo, reconhece como relevantes:

- Economia de insumos (água, combustíveis etc.);

- Ganhos de produtividade;
- Melhoria da qualidade dos serviços prestados;
- Impactos socioambientais positivos.

A esses fatores se somam benefícios intangíveis, como a valorização institucional ou a contribuição a programas educacionais (MME e ANEEL, 2021).

No contexto do complexo predial utilizado como aplicação prática, assim como na maioria dos órgãos públicos, observa-se a inexistência de um Sistema de Gestão de Energia (SGE). Essa lacuna compromete a institucionalização de estratégias de eficiência e dificulta a execução de análises de viabilidade mais robustas. No caso em questão, a pesquisadora buscou suprir essa ausência realizando diretamente o levantamento dos Usos Significativos de Energia (USEs), o que se mostrou essencial para o mapeamento das oportunidades de melhoria do desempenho energético.

Outras vantagens inerentes à existência de um SGE — como a definição de metas de consumo e a disponibilização de linhas de base estabelecidas — não se mostraram determinantes no contexto desta tese, em razão de seu enfoque qualitativo.

Entretanto, em análises quantitativas, a presença de um SGE teria grande utilidade para avaliar com maior precisão o impacto das ações propostas sobre o desempenho energético. Ressalte-se ainda que a falta de cultura institucional voltada para a gestão de energia inviabiliza, no atual cenário, a contratação de um SGE, em parte devido ao encarecimento que tal processo representaria para a Administração Pública (Fossa; Sgarbi, 2016).

5.5 ESCOLHA DAS AEE

A definição das Ações de eficiência energética (AEE) deve ser fundamentada nas análises realizadas, considerando as oportunidades geradas pela reforma, o diagnóstico energético, a previsão de redução do consumo de energia e a viabilidade das medidas propostas. Sem essas etapas prévias, a seleção das AEE corre o risco de ser feita de forma desestruturada, comprometendo a efetividade das ações no longo prazo.

No contexto de projetos de reabilitação e *retrofit*, a escolha das AEE deve ocorrer

antes da elaboração do estudo preliminar, pois as medidas selecionadas impactam diretamente as soluções de projeto e os parâmetros de intervenção. Dessa forma, a integração das AEE desde as fases iniciais do planejamento garante maior coerência entre os objetivos de eficiência energética e as decisões arquitetônicas e técnicas do *retrofit*.

A aplicação de uma metodologia estruturada, como a proposta nesta tese, favorece uma tomada de decisão mais embasada, reduzindo riscos e aumentando a previsibilidade dos benefícios das AEE. A inexistência de um departamento de gestão de energia na maior parte dos órgãos públicos reforça a importância de processos sistematizados, que orientem as escolhas e assegurem que as intervenções realmente tragam ganhos em termos de desempenho energético e redução de custos operacionais.

Dessa forma, ao estruturar as etapas de identificação de oportunidades, previsão de impacto, análise de viabilidade e planejamento integrado, a seleção das AEE passa a ser um processo técnico fundamentado, alinhado às necessidades da edificação e às diretrizes estratégicas do setor público.

5.6 MEDIÇÃO E VERIFICAÇÃO

O ano de 2019 foi estabelecido como referência para o diagnóstico energético da unidade do IBGE em estudo, marcando o fim de um regime de trabalho estritamente presencial, com carga horária de oito horas diárias. Com o *retrofit*, espera-se uma reconfiguração do layout para acomodar o modelo híbrido. A otimização dos espaços será guiada pelos índices de ocupação propostos no Manual Racionaliza do Governo Federal (ME, 2020), priorizando áreas de trabalho coletivo e ambientes compartilhados.

Dentre as principais mudanças previstas, destacam-se alterações nos padrões de uso, ocupação e comportamento dos usuários. A conversão de salas individuais em ambientes de cotrabalho, a criação de espaços colaborativos e a reestruturação funcional impactam diretamente as demandas de climatização e iluminação, modificando o perfil de consumo energético.

Esse desafio destaca a importância dos dispositivos previstos na nova Lei de Licitações, que permitem a contratação por performance, com remuneração vinculada aos resultados obtidos em termos de eficiência energética. Contudo, para

que esse tipo de contrato funcione adequadamente, a Medição e Verificação (M&V) deve ser conduzida com rigor técnico e metodológico, assegurando confiabilidade na aferição dos resultados.

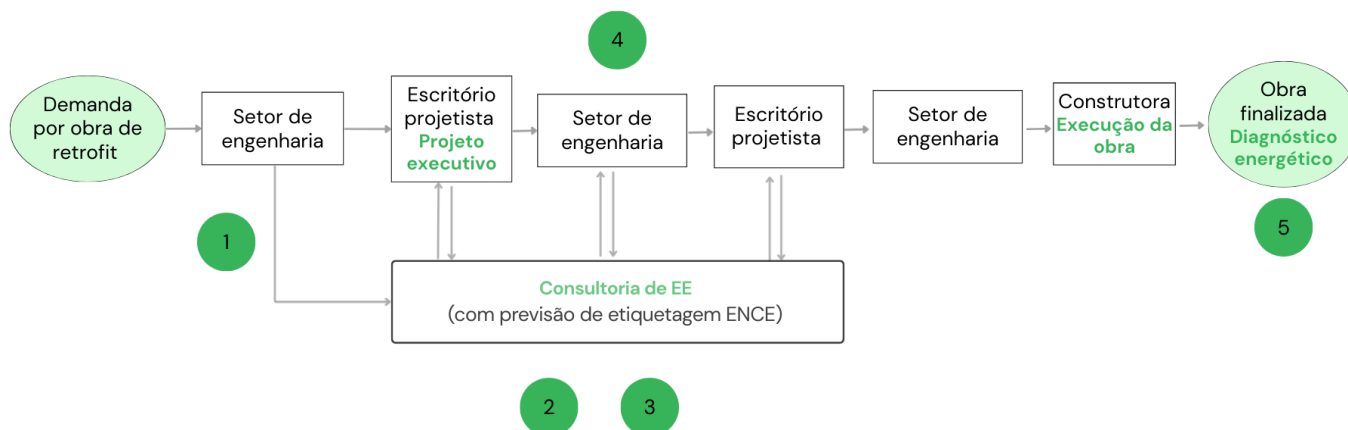
No contexto do setor público, a ausência de um SGE e de capacitação técnica interna amplia a variabilidade na qualidade dos serviços prestados por ESCOs e consultorias. Enquanto algumas empresas já utilizam metodologias sofisticadas de simulação computacional (como EnergyPlus e DesignBuilder), outras ainda operam com ferramentas convencionais, como regressões estatísticas simples e ajustes sazonais (Maciel, 2021).

A crescente adoção da simulação computacional como recurso para M&V, sobretudo em projetos certificados (LEED, AQUA), demonstra que essa ferramenta tem se consolidado como diferencial competitivo entre as empresas especializadas. Para assegurar os resultados de contratos de performance, será necessário avançar na padronização de metodologias, garantindo que os resultados obtidos possam ser auditáveis, comparáveis e validados por terceiros.

5.7 FLUXOGRAMA DA APLICAÇÃO DA BASE ARGUMENTATIVA ESTRUTURADA NO *RETROFIT* PROPOSTO

A Figura 24 apresenta um fluxograma que ilustra uma possibilidade de agrupamento das etapas da base argumentativa estruturada, aplicável à contratação do projeto executivo de *retrofit* do complexo predial analisado nesta tese. O diagrama tem por objetivo evidenciar a flexibilidade da metodologia proposta e demonstrar como suas etapas podem ser distribuídas entre diferentes atores e fases contratuais, mesmo diante de restrições recorrentes na administração pública, como a ausência de um Sistema de Gestão de Energia (SGE) institucionalizado ou limitações de orçamento e equipe técnica.

Figura 24: Fluxograma ilustrativo de uma possibilidade de agrupamento das etapas da base argumentativa estruturada, aplicável à contratação do projeto executivo de *retrofit* do complexo predial analisado.



Legenda: 1- Mapeamento das oportunidades. 2 – Previsão e recomendação, 3 – Análise de viabilidade, 4 – Escolha das AEE, 5 – Planejamento de M&V

Fonte: Autora

A lógica do fluxo é a seguinte:

1. Demanda por *retrofit*: A necessidade de intervenção no edifício é identificada, acionando o setor de engenharia, que elabora os artefatos técnicos necessários à contratação do projeto executivo (Estudo Técnico Preliminar – ETP, Mapa de Riscos – MR, e Termo de Referência – TR).
2. Etapa 1 – Mapeamento das oportunidades de melhoria do desempenho energético: Nessa fase, o setor de engenharia avalia patologias construtivas, anomalias técnicas e dados energéticos, com o objetivo de identificar ações de eficiência energética (AEE) potenciais. No contexto desta pesquisa, a autora realizou um diagnóstico energético que simulou, parcialmente, os benefícios da existência de um Sistema de Gestão de Energia (SGE) institucionalizado, fornecendo dados técnicos e energéticos para o planejamento da contratação.
3. Etapas 2 e 3 – Previsão e recomendação + Análise de viabilidade: Essas etapas são conduzidas por uma consultoria especializada em eficiência energética, contratada para apoiar a equipe técnica. Cabe a essa consultoria realizar análises de viabilidade técnico-econômica das AEE mapeadas e

contribuir para a etiquetagem ENCE do edifício.

4. Etapa 4 – Escolha das AEE: Com base nas análises e recomendações recebidas, o setor de engenharia, em articulação com o escritório projetista, seleciona as AEE que serão incorporadas ao projeto executivo.
5. Desenvolvimento do projeto executivo pelo escritório projetista: O escritório projetista consolida as AEE escolhidas e as integra às diversas disciplinas do projeto. Também poderá prestar apoio técnico à construtora responsável pela execução, assegurando a correta implantação das soluções propostas.
6. Execução da obra e início de novo ciclo: Com a implantação das intervenções, inicia-se um novo ciclo de gestão energética. Como os sistemas prediais foram atualizados e os usos dos espaços modificados, torna-se necessária a realização de um novo diagnóstico energético, voltado à definição da linha de base e ao planejamento da etapa de medição e verificação (M&V).
7. Etapa 5 – Planejamento de M&V: Após a conclusão da obra, deve-se planejar a M&V com base nas novas condições operacionais do edifício. Essa etapa marca o início de um novo ciclo de SGE, com base técnica adequada à verificação dos resultados obtidos.

O Guia para eficiência energética nas edificações públicas (CEPEL, 2024) apresenta um ciclo de revitalização composto por cinco etapas: (1) diagnóstico energético, (2) elaboração do projeto básico, (3) elaboração do projeto executivo, (4) execução das obras e (5) fiscalização e acompanhamento dos resultados. Embora o guia proponha como primeira etapa o diagnóstico energético, nele já se prevê, de forma integrada, a identificação de AEE, a análise de custo-benefício, o procedimento de medição e verificação e até a etiquetagem ENCE — compondo, na prática, os mesmos elementos que nesta tese foram desdobrados em etapas analíticas específicas.

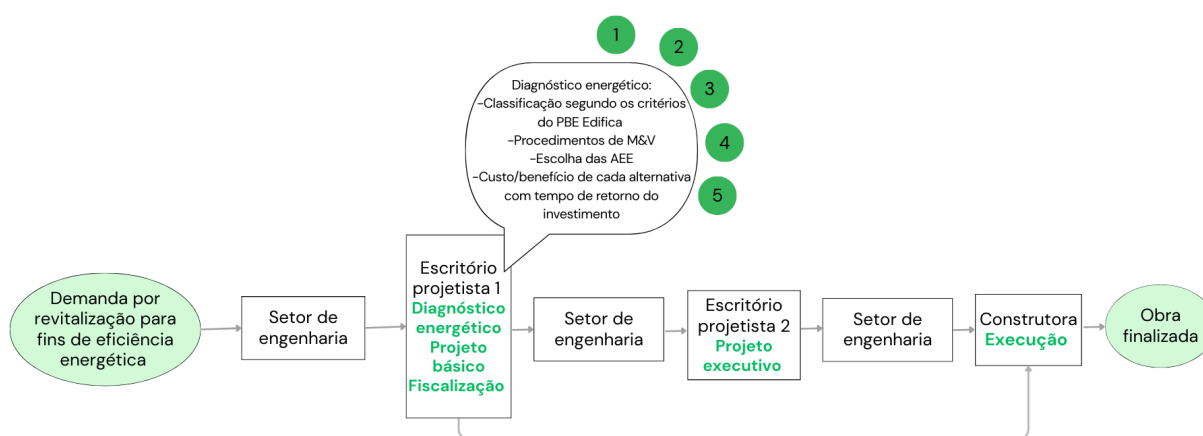
A principal distinção, portanto, não está no conteúdo técnico abrangido, mas sim na forma de organização e abordagem das etapas. Enquanto o Guia propõe um agrupamento técnico-operacional para fins contratuais, a base argumentativa estruturada propõe um encadeamento lógico que reforça a tomada de decisão

fundamentada.

O documento admite diferentes formas de agrupamento contratual, mas recomenda a seguinte configuração (Figura 25):

- Contratação conjunta do diagnóstico energético e do projeto básico;
- Contratação do projeto executivo;
- Contratação da execução da obra.

Figura 25: Agrupamento contratual proposto pelo guia para reabilitação com foco em eficiência energética proposto pelo Guia para Eficiência Energética nas Edificações Públicas



Legenda: 1- Mapeamento das oportunidades. 2 – Previsão e recomendação, 3 – Análise de viabilidade, 4 – Escolha das AEE, 5 – Planejamento de M&V

Fonte: Autora

No caso do *retrofit* analisado nesta tese, a configuração contratual adotada difere da proposta pelo Guia, estruturando-se da seguinte forma:

- O diagnóstico energético não precisou ser contratado na fase inicial, pois foi elaborado internamente, simulando a existência de um Sistema de Gestão de Energia (SGE);
- Contratação de consultoria em eficiência energética (EE): as etapas de mapeamento, previsão, análise e seleção das AEE foram incluídas no escopo da consultoria, cuja atuação se deu de forma integrada com o setor de engenharia (contratante) e o escritório de arquitetura (contratado). Isso permitiu que o projeto executivo fosse desenvolvido com orientações

fundamentadas desde a concepção até sua entrega final;

- Contratação do projeto executivo
- Contratação da execução da obra

Essa nova configuração representa uma alternativa viável à proposta do Guia, especialmente em contextos em que parte das etapas pode ser internalizada (como o diagnóstico energético) ou distribuída entre diferentes atores contratados (projetistas e consultorias). A experiência analisada contribui para ampliar a flexibilidade dos arranjos contratuais e reforça a utilidade da base argumentativa estruturada como uma referência modular, adaptável à realidade da administração pública.

No caso de projetos de *retrofit*, é comum que haja mudanças significativas nos usos e ocupações, além da atualização dos sistemas prediais. Essas alterações, muitas vezes, descaracterizam completamente as condições de operação anteriores à intervenção, tornando impossível sua simulação ou comparação. Nessas situações, a realização do diagnóstico energético na fase anterior ao *retrofit* perde seu propósito, devendo ser reprogramada para o momento posterior à execução da obra.

Este capítulo tratou da aplicação prática da base argumentativa estruturada no complexo predial, desde o mapeamento de oportunidades até a definição do processo de previsão, análise de viabilidade, escolha das AEE e elaboração de fluxogramas. O capítulo seguinte reúne as conclusões finais, discutindo os resultados alcançados, suas limitações e as possibilidades de replicação da metodologia em outros contextos da administração pública.

6 CONCLUSÕES

Este capítulo apresenta uma conclusão integrada sobre os resultados obtidos com a testagem parcial da base argumentativa estruturada para a inclusão de ações de eficiência energética (AEE) em obras de reabilitação predial no setor público. A análise aqui desenvolvida responde diretamente aos objetivos da pesquisa, destacando os avanços, os obstáculos enfrentados e as principais lições extraídas da experiência.

6.1 O QUE FUNCIONOU

A base argumentativa estruturada demonstrou ser uma ferramenta eficaz para sistematizar o processo decisório relacionado à inclusão de AEE. Mesmo com sua aplicação parcial, foi possível:

- Identificar oportunidades de intervenção energética alinhadas ao contexto técnico do edifício analisado;
- Integrar aspectos construtivos e de desempenho energético de forma coerente;
- Fortalecer a tomada de decisão com base em evidências e critérios objetivos;
- Estimular a reflexão institucional sobre novas formas de estruturação de contratos e de qualificação técnica interna;
- Compatibilizar a metodologia proposta com os instrumentos legais disponíveis, como contratos de performance previstos na nova Lei de Licitações.

Esses resultados confirmam a viabilidade da abordagem modular e progressiva da base, o que a torna aplicável tanto em intervenções de pequeno porte quanto em reformas de maior complexidade, favorecendo a lógica de melhoria contínua.

6.2 LIMITAÇÕES PARA IMPLEMENTAÇÃO DA BASE ARGUMENTATIVA ESTRUTURADA

A testagem parcial da base argumentativa estruturada permitiu identificar uma série de condicionantes e obstáculos institucionais que podem comprometer sua adoção integral na prática. As limitações observadas não indicam fragilidade da proposta, mas sim barreiras estruturais e operacionais que precisam ser enfrentadas para garantir sua viabilidade em escala. A seguir, apresentam-se os principais fatores que

podem dificultar a aplicação plena da lógica proposta.

- Carência de capacitação técnica: compromete diagnósticos, benchmarking, simulações e M&V. A metodologia já sinaliza essa barreira ao exigir a etapa de previsão e recomendação (etapa 2), primeiro passo para buscar qualificação interna ou apoio externo. Exemplos disso foram: a dificuldade de aplicar o método simplificado do INI-C, a complexidade do uso de simulações energéticas sem treinamento adequado e mesmo exigência de especificações técnicas robustas para contratação de consultorias especializadas.
- Fragilidade ou inexistência de SGE: sem um sistema de gestão, as iniciativas permanecem desarticuladas e dependentes de esforços pontuais. O método reforça essa lacuna ao sistematizar etapas que idealmente seriam conduzidas por um SGE, criando sensibilidade para sua adoção futura. Esse problema ficou evidente tanto na ausência de linhas de base confiáveis quanto na falta de integração com os setores de obras.
- Desconexão entre PLS e obras de reabilitação: as AEE previstas nos planos logísticos muitas vezes não dialogam com reformas prediais. A etapa de mapeamento do método (etapa 1) oferece um caminho inicial para aproximar planejamento logístico e projetos de obras, ajudando a superar a baixa sinergia observada entre anomalias construtivas e oportunidades de eficiência energética.
- Dificuldade de quantificação de resultados: a falta de métricas consistentes mina a credibilidade das ações. O método contribui ao incorporar previsão e medição de resultados (etapas 2 e 5), etapas essenciais para futuras aplicações em contratos de performance e acompanhamento de metas públicas. Como exemplo, verificou-se o desafio de contratar consultorias especializadas a custos elevados em obras de menor escopo, o que reforça a necessidade de alguma capacitação interna para garantir a quantificação.

Em síntese, a metodologia não elimina essas barreiras, mas cumpre um papel catalisador: evidencia as limitações existentes, estrutura passos iniciais para enfrentá-las e reforça a eficiência energética como diretriz estratégica nas práticas de reabilitação predial do setor público.

6.3 LIÇÕES EXTRAÍDAS E VINCULAÇÃO AOS OBJETIVOS DA TESE

Objetivo 1 – Explorar os desafios da aplicação da base argumentativa

A aplicação prática ainda que parcial permitiu identificar gargalos críticos (ver item 6.2) que impactam diretamente a operacionalização da metodologia.

Objetivo 2 – Definir diretrizes e critérios para o planejamento e a contratação

A partir da experiência analisada, foi possível definir diretrizes concretas, como:

- Antecipação da escolha das AEE às fases iniciais do projeto;
- Integração entre diagnóstico de construção civil e energético;
- Prioridade à abordagem sistêmica e não fragmentada das soluções;
- Valorização de critérios objetivos de viabilidade técnico-financeira;
- Reforço institucional para elaboração de documentos de contratação mais assertivos.

Objetivo 3 – Avaliar a aplicabilidade da metodologia proposta

A estrutura modular em cinco etapas mostrou-se adaptável e coerente com a lógica dos processos públicos, organizando e justificando decisões com base em critérios objetivos.

Objetivo 4 – Propor caminhos para replicação

A implantação de um SGE foi apontada como estratégia-chave para viabilizar a replicabilidade da metodologia. A integração entre SGE e Plano de Logística Sustentável (PLS) também se destaca como mecanismo para consolidar uma cultura institucional de eficiência.

6.4 **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A base argumentativa estruturada proposta nesta tese representa uma contribuição relevante para a promoção da eficiência energética em edifícios públicos. Ao estabelecer uma lógica clara, compatível com os desafios do setor e com os marcos legais vigentes, a metodologia permite decisões mais bem fundamentadas e aumenta a eficácia das intervenções de reabilitação.

Sua adoção, ainda que gradual, pode transformar o modo como a eficiência energética é incorporada aos projetos públicos, não como um requisito isolado, mas como parte integrante do planejamento, da contratação e da operação das

edificações. Dessa forma, contribui-se para o fortalecimento da gestão pública, o uso mais racional de recursos e a consolidação de políticas sustentáveis de longo prazo.

A visão abrangente proporcionada pela pesquisa deixa evidente a complexidade do tema e a necessidade de articulação transversal entre diferentes áreas da administração pública. Mais do que uma questão técnica, a eficiência energética revela-se como um tema estratégico, que exige coordenação institucional e integração entre setores tradicionalmente isolados, como planejamento, obras, compras e gestão ambiental. Ao mesmo tempo, essa complexidade reforça o valor institucional da proposta desenvolvida, na medida em que oferece um caminho possível para superar fragmentações e alinhar esforços em torno de objetivos comuns.

Para a autora, essa jornada também representa uma reflexão pessoal e profissional. A construção da metodologia proposta foi diretamente influenciada pela vivência acumulada no serviço público, marcada por tentativas, avanços e frustrações na busca por soluções mais sustentáveis para as contratações de obras e projetos. A tese nasce, portanto, da necessidade concreta de transformar essa experiência em uma contribuição estruturada, com potencial de influenciar positivamente as práticas institucionais. Ao olhar retrospectivamente, fica evidente que o conhecimento produzido aqui não é apenas resultado de pesquisa, mas também de um percurso de envolvimento direto, de escuta e de compromisso com a melhoria do serviço público e com a sustentabilidade como valor institucional.

6.5 PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS

A pesquisa aqui apresentada abre caminhos para o aprofundamento de diversas frentes de investigação e desenvolvimento, tanto no campo acadêmico quanto na prática institucional da gestão energética em edificações públicas. Como desdobramentos possíveis, propõem-se:

- Aplicação completa da base argumentativa estruturada

Este estudo limitou-se à aplicação parcial da metodologia. A realização de estudos que contemplem todas as cinco etapas (incluindo a medição e verificação pós-intervenção) pode oferecer evidências mais robustas sobre a eficácia da lógica proposta, especialmente no contexto de contratos de performance e monitoramento de resultados.

- Desenvolvimento de ferramentas de apoio à decisão

A elaboração de instrumentos técnicos — como planilhas paramétricas, checklists e modelos de especificação — que orientem gestores públicos na aplicação da base argumentativa pode acelerar sua adoção e reduzir a dependência de consultorias externas. Tais ferramentas podem ser desenvolvidas e testadas em órgãos com diferentes níveis de maturidade institucional.

- Integração com políticas públicas e marcos regulatórios

Estudos voltados à articulação da base argumentativa com políticas públicas federais, como o Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEf), a Política Nacional de Contratações Públicas e as diretrizes do Programa de Eficiência Energética da ANEEL, podem fortalecer sua aplicabilidade e legitimidade institucional.

- Avaliação do impacto da criação de SGEs em diferentes esferas de governo

A proposta de fortalecimento institucional por meio da criação de Sistemas de Gestão de Energia (SGEs) pode ser investigada em maior profundidade, a partir de experiências comparativas em órgãos públicos federais, estaduais e municipais, com foco nos ganhos de eficiência obtidos e nos obstáculos enfrentados para sua implementação.

- Estudos sobre maturidade técnica e capacitação de equipes públicas

A carência de capacitação interna foi um dos principais gargalos identificados. Investigar estratégias de formação técnica em simulação computacional, análise de viabilidade e M&V para servidores públicos pode subsidiar programas de capacitação em larga escala, alinhados às necessidades da administração pública.

- Análise comparativa entre metodologias simplificadas e simulações completas

Dada a complexidade envolvida no método simplificado do INI-C, estudos que comparem seus resultados com os obtidos via simulações computacionais mais robustas podem ajudar a definir com mais clareza os contextos em que cada abordagem é mais apropriada.

Foram apresentadas as contribuições da pesquisa, as limitações observadas e as lições aprendidas, além de indicar propostas para futuros trabalhos. Assim, encerra-se a trajetória desta tese, que buscou oferecer uma base argumentativa estruturada para orientar a incorporação de ações de eficiência energética em obras

de reabilitação de prédios públicos.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Guia prático de chamadas públicas do PEE para proponentes. Brasília: ANEEL, 2016. 85 p.
- ALBERTIN, Marcos Ronaldo; KOHL, Holger; ELIAS, Sérgio José Barbosa. **Manual do benchmarking**: um guia para implantação bem-sucedida. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2015. 180 p. (Estudos da Pós-Graduação). ISBN 978-85-7485-239-3.
- ALENCASTRO, Maria Alice Cruz. **Contratações sustentáveis na administração pública brasileira**: a experiência no poder executivo federal. 2014. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.
- AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE (ANSI). **ASHRAE 211**: standard for commercial building energy audits. Atlanta: ANSI, 2018. Disponível em: https://ashrae.iwrapper.com/ASHRAE_PREVIEW_ONLY_STANDARDS/STD_211_2018. Acesso em: 18 jul. 2021.
- ANARENE, Calistus Bengold; SAHA, Swapan; DAVIES, Peter; KAMRUL, Md. Decision support system for sustainable *retrofitting* of existing commercial office buildings. **International Journal of Scientific Research and Management**, Sydney, v. 12, n. 8, p. 7191–7212, 2024. DOI: <https://doi.org/10.18535/ijsrcm/v12i08.em20>.
- ANDRADE, Aurélio L. **O curso do pensamento sistêmico**. 1. ed. São Paulo: Digital Publish & Print, 2014. 244 p. ISBN 978-85-65294-24-9.
- ARAÚJO, Leticia Malta; RODRIGUES, Maria Isabel Araújo. A relação entre os princípios da eficiência e da economicidade nos contratos administrativos. **Revista do Serviço Público**, Rio de Janeiro, v. 63, n. 1, p. 43–62, 2012.
- ASCIONE, Fabrizio; BIANCO, Nicola; DE STASIO, Claudio; MAURO, Gerardo Maria; VANOLI, Giuseppe Peter. Artificial neural networks to predict energy performance and *retrofit* scenarios for any member of a building category: a novel approach. **Energy**, Italy, v. 118, p. 999–1017, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.10.126>.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15220-3**: desempenho térmico de edificações – Parte 3: zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT. NBR 15220-3**: desempenho térmico de edificações – Parte 3: zoneamento bioclimático por desempenho. 2. ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2024.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15.575-1**: edificações habitacionais — desempenho. Parte 1: requisitos gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16747**: inspeção predial – diretrizes, conceitos, terminologia e procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2020. Disponível em:

<https://www.abnt.org.br>. Acesso em: 3 jul. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15.575-1**: edificações habitacionais — desempenho. Parte 1: requisitos gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

BARCELOS, Flores Brasil de Sousa. **Análise Multicritério na Reabilitação de Edifícios**: Apoio à decisão na intervenção num edifício público. 2019. Faculdade de Ciências Tecnologia da universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2019.

BARCELOS, João Flores Brasil de Sousa. **Análise multicritério na reabilitação de edifícios**: apoio à decisão na intervenção num edifício público. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil – Reabilitação de Edifícios) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2019.

BORGSTEIN, Edward H.; LAMBERTS, Roberto. Developing energy consumption benchmarks for buildings: Bank branches in Brazil. **Energy and Buildings**, [S. l.], v. 82, p. 82–91, 2014. a. DOI: 10.1016/j.enbuild.2014.07.028.

BRAND, Stewart. **How buildings learn**: what happens after they're built. London: Penguin Books, 1995.

BRASIL. Ministério da Economia; INMETRO. Portaria n° 309, de 6 de setembro de 2022 – Anexo I: Instrução normativa INMETRO para a eficiência das edificações comerciais, de serviços e públicas. **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília, DF, 8 set. 2022.

BRASIL. Ministério da Gestão e da Inovação em Serviços Públicos. Secretaria de Gestão e Inovação. Diretoria de Normas e Sistemas de Logísticas. **Caderno de logística: plano diretor de logística sustentável**. Brasília: DELOG/SEGES/MGI, 2023. 56 p.

BRASIL. Lei n° 14.133, de 1° de abril de 2021. Lei de Licitações e Contratos Administrativos. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano CLVIII, n. 61, p. 1, 1 abr. 2021. Art. 6°, inciso LIII. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/lei/L14133.htm. Acesso em: 24 jul. 2025.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Agenda Ambiental na Administração Pública (A3P). **Guia de eficiência energética em edificações públicas – PROBEN Esplanada**. Brasília: MMA, 2017.

CAMPANHOLA, Filipe P; MICHELS, Ademar; MARTINS, Geomar M. **Avaliação de sistemas de condicionamento de ar para salas de prédio público**. Monografia (Especialização em Eficiência Energética Aplicada aos Processos Produtivos, EaD) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2014. 11 p. Disponível em: <http://repositorio.ufsm.br/handle/1/1363>. Acesso em: 5 jul. 2025.

CASTRO, Rodrigo Batista De. Eficácia, Eficiência e Efetividade na Administração Pública. In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM ADMINISTRAÇÃO, 30 2006, Salvador. Anais [...]. Salvador.

CENTRO DE PESQUISAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA (CEPEL). **Guia para eficiência**

energética nas edificações públicas. Revisão. Brasília: CEPEL, 2024.

CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL. **Benchmarking de escritórios corporativos e recomendações para certificação DEO no Brasil.** São Paulo: CBCS, 2016.

CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL. **Benchmarking e etiquetagem energética “em uso”.** [S.l.]: CBCS, 2013. 5 p. Disponível em: <http://www.cbcs.org.br/website/benchmarking-energia/show.asp>. Acesso em: 4 abr. 2024.

CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL. **Comunicação técnica:** desenvolvimento de benchmarks nacionais de consumo energético de edificações em operação. Autores: BORGSTEIN, Edward; LAMBERTS, Roberto. São Paulo: CBCS, 2014. 15 p.

CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL. **Ficha técnica:** benchmark – escritório público. Autores: BORGSTEIN, Edward; SCHINAZI, Alexandre; LAMBERTS, Roberto. São Paulo: CBCS, 2017. 3 p.

CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL; PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO; MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Benchmarking de edifícios públicos:** relatório final do projeto. São Paulo: CBCS, out. 2017.

CORREIA, Marcia Castilho. **Avaliação da qualidade de projetos arquitetônicos de laboratórios públicos de pesquisa em saúde:** sustentabilidade e biossegurança. Tese (Doutorado em Arquitetura) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

COSTA, Lucas Martinez da; ALVAREZ, Cristina Engel de; MARTINO, Jarryer Andrade de. Proposta de método de projeto baseado no desempenho para edifícios energeticamente eficientes. **Ambiente Construído**, [S.l.], v. 21, n. 2, p. 409–433, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1678-86212021000200533>.

DIAS, Alice Rück Drummond. **Análise do impacto do sombreamento vegetal no conforto termo-luminoso em edificações no clima quente e úmido.** 2016. 120 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Departamento de Arquitetura, Natal, 2016.

DIAS, Alice Rück Drummond. **Tolerâncias e simplificações do projeto para aplicab. (vidro área opaca, fach vent, etc).** *PBE Edifica*, phpBB Fórum. 5 set. 2024. Disponível em: <https://pbeedifica.com.br/forum/viewtopic.php?p=2617#p2617>. Acesso em: 7 jul. 2025.

DOUGLAS, James. **Building adaptation.** 2nd ed. Oxford: Elsevier, 2006.

ELETOBRAS. **Editais de chamada pública PROCEL:** eficiência no setor público. Memorando PRJC-0146/2021. Brasília: Eletrobras, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/aberto-edital-do-procel-para-eficiencia-energetica-no-setor-publico>. Acesso em: jan. 2022.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. **Balanco energético nacional 2020.** Rio de

Janeiro: EPE, 2020.

ESCOLA POLITÉCNICA DA USP - EPUSP. Departamento de Engenharia de Construção Civil. **A gestão de projetos aplicada à reabilitação de edifícios**: estudo da interface entre projeto e obra. Eduardo Pessoa Nocetti Croitor; Sílvia Burrattino Melhado. São Paulo: EPUSP, 2009. 26 p. (Boletim Técnico, BT/PCC/529). ISSN 0103-9830.

FARIAS, Heitor Soares. **O ritmo semanal do clima no bairro Maracanã**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Departamento de Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007. 121 p., il., fotos.

FELIPPE, Anna Rita Tomich Magalhães; MOREIRA, Fernando Augusto de Campos Pinheiro; FERREIRA, Fabrício Microni de Freitas; SOUZA, Roberta Vieira Gonçalves de; DELL' SANTO, Luisa Fioroti; MONTEIRO, Larissa Arêdes. Análise da envoltória em edificação escolar de ensino superior: aplicação da metodologia INI-C. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17.; ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 13., 2023, São Paulo. Anais [...]. São Paulo: ANTAC, 2023.

FERRADOR FILHO, Antonio Luiz; AGUIAR, Alexandre de Oliveira e; KNISS, Claudia Terezinha. Eficiência energética com base nos critérios PROCEL: estudo de caso em edifício público. **HOLOS**, [S.l.], v. 7, p. 2–25, 2018. DOI: <https://doi.org/10.15628/holos.2018.7216>.

FONTENELLE, Marília Ramalho. **A abordagem multicritério na concepção arquitetônica**: um estudo sobre as aberturas laterais em edifício de escritórios no Rio de Janeiro. 2012. Dissertação (Mestrado) - PROARQ/FAU/UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

FONTENELLE, Marília Ramalho. **A Ventilação natural na reabilitação de edifícios de escritórios em meios urbanos densos**: desafios e potencialidades. 2016. Tese (Doutorado) - UFRJ e INSA de Toulouse - Universidade Federal do Rio de Janeiro e Institut National des Sciences Appliquées de Toulouse, Rio de Janeiro, 2016.

FOSSA, Alberto José; SGARBI, Felipe de Albuquerque. **Guia para aplicação da norma ABNT NBR ISO 50001**: gestão de energia. São Paulo: [s.n.], 2016. 24 p.

GALVÃO, Walter José Ferreira. **Roteiro para diagnóstico do potencial de reabilitação para edifícios de apartamentos antigos**. Tese (Doutorado em Arquitetura) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

GARCIA, Dayan de Loyola Ramos. **Análise lumínica e termo-energética do uso de elementos internos de controle solar em ambiente de permanência prolongada**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2019. 211 p.

GOMIDE, Tito Lívio Ferreira; FLORA, Stella Marys Della; BRAGA, Antonio Guilherme Menezes; GULLO, Marco Antonio; CABRAL, Jerônimo; NETO, Pereira Fagundes. **Manual De Engenharia Diagnóstica Desempenho, Manifestações Patológicas e Perícias na Construção Civil**. 2a ed. Sao Paulo: Leud, 2021.

GOMIDE, Tito Lívio Ferreira; GULLO, Marco Antônio; FAGUNDES NETO, Jerônimo Cabral P.; FLORA, Stella Marys Della. **Inspeção predial total**. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2019.

GONZALO, Fernando Del Ama; SANTAMARÍA, Belén Moreno; BURGOS, María Jesús Montero. Assessment of building energy simulation tools to predict heating and cooling energy consumption at early design stages. **Sustainability (Switzerland)**, [S.l.], v. 15, n. 3, 2023. 22 p. DOI: <https://doi.org/10.3390/su15031920>.

GRILLONE, Benedetto; DANOV, Stoyan; SUMPER, Andreas; CIPRIANO, Jordi; MOR, Gerard. A review of deterministic and data-driven methods to quantify energy efficiency savings and to predict *retrofitting* scenarios in buildings. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [S.l.], 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110027>.

GRUPO COORDENADOR DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA - GCCE. 4º PAR PROCEL 2022/2023. [S.l.]: GCCE, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/mme-publica-4o-plano-de-aplicacao-de-recursos-do-procel>. Acesso em: jan. 2023.

GUEBERT, Caroline Aparecida. **“Bandeira da França no sol do Brasil”**: trajetória e memória de Béatrix Reynal (1910–1960). Tese (Doutorado em História) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Programa de Pós-Graduação em História, Florianópolis, 2023. 322 p.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 28.802**: ergonomics of the physical environment — assessment of environments by means of an environmental survey involving physical measurements of the environment and subjective responses of people. Geneva: International Organization for Standardization, 2012.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 10.551**: Ergonomics of the physical environment-Subjective judgement scales for assessing physical environments. 2019.

KEPNER, Charles; TREGOE, Benjamim. **O administrador racional**. 2 nd ed. São Paulo: Atlas, 1981.

KRACKA, Modestas; ZAVADSKAS, Edmundas Kazimieras. Panel building refurbishment elements effective selection by applying multiple-criteria methods. **International Journal of Strategic Property Management**, [S.l.], v. 17, n. 2, p. 210–219, 2013. DOI: <https://doi.org/10.3846/1648715X.2013.808283>.

LACERDA, Daniel Pacheco; DRESCH, Aline; PROENÇA, Adriano; VALLE, José Antonio; JÚNIOR, Antunes. **Design Science Research**: método de pesquisa para a engenharia de produção. *Gestão & Produção*, [S. l.], v. 20, n. 4, p. 741–761, 2013.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O. R. **Eficiência energética na arquitetura**. Ilustração: Luciano Dutra. 3. ed. São Paulo: [s.n.], 2019. 366 p.

LANZINHA, J. C.; FREITAS, V. P.; GOMES, J. P. C. Reabilitação de edifícios – metodologias de diagnóstico e intervenção. **Revista Materiais de Construção**, Lisboa, n. 144, p. 43–48, jul./ago. 2009. Disponível em: <https://ubibliorum.ubi.pt/handle/10400.6/6856>. Acesso em: 25 ago. 2020.

LEITE, Ellen Flávia Weis; HACKENBERG, Ana Mirthes. Eficiência energética de envoltória: comparação dos métodos de avaliação RTQ-C e INI-C através de estudo de caso. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, [S. l.], v. 9, n. 2, p. 532–552, 2020. DOI: 10.19177/rgsa.v9e02020532-552. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.19177/rgsa.v9e02020532-552>. Acesso em: 29 jul. 2025.

LAPO, Guilherme. Custo de reposição: a arte de comprar imóveis abaixo do custo. In: **Rexperts**. [S. l.], 26 jan. 2017. Disponível em: <https://rexperts.com.br/custo-de-reposicao/>. Acesso em: 9 ago. 2021.

LI, Qing; ZHANG, Lianying; ZHANG, Limao; WU, Xianguo. Optimizing energy efficiency and thermal comfort in building green *retrofit*. **Energy**, [S. l.], v. 237, 2021. 13 p. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.121509>.

MACÍAS, J. A. Suástegui; TELLO, C. Pérez; RAMÍREZ, A. Acuña; ARISTA, A. A. Lambert; ALMAGUER, H. D. Magaña; ESCOBEDO, P. F. Rosales; PUENTE, A. H. Ruelas. Assessment of electrical saving from energy efficiency programs in the residential sector in Mexicali, Mexico. **Sustainable Cities and Society**, [S. l.], v. 38, p. 795–805, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.01.031>.

MACIEL, Renata Albuquerque. **Eficiência energética de edificações no contexto brasileiro: o papel das empresas de serviços de energia – ESCOs**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2021.

MACIEL, Thalita dos Santos; GERALDI, Matheus Soares; MELO, Ana Paula; LAMBERTS, Roberto. Aplicação de diferentes métodos para previsão do desempenho energético de edifícios: a influência da escolha da ferramenta durante a etapa inicial de projeto. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO (ENCAC); ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO (ELACAC), 2023, São Paulo. Anais [...]. São Paulo: ANTAC, 2023. 9 p.

MAGNIER, Laurent; HAGHIGHAT, Fariborz. Multiobjective optimization of building design using TRNSYS simulations, genetic algorithm, and artificial neural network. **Building and Environment**, [S. l.], v. 45, n. 3, p. 739–746, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2009.08.016>.

MARASCO, Daniel E.; KONTOKOSTA, Constantine E. Applications of machine learning methods to identifying and predicting building *retrofit* opportunities. **Energy and Buildings**, [S. l.], v. 128, p. 431–441, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.06.092>.

MARQUES, Milton César Silva; HADDAD, Jamil; GUARDIA, Eduardo Crestana (coord.). **Eficiência energética: teoria & prática**. Itajubá, MG: FUPAI, 2007

MARTINS, Juliana Cavallini; SALCEDO, Rosio Fernández Baca. Reabilitação edilícia: um diálogo social. **Revista Projetar**, São Paulo, v. 3, n. 2, p. 80–94, 2018.

MATTOS, Patricia Teixeira da Costa; BASTOS, Leopoldo Eurico Gonçalves. Eficiência energética na reabilitação de prédios públicos do Brasil e Estados Unidos: um panorama. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO**, 7., 2021, Londrina.

Anais [...]. Londrina: [s.n.], 2021.

MELO A., SORGATO M. E LAMBERTS R. Building energy performance assessment: Comparison between ASHRAE standard 90.1 and Brazilian regulation. **Energy and Buildings**. Elsevier, fevereiro de 2014. Volume 70, pages 372 – 383.

MÉQUIGNON, Marc-André. **Comment la durée de vie des bâtiments peut-elle influencer les performances en termes de développement soutenable?** 2011. Thèse (Doctorat en Génie Civil) – Institut National des Sciences Appliquées de Toulouse, Université de Toulouse, Toulouse, 2011.

MINISTÉRIO DA ECONOMIA. **Manual de padrão de ocupação e dimensionamento de ambientes em imóveis institucionais da administração pública federal direta, autárquica e fundacional**. [S.l.]: ME, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/economia/pt-br/assuntos/patrimonio-da-uniao/destinacao-de-imoveis/recadastramento-de-imoveis>. Acesso em: 18 maio 2021.

MITSIDI. **Guia: diagnóstico energético em edificações**. São Paulo: Mitsidi Projetos, 2016.

MME; ANEEL. **Resolução Normativa ANEEL nº 920, de 23 de fevereiro de 2021**. Brasília: MME/ANEEL, 2021. Disponível em: https://www2.aneel.gov.br/cedoc/aren2021920_2_1.pdf. Acesso em: 5 jul. 2025.

MME; GIZ. **Redes de aprendizagem: um guia prático de implementação a partir das experiências na RedEE – Edifícios Públicos**. Autores: CONTIJO, Gustavo Vaz; SILVEIRA, Ingrid; PALHARES, Marina. Brasília: MME; GIZ, 2022. Disponível em: https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/sntep/sef/materiais-disponiveis-para-download/Relatoriofinal_RedEEEdificiosPublicos.pdf. Acesso em: 5 jul. 2025.

MME. **Plano Nacional de Eficiência Energética: premissas e diretrizes básicas**. Versão 18-10-11. [S.l.]: MME, 2011. Disponível em: <https://antigo.mme.gov.br/documents/36208/469534/Plano+Nacional+Efici%C3%Aancia+Energ%C3%A9tica+%28PDF%29.pdf/899b8676-ebfd-c179-8e43-5ef5075954c2?version=1.0>. Acesso em: 5 jul. 2025.

MORESI, Eduardo (Org.). **Metodologia da pesquisa**. Brasília, DF: Universidade Católica de Brasília, 2003. 108 p.

ONO, Rosaria; ORNSTEIN, Sheila Walbe; VILLA, Simone Barbosa; FRANÇA, Ana Judite Galbiatti Limongi. **Avaliação Pós-ocupação: da Teoria à Prática - Na Arquitetura, no Urbanismo e no Design**. São Paulo: Oficina de Textos, 2018. . Acesso em: 22 jul. 2022.

PAGLIARI, Claudivana Sistherenn; COSTELLA, Marcelo Fabiano; PILZ, Silvio Edmundo. Especificação da vida útil dos sistemas construtivos a partir da NBR 15575, segundo a abordagem de projetos. *PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção*, [S. l.], v. 9, n. 1, p. 47–56, 2018. DOI: 10.20396/parc.v9i1.8648828.

PERI, Giorgia; RIZZO, Gianfranco; SCACCIANOCE, Gianluca; VACCARO, Valentina. **On the ranking criteria for energy retrofitting building stocks: Which building goes first? The role of the building**

size in the establishment of priority lists. *Energy and Buildings*, [S. l.], v. 150, p. 90–99, 2017. DOI: 10.1016/j.enbuild.2017.06.002.

PESSÔA, Isabela Cristina. Estatística das aplicações de métodos multicritério nas áreas de engenharia de produção. 2016. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2016.

PIMENTEL, Breno Pontes; SILVA, Arthur Santos; BARBOSA, Andréa Teresa Riccio; REIS, Marcelo de Miranda. Comparação dos métodos simplificado e de simulação propostos no novo regulamento brasileiro de etiquetagem de edificações públicas. **Tecnologia e Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 17, n. 3, p. 179–199, set. 2020. DOI: 10.3895/rtec.v17n3.10465. Disponível em: <https://doi.org/10.3895/rtec.v17n3.10465>. Acesso em: 29 jul. 2025.

PROCEL; UFSC. **Plataforma ProjetEEE**: projetando edificações energeticamente eficientes. [S.l.]: [s.n.], 2025. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/projeteee/>. Acesso em: 8 mar. 2025.

RIO DE JANEIRO (Estado). **Lei Estadual nº 6.400, de 5 de março de 2013**. Institui diretrizes para a promoção da eficiência energética nas edificações públicas. Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro: Poder Executivo, Rio de Janeiro, 6 mar. 2013. Disponível em: <https://www3.alerj.rj.gov.br>. Acesso em: 16 dez. 2021.

SENADO FEDERAL – SF (Brasil). NÚCLEO DE COORDENAÇÃO DE AÇÕES SOCIOAMBIENTAIS. **Iniciativas sustentáveis para a administração pública – ISAP**. Brasília: Senado Federal, 2019. 44 p.

SHARMA, Sunil Kumar; MOHAPATRA, Swati; SHARMA, Rakesh Chandmal; ALTURJMAN, Sinem; ALTRJMAN, Chadi; MOSTARDA, Leonardo; STEPHAN Thompsom. *Retrofitting existing buildings to improve energy performance*. **Sustainability (Switzerland)**, [S.l.], v. 14, n. 2, p. e0666, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/su14020666>.

SIGMA ENGENHARIA. **Laudo de autovistoria predial – Unidade General Canabarro, 607, Maracanã**. Rio de Janeiro: SIGMA Engenharia, 2022.

SILVA, Bruna; HALMEMAN, Maria Cristina Rodrigues; RODRIGUES, Cristhian Araujo; CREMASCO, Camila Pires; GABRIEL FILHO, Luís Roberto Almeida. Análise de eficiência energética de um prédio público de acordo com o Manual RTQ-C / Procel Edifica. *Revista Brasileira de Meio Ambiente Sustentável*, [S.l.], v. 1, n. 7, p. 4–27, 2021.

SILVA, Mauricio Bueno. Barreiras à aplicação de medidas de conservação de energia na indústria: um “survey” do Brasil. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Guaratinguetá, 2024.

SOARES, Shirley. Funcionários vistoriam prédio da General Canabarro. **Jornal do IBGE**, Rio de Janeiro, ano III, n. 25, p. [1–4], jun. 1989.

SOUZA, Roberta Vieira Gonçalves de; MEDEIROS, Helder Gattoni. INI-C’s simplified thermal comfort assessment method: an evaluation. **Mix Sustentável**, Florianópolis, v. 10, n. 3, p. 253–254, 2024. DOI: 10.29183/2447-3073.MSI2024.V10.N3.253-254.

TIMM, Janaine Fernanda Gaelzer; PASSUELLO, Ana Carolina Badalotti. Potencial de uso de declaração ambiental de produto para auxiliar em compras públicas verdes na construção civil. **Ambiente Construído**, [S. l.], v. 21, n. 2, p. 263–276, 2021. DOI: 10.1590/s1678-86212021000200525.

TREVIZANO, Waldir Andrade. **Ferramenta computacional multiusuário para auxílio à tomada de decisão multicritério**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2007.

UNITED STATES. GENERAL SERVICES ADMINISTRATION (GSA). **Facilities standards for the public buildings service** – P100. Washington, D.C.: GSA, Oct. 2021.

VENEGAS, Tomás P.; ESPINOSA, Byron A.; CATAÑO, Francisco A.; VASCO, Diego A. Impact Assessment of Implementing Several *Retrofitting* Strategies on the Air-Conditioning Energy Demand of an Existing University Office Building in Santiago, Chile. **Infrastructures**, [S. l.], v. 8, n. 4, 2023. DOI: 10.3390/infrastructures8040080.

ZANGHERI, Paolo; ARMANI, Roberto; PIETROBON, Marco; PAGLIANO, Lorenzo. Identification of cost-optimal and NZEB refurbishment levels for representative climates and building typologies across Europe. **Energy Efficiency**, [S. l.], v. 11, n. 2, p. 337–369, 2018. DOI: 10.1007/s12053-017-9566-8.

ZOPOUNIDIS, Constantin; PARDALOS, Panos M. **Handbook of multicriteria analysis**. Dordrecht: Springer, 2010. (International Series in Operations Research & Management Science, v. 103). ISBN 978-3-540-92827-0. Disponível em: <http://www.springer.com/series/5634>. Acesso em: 5 jul. 2025.

APÊNDICE A – Análise das anomalias e falhas com base no relatório de inspeção predial

A verificação das anomalias e falhas foi realizada a partir da análise do relatório de inspeção predial, da vistoria in loco e da consulta a profissionais especialistas para sistemas não contemplados no escopo original da inspeção.

A vistoria foi conduzida em conformidade com as Leis Municipais nº 126/2013 e estaduais nº 6400/2013, regulamentadas pelo Decreto Municipal nº 37.426/2013 (RJ, 2013). A empresa Sigma Engenharia e Projetos Ltda. foi responsável pela execução da autovistoria obrigatória nos prédios do complexo Canabarro do IBGE, localizado na cidade do Rio de Janeiro. A inspeção ocorreu nos dias 15 e 17 de junho de 2022, e o laudo definitivo foi entregue ao setor de engenharia em 26 de setembro de 2022, com o objetivo de subsidiar a implementação das medidas corretivas recomendadas. Todas as falhas e anomalias identificadas nos quatro prédios do complexo foram devidamente documentadas no relatório técnico.

Para a classificação das anomalias e falhas e a avaliação do grau de risco, a empresa SIGMA utilizou as definições estabelecidas pela norma de inspeção predial – ABNT NBR 16.747:2020 (ABNT, 2020).

GRAU DE RISCO DAS ANOMALIAS E FALHAS

As recomendações técnicas para a correção das anomalias e falhas relacionadas ao uso, operação ou manutenção foram organizadas conforme diferentes níveis de urgência, descritos a seguir:

- Risco crítico – Anomalias e falhas com potencial de causar danos à saúde e à segurança das pessoas, ao meio ambiente, ou acarretar perda significativa de desempenho e funcionalidade da edificação. Esse tipo de risco pode resultar em paralisações operacionais, elevação substancial dos custos de manutenção e comprometimento da vida útil da edificação.
- Risco médio – Situações com probabilidade de causar perda parcial de desempenho e funcionalidade, provocando deterioração precoce, sem, no entanto, comprometer diretamente a operação dos sistemas prediais.
- Risco mínimo – Anomalias e falhas com impacto limitado a prejuízos estéticos ou interferência pontual em atividades programadas, sem associação a riscos

críticos ou médios. Seu efeito sobre o valor de mercado do imóvel é considerado baixo ou nulo.

Para a quantificação do grau de risco das anomalias e falhas, foi adotado o método GUT – Gravidade, Urgência e Tendência –, conforme proposto por autores da área de gestão da manutenção predial (Gomide *et al.*, 2019). Por meio dessa ferramenta, cada problema identificado recebeu uma nota ponderada para os três aspectos principais. O produto das avaliações resultou no índice GUT, indicador utilizado para a priorização das medidas corretivas a serem implementadas, conforme pode ser observado na equação A 1 abaixo:

Equação A 1: Índice GUT

$$\text{Índice GUT} = G \times U \times T$$

Onde, G é o peso atribuído ao aspecto gravidade, U é o peso atribuído ao aspecto urgência e T é o peso atribuído ao aspecto tendência.

Fonte: Gomide *et al* (2019)

Os Quadros A.1, A.2 e A.3 apresentam a aplicação prática dessa metodologia.

TABELAS DE PONTUAÇÃO DO MÉTODO GUT

Quadro A 1: Pesos atribuídos ao aspecto Gravidade (G) – Método GUT

GRAU	GRAVIDADE	PESO
Total	Perda de vidas humanas, do meio ambiente e da edificação	5
Alto	Ferimentos em pessoas, danos ao meio ambiente ou a edificação	4
Médio	Desconfortos, deterioração do meio ambiente ou da edificação	3
Baixo	Pequenos incômodos estéticos ou baixos prejuízos financeiros	2
Nenhum	Sem gravidade	1

Fonte: SIGMA Engenharia (2022)

Quadro A 2: Pesos atribuídos ao aspecto Urgência (U) – Método GUT

GRAU	URGÊNCIA	PESO
Total	Evento em ocorrência	5
Alto	Evento prestes a ocorrer	4
Médio	Evento prognosticado para breve	3
Baixo	Evento prognosticado para adiante	2
Nenhum	Evento imprevisto	1

Fonte: SIGMA Engenharia (2022)

Quadro A 3: Pesos atribuídos ao aspecto Tendência (T) – Método GUT

GRAU	TENDÊNCIA	PESO
Total	Evolução imediata	5
Alto	Evolução em curto prazo	4
Médio	Evolução médio prazo	3
Baixo	Evolução em longo prazo	2
Nenhum	Não vai evoluir	1

Fonte: SIGMA Engenharia (2022)

ORDENAÇÃO DAS PRIORIDADES

A partir das notas atribuídas a cada problema identificado na autovistoria, foram estabelecidas prioridades para a execução das medidas corretivas. Com base no relatório de inspeção predial, a classificação seguiu a seguinte escala (Quadro A 4)

Quadro A 4: Tabela de pontuação das prioridades de execução

Limites de referência SIGMA (1)	Prioridade de execução
$75 \leq \text{GUT} \leq 125$	1
$48 \leq \text{GUT} \leq 64$	2
$\text{GUT} = 36$	3
$12 \leq \text{GUT} \leq 27$	4

(1) A priorização das ações corretivas foi estabelecida pela empresa SIGMA, de acordo com o método GUT, incluindo a definição dos limites de referência utilizados analisados segundo o grau de risco das anomalias e falhas.

Fonte: Autora

Adicionalmente, foi adotada uma segunda forma de classificação baseada no Nível

de Intervenção (NI), conforme Barcelos (2019), considerando a complexidade e a extensão das operações necessárias:

- Nível 1 (Reabilitação Ligeira): Pequenas reparações de anomalias pontuais, aplicação de revestimentos e manutenção de iluminação. Não interfere significativamente nas atividades do edifício.
- Nível 2 (Reabilitação Média): Reparções mais extensas, incluindo carpintaria, revestimentos e intervenções que podem demandar a desativação de algumas áreas do prédio.
- Nível 3 (Reabilitação Profunda): Alterações estruturais e redistribuição de espaços. Pode exigir desocupação parcial ou total do edifício.
- Nível 4 (Reabilitação Excepcional): Intervenções amplas em patrimônio cultural, podendo ter custos superiores à construção de um novo edifício.

SISTEMAS ANALISADOS

Os seguintes sistemas foram inspecionados na vistoria:

- Sistema estrutural
- Instalações elétricas
- Cabeamento estruturado
- Impermeabilização
- Prevenção e combate a incêndio
- Instalações hidrossanitárias
- Alvenarias e vedações
- Sistema elevatório
- Acessibilidade

Alguns sistemas não foram contemplados no laudo da Sigma Engenharia, mas foram avaliados por especialistas:

- Elevadores: Laudo técnico da empresa Habitare Engenharia, referente aos 4 elevadores do Bloco A, emitido em fevereiro de 2024. Os demais blocos não possuem elevadores.

- Ar-condicionado: Avaliação baseada no estudo de viabilidade da MSTC Engenharia (2006) e parecer técnico do responsável pela manutenção.
- SPDA (Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas): Ausência do sistema SPDA, demandando adequação.

Sistema estrutural

O sistema estrutural das edificações dos blocos A, B, C e D foi executado em concreto armado. De acordo com o laudo técnico, foram identificados pontos de infiltração de água de chuva em alguns pilares e vigas do Bloco A (Figura A1), para os quais foram recomendadas medidas reparadoras para evitar a evolução das patologias identificadas.

No Bloco A, a laje de cobertura encontra-se em estado crítico, com diversos pontos de infiltração de água de chuva devido à ineficiência do sistema de impermeabilização (Figura A2). Em vários locais, a armadura da laje estava totalmente exposta, sujeita a corrosão e expansão. Diante dessa situação, foi recomendado o imediato escoramento da laje para tratamento e recuperação estrutural.

Os demais blocos não apresentaram anomalias ou falhas estruturais significativas, conforme indicado no relatório de inspeção.

Para avaliar a abrangência das medidas corretivas das anomalias no sistema estrutural, foi elaborado o Quadro A5. Conforme pode ser observado, as intervenções necessárias limitam-se a alguns pilares e à marquise da edificação.

Quadro A 5: Abrangência das ações corretivas das anomalias encontradas no sistema estrutural com base no relatório de inspeção técnica.

ANOMALIAS E FALHAS	MEDIDAS CORRETIVAS	NÍVEL DE INTERVENÇÃO	GUT	PRIORIDADE DE EXECUÇÃO
Armadura exposta	Escoramento da marquise;	2	100	1
	Apicoamento da camada de cobrimento;	2		
	Limpeza e pintura com tinta eletrostática das barras de aço em processo de corrosão;	2		
	Substituição das barras de aço com mais de 30% de perda da seção transversal;	2		
	Aplicação de argamassa projetada para cobrimento;	2		
Mancha de umidade – Infiltração de água de chuva – Impermeabilização ineficiente da laje de cobertura	Apicoamento da camada de cobrimento do pilar	2	64	2
	Limpeza e pintura com tinta eletrostática das barras de aço em processo de corrosão;	2		
	Aplicação de argamassa projetada para cobrimento;	2		
Trinca no fundo da viga	Recuperação do elemento estrutural;	2	64	2
	Instalação de chapas de aço coladas no fundo da viga, ou instalação de fibras de carbono para a devida recuperação e reforço do elemento estrutural;	2		

Fonte: Autora

Figura A 1: Mancha de umidade – Infiltração de água de chuva – Impermeabilização ineficiente da laje de cobertura



Fonte: Relatório inspeção visual SIGMA

Figura A 2: Armadura exposta – Infiltração de água de chuva – Impermeabilização ineficiente da laje



Fonte: Relatório inspeção visual SIGMA

Instalações elétricas e sistema de iluminação

Instalações elétricas

As instalações elétricas, de acordo com a avaliação da empresa, encontram-se em estado de conservação ruim, indicando a necessidade urgente de uma reforma geral. Vários quadros foram identificados com acesso a partes vivas, ausência de identificação dos circuitos, falta de aterramento e dispositivos de proteção (DR e DPS), além de circuitos alimentadores sem isolamento em HEPR e sem baixa emissão de fumaça e gases tóxicos (Figuras A3 a A5).

O Quadro Geral de Baixa Tensão (QGBT) foi considerado inadequadamente instalado, apresentando acesso a partes vivas, ausência de proteção dos barramentos e ausência do Prontuário de Instalações Elétricas de carga instalada. Foi recomendada intervenção urgente para adequação, incluindo a instalação de dispositivos de proteção aos usuários e prestadores de serviço.

Os circuitos terminais também foram indicados para substituição imediata, por não atenderem às normas técnicas: não utilizam condutores antichama, 450/750 V, classe 4 e 5, conforme prescrito pelas normas ABNT NM 280 e NBR 6251.

Diante dessas constatações, recomenda-se a elaboração de um projeto para a reforma integral das instalações elétricas.

No Bloco A, as anomalias nos quadros de distribuição concentram as maiores ordenações GUT (Quadro A 6). A adequação exige avaliação abrangente de toda a instalação elétrica existente, incluindo cabos, tomadas, interruptores e demais componentes. A recomendação é a substituição completa da instalação no Bloco A.

Quadro A 6: Abrangência das anomalias encontradas no sistema de instalações elétricas do Bloco A com base no relatório de inspeção técnica.

ANOMALIAS E FALHAS	MEDIDAS CORRETIVAS	NÍVEL DE INTERVENÇÃO	GUT	PRIORIDADE DE EXECUÇÃO
Quadro de distribuição com acesso a partes vivas / Ausência de identificação dos circuitos elétricos / Ausência de condutor de proteção / Ausência de cadeados na porta para acesso a quadros elétricos	Conforme previsto pela NR10 os estabelecimentos com carga instalada superior a 75 kW devem constituir e manter o Prontuário de Instalações Elétricas;	N/A	125, 100, 80,36 (1)	1 e 3
	Conforme ABNT NBR 5410, placas, etiquetas e outros meios adequados de identificação devem permitir identificar a finalidade dos dispositivos de comando, manobra e/ou proteção;	1		
	Instalação imediata de tampa acrílica de proteção para evitar contatos diretos com partes vivas.	1		
	Conforme item 6.4.1.2 da ABNT NBR 5410, todo circuito deve dispor de condutor de proteção, em toda sua extensão. Todas as massas de uma instalação devem estar ligadas a condutores de proteção;	2		
	Elaboração de projeto elétrico para reforma geral do QGBT;	1		
Dispositivos elétricos instalados em fundo de madeira	Instalação dos dispositivos elétricos em quadros devidamente dimensionados e protegidos para esta finalidade	2	80	1
Instalações elétricas inadequadas / Emendas inadequadas dos condutores / Cabos elétricos expostos	"Instalação de condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto aparente de seção circular sobre parede, conforme tabela 33 da NBR 5410;	2	64, 48 (1)	2
	Remoção e substituição dos condutores com emendas inadequadas"	2		
Fixação inadequada das luminárias	Fixação adequadas das luminárias com correntes e a devida ancoragem na laje	2	64	2

(1) A classificação GUT pode variar para a mesma anomalia ou falha, em função das diferentes circunstâncias observadas conforme o local de ocorrência.

Fonte: Autora

Figura A 3: QGBT com acesso a partes vivas das instalações – Circuitos elétricos sem identificação



Fonte: SIGMA Engenharia (2022)

Figura A 4: Quadro de distribuição com acesso a partes vivas – Ausência de identificação dos circuitos elétricos – Ausência de condutor de proteção



Fonte: SIGMA Engenharia (2022)

Figura A 5: Instalações elétricas inadequadas – Emendas inadequadas dos condutores – Cabos elétricos expostos



Fonte: SIGMA Engenharia (2022)

No Bloco B, os quadros apresentaram as mesmas anomalias do Bloco A, porém sem relatos quanto à inadequação da fiação. Recomenda-se, portanto, a substituição dos quadros e correções pontuais na instalação elétrica (Quadro A 7). A instalação de tampas acrílicas nas partes vivas poderá reduzir a ordenação GUT para 64. Com isso, a prioridade de execução para esses quadros será 2, desde que tal medida seja adotada.

Quadro A 7: Abrangência das anomalias encontradas no sistema estrutural segundo relatório de inspeção técnica.

ANOMALIAS E FALHAS	MEDIDAS CORRETIVAS	NÍVEL DE INTERVENÇÃO	GUT	PRIORIDADE DE EXECUÇÃO
Quadros de distribuição sem identificação /ausência de condutores e dispositivos de proteção / acesso a partes vivas	Identificação do quadro na parte externa de não fácil remoção, conforme item 6.5.4.8 da NBR 5410;	1	100, 64 (1)	2
	Conforme ABNT NBR 5410, placas, etiquetas e outros meios adequados de identificação devem permitir identificar a finalidade dos dispositivos de comando, manobra e/ou proteção;	2		
	Aviso de risco de choque elétrico na parte externa;	1		
	Reforma geral do quadro (substituição dos disjuntores e dos circuitos alimentados pelo quadro)	2 ou 3		
	Instalação de condutor de proteção e dispositivos (DR e DPS)	2 ou 3		

(1) A classificação GUT pode variar para a mesma anomalia ou falha, em função das diferentes circunstâncias observadas conforme o local de ocorrência.

Fonte: Autora

No Bloco C, foram identificadas anomalias apenas nas instalações elétricas, com uma ordenação GUT de 48 (Quadro A8).

Quadro A 8: Abrangência das anomalias encontradas no sistema elétrico do Bloco C segundo relatório de inspeção técnica.

ANOMALIAS E FALHAS	MEDIDAS CORRETIVAS	NÍVEL DE INTERVENÇÃO	GUT	PRIORIDADE DE EXECUÇÃO
Instalações elétricas inadequadas - Condutores elétricos expostos	"Instalação de condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto aparente de seção circular sobre parede, conforme tabela 33 da NBR 5410;"	2	48	2

Fonte: Autora

No Bloco D, não foi identificada qualquer anomalia ou falha no sistema elétrico.

Sistema de iluminação

Embora o sistema de iluminação não tenha sido analisado no relatório de inspeção predial, observou-se, durante a vistoria, que o complexo demonstra preocupação com a integração entre iluminação natural e artificial. Desde sua concepção, buscou-se otimizar a entrada de luz natural nos ambientes internos, reduzindo a necessidade de iluminação artificial durante o dia.

Características do Sistema de Iluminação Natural:

- Aberturas externas: Todas as salas possuem janelas voltadas para o exterior, permitindo ampla entrada de luz natural.
- Vidros internos: As divisórias das salas incluem vidros voltados para os corredores, favorecendo a distribuição da luz natural entre os ambientes.
- Bandeiras de vidro: A presença de bandeiras de vidro na parte superior das paredes internas (Figura A 6) evidencia a intenção de ampliar a iluminação natural nas áreas internas.
- Sombreamento por vegetação: A fachada frontal conta com o sombreamento proporcionado por árvores, o que contribui para o equilíbrio da luminosidade e a redução do ganho térmico (Figura A 7).

Além disso, salvo algumas poucas exceções, as lâmpadas já são todas LED.

Figura A 6: Presença de faixa envidraçada na parte superior das paredes favorecendo a iluminação natural



Fonte: Foto tirada no local (2024)

Figura A 7: Sombreamento pela vegetação (Fachada NO)



Fonte: Foto tirada no local (2024)

Sistema de cabeamento estruturado

Conforme apontado na autovistoria, o sistema de cabeamento estruturado (dados e voz) demanda readequações. Diversos pontos revelam cabos dispostos fora de eletrodutos e eletrocalhas, carecendo de organização e proteção mecânica. Adicionalmente, switches localizados fora de racks organizadores encontram-se instalados em ambientes sem proteção física e climatização adequadas.

A análise do Quadro A9 demonstra que essas falhas ocorrem em praticamente todos os pavimentos do edifício, exceto no 4º andar, cujas instalações são mais recentes.

Quadro A 9: Abrangência das anomalias encontradas no sistema de cabeamento estruturado do Bloco A com base no relatório de inspeção técnica.

ANOMALIAS E FALHAS	MEDIDAS CORRETIVAS	NÍVEL DE INTERVENÇÃO	GUT	PRIORIDADE DE EXECUÇÃO
Cabos de rede passando fora de linhas adequadas	Passagem de cabos de rede no interior de dutos devidamente dimensionados para a devida proteção deles;	1	64, 48, 36, 27 (1)	2
Switch em local inadequado/ cabos de rede desorganizados	Acomodação do switch no interior de rack servidor devidamente dimensionado;	2	27	4
	Passagem de cabos de rede em eletrodutos devidamente dimensionados;	2		

(1) A classificação GUT pode variar para a mesma anomalia ou falha, em função das diferentes circunstâncias observadas conforme o local de ocorrência.

Fonte: Autora

No Bloco B, a autovistoria também identificou necessidade de revisão do cabeamento estruturado, atribuindo uma ordenação GUT de 64 (Quadro A10).

Quadro A 10: Abrangência das anomalias encontradas no sistema de cabeamento estruturado do Bloco B com base no relatório de inspeção técnica.

ANOMALIAS E FALHAS	MEDIDAS CORRETIVAS	NÍVEL DE INTERVENÇÃO	GUT	PRIORIDADE DE EXECUÇÃO
Cabos de rede passando fora de linhas adequadas	Passagem de cabos de rede no interior de dutos devidamente dimensionados para a devida proteção deles;	1	64	2

Fonte: Autora

Sistema de cobertura

Impermeabilização

Na inspeção técnica realizada, constatou-se que o sistema de impermeabilização da laje do Bloco A está totalmente ineficiente. O rebaixamento inadequado do ralo coletor na camada de regularização da impermeabilização resultou em acúmulo e percolação de água pela laje. A orientação é que seja elaborado um projeto de impermeabilização para recuperação deste sistema o mais breve possível (Quadro A11).

O relatório também destaca a correlação entre a impermeabilização ineficiente da laje e os danos estruturais observados na marquise do Bloco A.

Quadro A 11: Abrangência das anomalias encontradas no sistema de impermeabilização da laje de cobertura do Bloco A segundo relatório de inspeção técnica.

ANOMALIAS E FALHAS	MEDIDAS CORRETIVAS	NÍVEL DE INTERVENÇÃO	GUT	PRIORIDADE DE EXECUÇÃO
Ausência de guarda corpo na laje do reservatório	Instalação imediata de guarda corpo em todo o perímetro da laje de cobertura;	1	100,	1
Infiltração de água de chuva - impermeabilização ineficiente da laje	Refazimento do sistema de impermeabilização da laje de cobertura;	1 ou 2	100, 64, 36 (1)	1
	Executar o rebaixamento do ralo na regularização para arremate do sistema de impermeabilização;	1 ou 2		
Acúmulo de água de chuva na calha – Ausência de impermeabilização na calha	Limpeza e manutenção na calha	1	64	2
	Implementação de sistema de impermeabilização na calha;	1		
Ausência de impermeabilização	Implantação de sistema de impermeabilização na laje;	1	36	3
	Lixamento e pintura do guarda corpo em processo de corrosão;	1		

(1) A classificação GUT pode variar para a mesma anomalia ou falha, em função das diferentes circunstâncias observadas conforme o local de ocorrência.

Fonte: Autora

O Bloco B também apresentou anomalias na cobertura, conforme detalhado Quadro A 12. A manta do telhado encontra-se em elevado estágio de degradação, com recomendação de substituição, e algumas telhas apresentam pontos de vazamento. Os demais problemas podem ser sanados de forma pontual.

Quadro A 12: Abrangência das anomalias encontradas no sistema de impermeabilização da laje de cobertura do Bloco B segundo relatório de inspeção técnica

ANOMALIAS E FALHAS	MEDIDAS CORRETIVAS	NÍVEL DE INTERVENÇÃO	GUT	PRIORIDADE DE EXECUÇÃO
Escada de marinho sem proteção contra queda dos usuários / ausência de guarda corpo na laje do reservatório	Instalação de guarda corpo na escada marinho para acesso a laje do reservatório superior;	1	100	1
Emendas inadequadas na manta do telhado / Manta em deterioração e desgaste excessivo / desprendimento	Remoção da manta asfáltica deteriorada;	2 ou 3	64	2
	Substituição das telhas com vários pontos de vazamento;	2 ou 3		
Excesso de folhas na calha - ausência de manutenção e limpeza na calha - entupimento do ralo	Implementação de manutenção e limpeza periódica das calhas	1	64	2

Fonte: Autora

Portanto, para atribuição de pontuação ao indicador de prioridade de execução de medidas corretivas GUT da anomalia ou falha, será considerada a nota de 0,66 para a manta em estado de deterioração e desgaste.

Alvenarias e vedações

O relatório de inspeção destaca várias anomalias no sistema de alvenarias e vedações, abrangendo problemas com esquadrias, revestimentos de parede, piso e teto.

No caso das esquadrias de alumínio, a necessidade de calafetação, recuperação de pontos de corrosão e revisão dos dispositivos de controle de insolação direta (como persianas) não foi classificada como prioritária.

A presença de umidade nos forros e paredes possui dupla classificação GUT (64 e 36), conforme detalhado no Quadro A13. As anomalias com maior indicador GUT estão localizadas no 4º andar; as demais, em pavimentos inferiores. Essa diferença se deve à maior urgência e tendência das ocorrências no 4º andar, possivelmente relacionadas às infiltrações oriundas da laje. Com a correção das infiltrações, espera-se que a classificação dessas anomalias se equipare à das demais.

Quadro A 13: Abrangência das anomalias encontradas no sistema de alvenarias e vedações do Bloco A com base no relatório de inspeção técnica.

ANOMALIAS E FALHAS	MEDIDAS CORRETIVAS	NÍVEL DE INTERVENÇÃO	GUT	PRIORIDADE DE EXECUÇÃO
Deslocamento do forro de PVC	Recuperação do forro de PVC danificado	2	64	2
Mancha de umidade - infiltração por capilaridade	Remoção das camadas de pintura e reboco da alvenaria;	2	64,36 (1)	2 e 3
	Aplicação manual de argamassa impermeabilizante das primeiras fiadas da alvenaria;	2		
	Refazimento das camadas de reboco e pintura	2		
Mancha de umidade – Infiltração de água de chuva – Impermeabilização ineficiente da laje de cobertura	Recuperação do forro danificado;	2	64, 36	2 e 3
Mancha de umidade –Infiltração de água de chuva pela abertura para instalação de sistema de climatização	Realizar abertura na alvenaria de modo a permitir o encaixe perfeito de um caixilho para a fixação do aparelho;	2	48,36	2 e 3
	Impermeabilização do caixilho de forma a não permitir a infiltração de água;	2		
	Instalação de aparelhos de ar-condicionado em suportes devidamente dimensionados e fixados;	1		
Mancha de umidade – Ausência de calafetação adequada na esquadria	Implementação de calafetação adequada na esquadria;	1	27	4
Persiana em processo de desprendimento	Fixação adequada da persiana na cantoneira;	1	12	4

(1) A classificação GUT pode variar para a mesma anomalia ou falha, em função das diferentes circunstâncias observadas conforme o local de ocorrência.

Fonte: Autora

No Bloco B, as anomalias estão concentradas nos sanitários do 1º e 2º pavimentos. Em ambos os casos, as medidas corretivas podem ser executadas com a desativação de zonas específicas (Quadro A14).

Quadro A 14: Abrangência das anomalias encontradas no sistema de alvenarias e vedações do Bloco B com base no relatório de inspeção técnica.

ANOMALIAS E FALHAS	MEDIDAS CORRETIVAS	NÍVEL DE INTERVENÇÃO	GUT	PRIORIDADE DE EXECUÇÃO
Revestimento cerâmico em processo de deslocamento - Expansão por umidade do revestimento cerâmico	Remoção das peças cerâmicas em processo de deslocamento;	2	64	2
	Execução de juntas de assentamento adequadamente dimensionadas;	2		
	Utilização de rejuntas com menores índices de dureza, para permitir a dilatação térmica da placa;	2		
	Assentamento das placas com argamassa colante apropriada;	2		
	Instalação de placas cerâmicas com menor índice de absorção de água;	2		
Piso danificado	Remoção do revestimento cerâmico danificado;	2	48	2
	Demolição da camada de contrapiso;	2		
	Refazimento da camada de contrapiso e instalação de pisos cerâmicos com a utilização de argamassa colante adequada	2		

Fonte: Autora

As ocorrências identificadas no Bloco C afetam a pintura do teto e o piso. O elevado valor GUT para o deslocamento da pintura está associado à infiltração de água de chuva. Uma vez sanado esse problema, a pontuação tenderá a diminuir. A classificação GUT adotada para essas anomalias foi 36 (Quadro A15).

Quadro A 15: Abrangência das anomalias encontradas no sistema de alvenarias e vedações do Bloco C com base no relatório de inspeção técnica.

ANOMALIAS E FALHAS	MEDIDAS CORRETIVAS	NÍVEL DE INTERVENÇÃO	GUT	PRIORIDADE DE EXECUÇÃO
Desplacamento da camada de pintura - Infiltração de água de chuva / ausência de limpeza da calha	Elaboração de plano de manutenção periódica da calha;	1	64	2
	Retirada do excesso de vegetação que causa obstrução das calhas e do ralo coletor de água de chuva;	1		
Piso danificado - desgaste por abrasão no piso	Aplicação de resina de baixa fluidez, preparada com polímeros especiais, para melhorias da resistência mecânica e do desempenho a abrasão do revestimento;	2	36	3

Fonte: Autora

No Bloco D, a anomalia observada — o desabamento do forro de gesso — demanda intervenção urgente e de abrangência geral. A pontuação atribuída ao indicador de prioridade de execução das medidas corretivas é 1 (Quadro A 16).

Quadro A 16: Abrangência das anomalias encontradas no sistema de alvenarias e vedações do Bloco D com base no relatório de inspeção técnica.

ANOMALIAS E FALHAS	MEDIDAS CORRETIVAS	NÍVEL DE INTERVENÇÃO	GUT	PRIORIDADE DE EXECUÇÃO
Desabamento do forro de Gesso – Infiltração de água de chuva – Ausência de limpeza e manutenção das calhas	Recomposição do forro de gesso	3	80	1

Fonte: Autora

Sistema de prevenção e combate a incêndio

De acordo com o laudo de vistoria, o sistema de prevenção e combate a incêndio precisa ser completamente readequado. Os extintores de incêndio estão vencidos, e a maioria deles não possui sinalização. Além disso, não há rota de fuga na edificação (Figura A 8), e tampouco existe um sistema de alarme e detecção de incêndio. Diante disso, foi recomendada a imediata elaboração de um projeto de prevenção e combate a incêndio para toda a edificação, bem como a implementação desse sistema.

Portanto, observando o Quadro A 17, atribui-se pontuação 1 quanto a prioridade de execução relacionado a esta anomalia (GUT=80).

Quadro A 17: Abrangência das anomalias encontradas no sistema de prevenção e combate a incêndio do Bloco A segundo relatório de inspeção técnica.

ANOMALIAS E FALHAS	MEDIDAS CORRETIVAS	NÍVEL DE INTERVENÇÃO	GUT	PRIORIDADE DE EXECUÇÃO
Ausência do sistema de prevenção e combate a incêndio	Elaboração de Projeto de Prevenção e Combate a Incêndio;	1	80	1
	Implementação de sinalização e rota de fuga em toda a edificação;	1		
	Implementação de sistema de alarme e detecção de incêndio;	2		
	Instalação de extintores e hidrantes nos locais pertinentes;	1		
Extintor de incêndio vencido - ausência de sinalização de piso e parede	Elaboração de Projeto de Prevenção e Combate a Incêndio da edificação;	1	80	1
	Execução de recarga em todos os extintores vencidos;	1		
	Sinalização e fixação adequada dos extintores de incêndio;	1		
Extintor de incêndio vencido e sem sinalização - Ausência de suporte para os extintores de incêndio/ ausência de rota de fuga e de sistema de alarme e detecção de incêndio / localização inadequada do extintor	Elaboração de Projeto de Prevenção e Combate a Incêndio;	1	80, 75,27 (1)	1e4
	Implementação de sinalização e rota de fuga em toda a edificação;	1		
	Implementação de sistema de alarme e detecção de incêndio;	2		
	Execução de recarga em todos os extintores vencidos;	1		
	Sinalização e fixação adequada dos extintores de incêndio;			
Ausência de rota de fuga e ausência de sistema de alarme e detecção de incêndio / ausência de extintores de incêndio	Elaboração de Projeto de Prevenção e Combate a Incêndio;	1	80, 64	1 e 2
	Implementação de sinalização e rota de fuga em toda a edificação;	1		
	Implementação de sistema de alarme e detecção de incêndio;	2		

(1) A classificação GUT pode variar para a mesma anomalia ou falha, em função das diferentes circunstâncias observadas conforme o local de ocorrência.

Fonte: Autora

Figura A 8: Ausência de rota de fuga – Ausência de sistema de alarme e detecção de incêndio – Ausência de sistema de combate a incêndio



Fonte: SIGMA Engenharia (2022)

As anomalias encontradas no sistema de proteção e combate a incêndio do Bloco B requerem medidas corretivas cujo indicador de prioridade de execução das medidas corretivas é $125 \geq GUT > 75$, como observado no Quadro A18.

Quadro A 18: Abrangência das anomalias encontradas no sistema de prevenção e combate a incêndio do Bloco B com base no relatório de inspeção técnica.

ANOMALIAS E FALHAS	MEDIDAS CORRETIVAS	NÍVEL DE INTERVENÇÃO	GUT	PRIORIDADE DE EXECUÇÃO
Ausência de rota de fuga / ausência de alarme e detecção de incêndio	Acomodação de material inflamável em local adequado para esta finalidade;	1	80	1
	Elaboração de Projeto de Prevenção e Combate a Incêndio;	1		
	Instalação de extintores de incêndio devidamente sinalizados;	1		
Extintor de incêndio vencido/ ausência de sinalização dos extintores / extintores instalados em locais inadequados	Elaboração de Projeto de Prevenção e Combate a Incêndio da edificação;	1	75	1
	Execução de recarga em todos os extintores vencidos;	1		
	Sinalização e fixação adequada dos extintores de incêndio;	1		
	Instalação de extintores em locais adequados;	1		
Acúmulo de material inflamável – Ausência de extintores de incêndio	Acomodação de material inflamável em local adequado para esta finalidade;	1	75	1
	Elaboração de Projeto de Prevenção e Combate a Incêndio;	1		
	Instalação de extintores de incêndio devidamente sinalizados;	1		

Fonte: Autora

O mesmo raciocínio aplica-se à anomalia encontrada no Bloco C, para a qual foi atribuída GUT de 80, conforme evidenciado no Quadro A19.

Quadro A 19: Abrangência das anomalias encontradas no sistema de prevenção e combate a incêndio do Bloco C com base no relatório de inspeção técnica.

ANOMALIAS E FALHAS	MEDIDAS CORRETIVAS	NÍVEL DE INTERVENÇÃO	GUT	PRIORIDADE DE EXECUÇÃO
Ausência de rota de fuga – Ausência de sistema de alarme e detecção de incêndio	Elaboração de Projeto de Prevenção e Combate a Incêndio;	1	80	1
	Implementação de sinalização e rota de fuga em toda a edificação;	1		
	Implementação de sistema de alarme e detecção de incêndio;	2		
	Instalação de extintores de incêndio nos locais adequados;	1		

Fonte: Autora

Nenhuma anomalia foi relatada para o sistema de detecção e combate a incêndio do Bloco D.

Instalações hidrossanitárias

O sistema hidrossanitário, segundo o relatório de autovistoria, encontrava-se em estado ruim de conservação. As instalações de água fria (tubulações, registros e conexões) apresentaram pontos com vazamentos e ausência de registros para manutenção do sistema. O sistema de captação e drenagem de água pluvial exigiu recomendação de adequação geral imediata, pois o dimensionamento atual é incompatível com a grande área de contribuição dos telhados. Diante disso, tornou-se urgente o redimensionamento das calhas, tubos de queda e caixas de passagem, para assegurar o adequado funcionamento do sistema.

Além disso, o relatório ressaltou que as caixas de passagem de água de chuva do Bloco A estão localizadas no subsolo, o que acarreta alagamentos nesse pavimento em caso de chuvas intensas. A remoção imediata dessas caixas foi recomendada (Figuras A 9 a A 11).

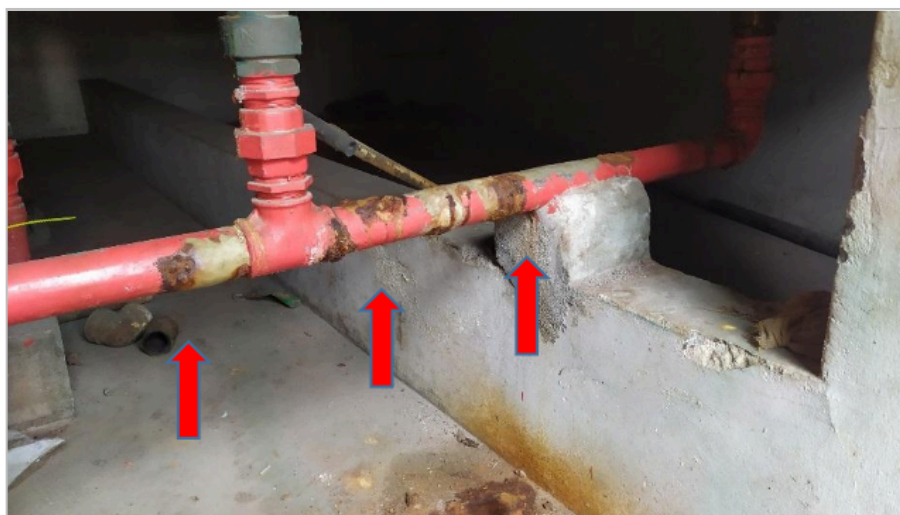
Conforme o Quadro A 20, as anomalias identificadas nas instalações hidrossanitárias justificam correções abrangentes, sendo atribuído um GUT igual a 80 para a prioridade de execução das medidas corretivas.

Quadro A 20: Abrangência das anomalias encontradas no sistema de instalações hidrossanitárias do Bloco A com base no relatório de inspeção técnica.

ANOMALIAS E FALHAS	MEDIDAS CORRETIVAS	NÍVEL DE INTERVENÇÃO	GUT	PRIORIDADE DE EXECUÇÃO
Instalações hidrossanitárias inadequadas / ausência de identificação das tubulações / ausência de manutenção no sistema elevatório / vazamento nas conexões	"Elaboração de projeto hidrossanitário de toda a edificação; "	1	80	1
	Reforma geral do sistema de água fria;	3		
	Identificação adequada das tubulações;	2		
Caixas de captação de água pluvial em local inadequado	Elaboração de Projeto de Captação e Drenagem de Água Pluvial	1	64	1
	Instalação de caixas de captação de água de chuva em área externa à edificação;	3		
Tubulação do barrilete em processo de corrosão	Substituição da tubulação em processo de corrosão	3	36	3

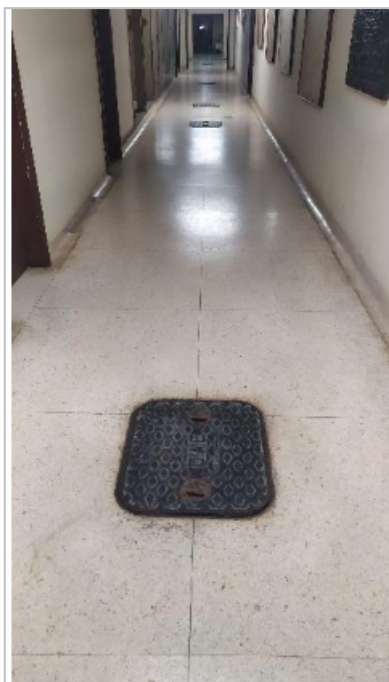
Fonte: Autora

Figura A 9: Tubulação do barrilete em processo de corrosão



Fonte: SIGMA Engenharia (2022)

Figura A 10: Caixas de captação de água pluvial em local inadequado



Fonte: SIGMA Engenharia (2022)

Figura A 11: Instalações hidrossanitárias inadequadas – Ausência de identificação das tubulações - Ausência de manutenção no sistema elevatório – Vazamento nas conexões



Fonte: SIGMA Engenharia (2022)

Nos demais Blocos do complexo não foram identificadas anomalias no sistema

hidrossanitário.

Sistema elevatório

Conforme relatório de autovistoria, o sistema elevatório da unidade está em operação, porém, a tubulação de sucção e recalque apresenta alguns pontos de vazamento. As instalações elétricas encontram-se degradadas, com isolamento inadequado, e há disjuntores instalados em quadros com fundos de madeira, necessitando remoção e instalação em quadros de comando adequadamente dimensionados.

Ao observar o Quadro A 21, nota-se que o indicador GUT das anomalias no sistema possui um valor elevado (GUT = 80),

Quadro A 21 : Abrangência das anomalias encontradas no sistema elevatório do Bloco A com base no relatório de inspeção técnica.

ANOMALIAS E FALHAS	MEDIDAS CORRETIVAS	NÍVEL DE INTERVENÇÃO	GUT	PRIORIDADE DE EXECUÇÃO
Instalações hidrossanitárias inadequadas / ausência de identificação das tubulações / ausência de manutenção no sistema elevatório / vazamento nas conexões	Implementação de sistema de manutenção preventiva no sistema elevatório;	1	80	1
	Reforma geral no quadro de comando das bombas;	1		
	Substituição da tubulação de sucção e recalque do sistema elevatório;	2 ou 3		
Dispositivos elétricos instalados em fundo de madeira	Instalação dos dispositivos elétricos em quadros devidamente dimensionado e protegidos para esta finalidade	1	80	1

Fonte: Autora

Os demais Blocos não possuem sistema elevatório.

Acessibilidade

O relatório de autovistoria destaca a carência de um sistema de acessibilidade na edificação, incluindo rampas, elevadores, instalações sanitárias adequadas e piso tátil para portadores de necessidades especiais. Recomenda-se a implementação de medidas de acessibilidade em todos os ambientes da edificação.

Elevadores

O laudo técnico de vistoria destaca o desgaste natural dos componentes

eletromecânicos, o excesso de tempo de desuso, a obsolescência dos equipamentos e a presença de componentes danificados pelo uso e pelo tempo. O limitador de velocidade, por exemplo, não foi testado e apresenta sinais de obsolescência, necessitando de regulagem, calibração e testes. O sistema elétrico requer revisão, incluindo o sistema de aterramento e a iluminação, conforme normas vigentes.

Além disso, a cabine dos elevadores exige adequações para acessibilidade, como reforma geral, adaptação das botoeiras com identificação visual e sonora, e substituição das portas dos pavimentos, que não possuem mecanismos de segurança atualizados. Também foi recomendada a ativação do sistema de bombeiros e a substituição dos cabos de tração e polias, ainda que as soleiras dos pavimentos estejam em bom estado.

Outros itens com necessidade de substituição são: porta da cabine, operador de porta, trincos e fechos dos pavimentos, todos fora de conformidade com normas de segurança. Recomenda-se também a instalação de um novo sistema de intercomunicação e a correção dos vazamentos de óleo nos conjuntos de tração. Os elevadores apresentam patologias como vazamentos, desgaste de polias e cabos, e botoeiras fora dos padrões.

A empresa responsável pela vistoria informou não ter tido acesso à Anotação de Responsabilidade Técnica dos Equipamentos, aos Relatórios de Inspeção Anuais ou ao contrato de manutenção vigente. Diante da ausência de peças de reposição e do elevado consumo energético, considera-se inviável⁸ a modernização parcial dos sistemas. Recomenda-se, portanto, a substituição completa das guias de cabine e contrapeso, do conjunto de tração, comando e motor, por sistemas modernos sem engrenagem, com controle de tensão e frequência variável (VVVF) e sistema regenerativo de energia, capaz de reduzir o consumo em mais de 30%.

Também é recomendada a substituição das botoeiras de pavimento, do revestimento das cabines e do painel de comando interno, garantindo segurança e acessibilidade conforme a legislação vigente.

⁸ Considerando a portaria Interministerial MME/MCT/MDIC nº 553, de 8/12/2005, juntamente com a conforme ABNT NBR 17094-1:2018, que definem requisitos mínimos de eficiência energética para motores elétricos de indução trifásicos, aproveitar os atuais conjuntos de tração foge das atuais práticas de sustentabilidade praticadas pelo Governo Federal.

Embora o relatório tenha utilizado o método GUT para classificar o risco de algumas anomalias, não foram apresentados os pesos atribuídos a gravidade, urgência e tendência. Assim, adotou-se os quadros de pesos da empresa SIGMA (A 1 a A 3), atribuindo peso 5 ao grau alto, 3 ao médio e 1 ao baixo, permitindo manter a análise quantitativa. O Quadro A 22 resume as anomalias observadas.

Quadro A 22: Abrangência das anomalias encontradas nos elevadores do Bloco A com base no relatório técnico de vistoria.

Elevador 1:

ANOMALIAS E FALHAS	MEDIDAS CORRETIVAS	NÍVEL DE INTERVENÇÃO	GUT	PRIORIDADE DE EXECUÇÃO
Painel interno de comando não apresenta alarme e intercomunicador	Substituição do quadro de comando por sistema microprocessado prevendo instalação de alarme e intercomunicador.	2	75	1
Casa de máquinas sem combate a incêndio	Adequar com instalação de equipamentos de combate a incêndio conforme normas.	1	75	1
Vazamento de óleo na casa de máquinas e manutenção precária	Retirar vazamentos	1	25	4
As botoeiras de pavimentos não atendem às normas de acessibilidade	Substituição por botoeiras bidirecionais acessíveis conforme norma	2	15	4
Piso de caixa de corrida demonstrando vazamento de óleo, sem pintura e sem caixa de inspeção	Pintura de proteção e adequação da caixa de inspeção	1	15	4
Equipamentos com chave de inspeção, mas sem guarda corpo sobre a cabine e falta de iluminação de poço	Reinstalar/substituir Iluminação e instalar guarda-corpo conforme norma.	2	15	4

Elevador 2:

ANOMALIAS E FALHAS	MEDIDAS CORRETIVAS	NÍVEL DE INTERVENÇÃO	GUT	PRIORIDADE DE EXECUÇÃO
Carga de combate a incêndio incompatível com a casa de máquinas	Adequar sistema de combate a incêndio conforme norma	1	75	1
Vazamento de óleo na casa de máquinas e manutenção precária	Retirar vazamentos	1	25	4
Limitação de velocidade sem proteção de polias	Instalar novo limitador de velocidade com protetor de polias	2	25	4
Cabos de aço afundados na cava da polia	Substituir polia e cabos	2	3	4
Botoeiras de pavimento não atendem às normas de acessibilidade	Substituição por botoeiras bidirecionais acessíveis	2	15	4
Equipamento com chave de inspeção, mas sem guarda corpo sobre a cabine e falta iluminação de poço	Reinstalar/adequar iluminação + instalar guarda-corpo conforme norma	2	15	4
No QGBT presença de cabos antigos não identificados e disjuntores mal identificados	Substituir a fiação e os disjuntores	2	15	4
Falta iluminação, demarcação de fundo de poço e elemento de amortecimento	Instalar iluminação adequada, sinalização e amortecedor	1	15	4

Elevador 3:

ANOMALIAS E FALHAS	MEDIDAS CORRETIVAS	NÍVEL DE INTERVENÇÃO	GUT	PRIORIDADE DE EXECUÇÃO
Painel interno de comando com alarme e intercomunicador sem funcionamento	Revisar/substituir painel e garantir funcionamento de alarme e intercomunicador	2	75	1
Equipamento com chave de inspeção, e com guarda corpo sobre a cabine, mas falta iluminação de poço	Reinstalar/adequar iluminação	1	15	4
No QGBT presença de cabos antigos não identificados e disjuntores mal identificados	Substituir a fiação e os disjuntores	2	15	4
Falta iluminação, demarcação de fundo de poço e elemento de amortecimento	Instalar iluminação adequada, sinalização e amortecedor	1	15	4

Elevador 4:

ANOMALIAS E FALHAS	MEDIDAS CORRETIVAS	NÍVEL DE INTERVENÇÃO	GUT	PRIORIDADE DE EXECUÇÃO
Cabo de aço afundado na cava da polia	Substituir polia e cabos	2	75	1
Fundo de poço sem demarcação, sem escada de acesso e sem interruptor de emergência.	Instalar escada, interruptor e sinalização	2	15	4
No QGBT presença de cabos antigos não identificados e disjuntores mal identificados	Substituir a fiação e os disjuntores	2	15	4
Falta iluminação, demarcação de fundo de poço e elemento de amortecimento	Instalar iluminação, sinalização e amortecedor	1	15	4

Fonte: Autora

Climatização

O complexo possui sistemas de condicionamento de ar que atendem todas as unidades, mas que, ao longo dos anos, passaram por diversas adaptações e substituições.

Histórico do Sistema de Refrigeração

Bloco A

Em 2006, grande parte do sistema de ar-condicionado do Bloco A ainda datava da época de sua construção. As características originais incluíam:

- Sistema de expansão indireta com condensação à água no 1º pavimento (frente), 2º e 3º pavimentos (frente e fundos). Esse sistema utilizava unidades resfriadoras que desumidificavam e resfriavam o ar, distribuído por meio de dutos de aço galvanizado e grelhas de insuflamento.
- Projeto adequado para laboratório, com sistemas independentes para controle de temperatura, umidade e circulação do ar em cada ambiente.

Dentre as especificações para laboratórios:

- O fluxo de ar era direcionado das áreas de menor para maior risco de contaminação.
- Ar de exaustão filtrado por filtros HEPA antes da expulso, em conformidade com normas de biossegurança (Correia, 2019).
- Para laboratórios de biossegurança nível 2⁹, a presença de sistemas centrais de ventilação era recomendada, sendo obrigatória para laboratórios de níveis 3 e 4.

O 4º pavimento, que originalmente abrigava um restaurante, era climatizado por três unidades do tipo self-contained com condensação à água.

Na época, todos os sistemas eram considerados obsoletos, incluindo:

- Um sistema de expansão direta composto por quatro unidades Self-Contained

⁹ Os níveis de biossegurança são classificações associadas ao nível de risco envolvido na manipulação de agentes biológicos com potencial patogênico. Para definição da classe de risco é necessário ter ciência do agente manipulado, os tipos de ensaios realizados e, no caso do uso de animais experimentais e biomodelos, conhecer a espécie utilizada, pois são critérios importantes para uma avaliação eficiente de risco. Os níveis de biossegurança variam do nível básico 1 onde existe nenhum risco ou baixo risco individual e comunitário até o nível 4, onde a manipulação desses agentes envolve alto risco individual e coletivo.

com condensação à água, com cerca de 15 anos de uso.

Outros Blocos

- Bloco B: o auditório, hall e sala de reunião no 1º pavimento eram atendidos por uma unidade self-contained com condensação à água. O 2º pavimento possuía duas unidades self-contained com condensação a ar, desativadas em 2006.
- Bloco C: a gráfica digital era atendida por três unidades self-contained com condensação mista (ar e água).

Como solução paliativa para a crescente demanda térmica, foram instalados:

- Dois aparelhos split system na gráfica digital (Bloco C).
- Condicionadores de ar de janela no 2º pavimento do Bloco B, substituindo as unidades *self-contained* desativadas.

Avaliação e Adaptações em 2006

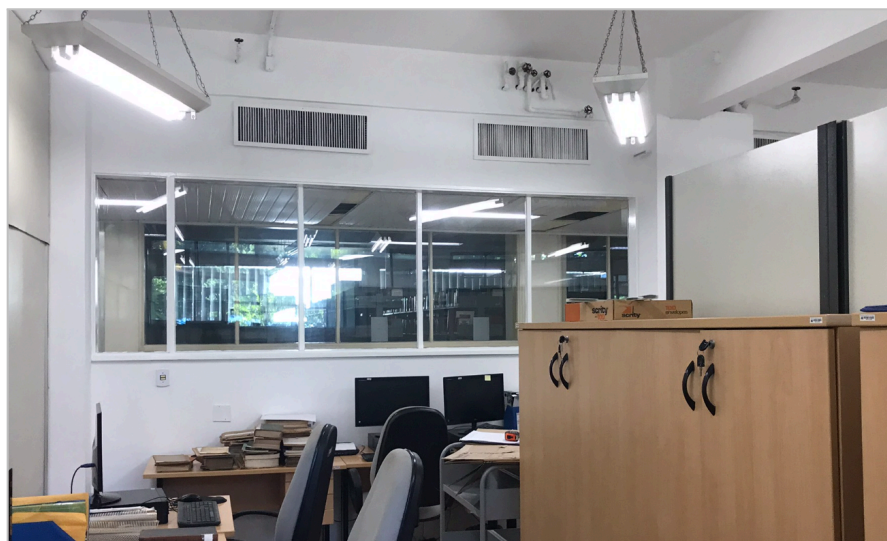
Um estudo técnico realizado em 2006 propôs a substituição dos sistemas obsoletos por novos sistemas centrais de refrigeração. Entretanto, essas alterações não foram implementadas. Foram adotadas, então, soluções individuais, com instalação de aparelhos split e condicionadores de janela para suprir a carga térmica.

Condições Atuais

Ainda são observados vestígios das instalações originais, como grelhas e dutos, além de redes de outros fluidos utilizados em laboratório (como água destilada, gás carbônico e nitrogênio). Esses sistemas estão desativados e hoje não atendem mais às necessidades do edifício, que depende exclusivamente de sistemas individuais (Figura A12).

A maioria dos equipamentos em uso está obsoleta, com data de fabricação de 2006, operando com o gás refrigerante R-22 (HCFC-22), substância com alto potencial de aquecimento global e de destruição da camada de ozônio. Segundo o relatório técnico da manutenção, os aparelhos estão com a manutenção em dia.

Figura A 12: Evidências das redes de dutos antigos (grelhas) e redes de outros fluidos utilizados no laboratório



Fonte: Foto tirada no local

RESUMO DAS ANOMALIAS E FALHAS PRIORITÁRIAS IDENTIFICADAS

As anomalias identificadas no relatório de autovistoria abrangem diferentes sistemas prediais distribuídos pelos quatro blocos do complexo. A priorização das medidas corretivas foi baseada no método GUT (Gravidade, Urgência e Tendência), que atribui pontuações (GUT) para classificar os problemas conforme o risco envolvido, orientando a ordem de execução das correções.

A análise contemplou o conjunto dos quatro blocos — e não apenas o Bloco A, que é o principal — pois o benchmarking energético utilizado como referência considera o consumo total do complexo predial. Assim, para alinhar o diagnóstico técnico ao modelo comparativo adotado, tornou-se necessário mapear a distribuição das anomalias em todo o conjunto e relacioná-las qualitativamente aos principais usos finais de energia (USE). Essa abordagem ampliada evita distorções na interpretação dos dados e permite identificar com mais precisão as oportunidades para inserção de ações de eficiência energética (AEE).

Embora o nível de intervenção (NI) não tenha sido utilizado como critério de seleção, sua inclusão na análise teve a função de qualificar melhor o contexto das ações previstas. Observou-se predominância de anomalias de nível 2 (reabilitação média, 62%), presentes em diversos sistemas dos blocos A, B e C, o que amplia a abrangência da intervenção. Já as anomalias de nível 3 (reabilitação profunda, 15%)

concentraram-se no Bloco D, exigindo a desocupação parcial do edifício. Essa caracterização evidencia que as intervenções não se limitam a reparos pontuais, mas envolvem maior complexidade técnica e impacto operacional — contexto que favorece a articulação com medidas de eficiência energética, ao abrir janelas de oportunidade para ações integradas.

Foram consideradas apenas as anomalias classificadas com prioridade de execução 1 e 2, por representarem os casos mais críticos e com prazos de correção mais curtos: 40 dias para prioridade 1 (GUT > 75) e 90 dias para a prioridade 2 (GUT entre 65 e 75), segundo a recomendação da empresa que realizou a vistoria (SIGMA Engenharia, 2022). Essa escolha se justifica pela maior viabilidade de integrar a correção das anomalias com a adoção de AEE, otimizando esforços e recursos. As anomalias com GUT inferior a 65, cujos prazos de correção se estendem por 180 a 270 dias, foram excluídas da análise por apresentarem menor potencial de sinergia com intervenções imediatas (ver Quadros A23 a A26).

Quadro A 23: Lista resumida de falhas ou anomalias existentes no Blocos A, com prioridade de execução 1 e 2.

SISTEMA	ANOMALIA E MEDIDAS CORRETIVAS	NI
Estrutural	Marquise com ferragens expostas ao longo de toda a extensão, exigindo escoramento e recuperação estrutural.	2
Elétrica e iluminação	Sistema elétrico crítico, com quadros elétricos sem proteção adequada, ausência de condutores de proteção e necessidade de elaboração de um novo projeto elétrico.	2
Cobertura	Infiltração de água da chuva, decorrente de impermeabilização ineficiente da laje e instalação inadequada das caixas de captação de água em áreas internas, resultando em alagamentos frequentes.	2
Instalações hidrossanitária e sistema elevatório	Sistema de água fria e sistema elevatório comprometidos, exigindo reforma geral e substituição de tubulações de sucção e recalque.	2
Sistema de prevenção e combate a incêndio	Sistema de prevenção e combate a incêndio deficiente, com ausência de rota de fuga, sinalização, extintores e sistema de alarme e detecção de incêndio.	2

Fonte: Autora

Quadro A 24:Lista resumida de falhas ou anomalias existentes no Blocos B com prioridade de execução 1 e 2.

SISTEMA	ANOMALIA E MEDIDAS CORRETIVAS	NI
Elétrica e iluminação	Deficiências graves no sistema elétrico, incluindo quadros sem identificação, ausência de condutores de proteção e disjuntores inadequados.	2
Cobertura	Ausência de guarda-corpo na escada marinho e na laje do reservatório, representando riscos de queda	1
	Impermeabilização precária da cobertura, levando a vazamentos e deterioração de revestimentos.	2 ou 3
Sistema de prevenção e combate a incêndio	Acúmulo de material inflamável sem proteção adequada, associado à falta de extintores e sinalização de emergência.	1

Fonte: Autora

Quadro A 25:Lista resumida de falhas ou anomalias existentes no Bloco C com prioridade de execução 1 e 2.

SISTEMA	ANOMALIA E MEDIDAS CORRETIVAS	NI
Prevenção e combate a incêndio	Inexistência de rota de fuga, alarme e detecção de incêndio, comprometendo a segurança dos ocupantes.	2 ou 1
Elétrica e iluminação	Instalações elétricas inadequadas, com condutores expostos, exigindo regularização conforme normas vigentes.	2
Alvenarias e vedações	Infiltrações e falta de manutenção de calhas, ocasionando deslocamento de pintura e danos às alvenarias.	1

Fonte: Autora

Quadro A 26:Lista resumida de falhas ou anomalias existentes no Bloco D com prioridade de execução 1 e 2.

SISTEMA	ANOMALIA E MEDIDAS CORRETIVAS	NI
Alvenarias e vedações	Desabamento do forro de gesso devido a infiltrações, evidenciando a ausência de manutenção e limpeza das calhas.	3

Fonte: Autora

PRÓXIMOS PASSOS

Análise do impacto das intervenções na rotina dos edifícios, para determinar cronograma de execução sem comprometer operações essenciais.

Compatibilização das correções com o diagnóstico energético, visando priorizar

soluções que otimizem a eficiência energética.

Definição das exigências técnicas para contratação das obras e serviços, garantindo que as correções sigam normativas e padrões adequados.

Planejamento financeiro, estimando os custos das intervenções e buscando otimizar recursos disponíveis.

APÊNDICE B: Orientação e sombreamento das fachadas

Este apêndice tem como objetivo apresentar as máscaras de sombra das fachadas do edifício, analisando o comportamento da radiação solar em função da orientação e discutindo as estratégias de sombreamento adotadas ou recomendadas para cada uma delas. A análise parte do princípio de que a orientação das fachadas influencia diretamente o desempenho térmico das edificações, especialmente em climas quentes e úmidos, como o do Rio de Janeiro.

De acordo com os Quadros de Mahoney, recomenda-se que edificações em tais condições climáticas sejam implantadas com o eixo principal na direção leste-oeste, de modo a minimizar a incidência solar direta nas fachadas mais críticas (leste e oeste). No entanto, quando a edificação se orienta em direção noroeste — ou em direções próximas — surgem desafios adicionais, especialmente no período da tarde, em que a carga térmica tende a ser mais intensa e duradoura.

A seguir, são analisadas as diferentes fachadas do edifício (Figura 19) a partir das máscaras de sombra geradas e da avaliação das estratégias de sombreamento existentes, com comentários sobre sua eficácia e eventuais recomendações para aprimoramento.

FACHADA NOROESTE (NO)

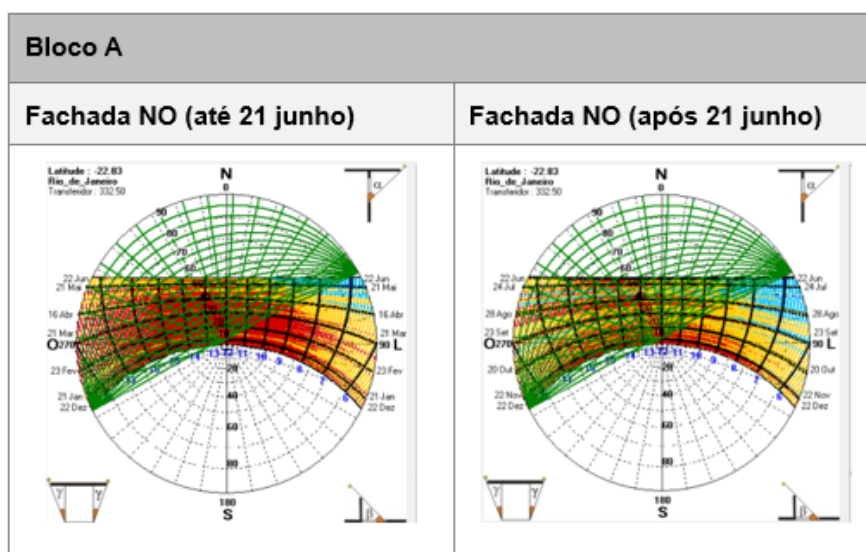
A fachada noroeste representa uma das condições mais desfavoráveis em termos de desempenho térmico em edifícios localizados em climas quentes e úmidos, como o do Rio de Janeiro. Essa orientação está exposta à radiação solar direta no período mais quente do dia, entre o meio da tarde e o pôr do sol, com alta carga térmica e longa duração, especialmente entre os meses da primavera e do verão (Quadro B 1).

A geometria solar associada à orientação noroeste torna o sombreamento mais complexo, pois a radiação incide em ângulos baixos e trajetória oblíqua, dificultando a eficácia de dispositivos convencionais. Isso demanda o uso de proteções verticais profundas, painéis móveis ou estratégias combinadas, incluindo soluções arquitetônicas e paisagísticas, capazes de bloquear a radiação antes que ela atinja as superfícies da edificação. Sem essas estratégias, há tendência ao acúmulo de calor nas superfícies opacas e nos ambientes internos, elevando a temperatura mesmo após o pôr do sol e impactando significativamente o desempenho dos

sistemas de climatização.

Para mitigar esses efeitos, é recomendável o uso de materiais de baixa absorptância térmica nas superfícies externas, além da promoção de ventilação natural eficiente. Fachadas noroeste devem ser tratadas com igual ou maior rigor do que fachadas oeste, por conta da intensidade, duração e dificuldade do sombreamento da radiação solar incidente.

Quadro B 1: Carta solar da fachada NO (Bloco A)



Fonte: Analysis Sol- Ar 6.2

No caso específico do Bloco A, a fachada NO atualmente adota como estratégia de sombreamento o uso de vidros duplos com persianas horizontais integradas entre as placas, além da presença de vegetação externa, que contribui com sombreamento natural em parte da superfície. Embora as persianas reduzam o ofuscamento visual e promovam alguma atenuação térmica, sua posição entre os vidros não impede a entrada da radiação solar, que aquece o ar no espaço entre as lâminas e compromete o conforto térmico no interior dos ambientes.

Como o sistema atual não conta com elementos externos fixos ou de geometria estável, como marquises, beirais ou brises, não foi elaborado gráfico de sombras para esta fachada, uma vez que a ferramenta é aplicável apenas a elementos construtivos externos de sombreamento.

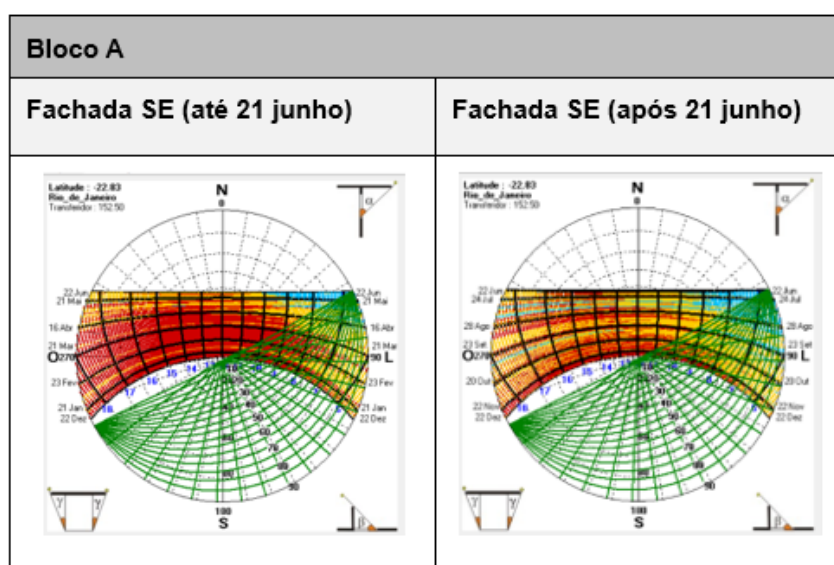
Dentre todas as fachadas voltadas para noroeste no complexo em estudo, esta é a única que apresenta demanda significativa por sombreamento, em razão da elevada

carga térmica incidente. As demais fachadas voltadas para essa orientação são predominantemente cegas, sombreadas por obstruções permanentes ou apresentam pequenas áreas envidraçadas, cuja contribuição para o desempenho térmico da edificação é residual.

FACHADA SUDESTE (SE)

A fachada sudeste recebe insolação direta nas primeiras horas da manhã, especialmente durante os meses mais quentes do ano, quando o sol nasce mais inclinado ao sul (Quadro B 2). Embora essa exposição ocorra em um período de menor intensidade térmica, ela pode contribuir para o desconforto térmico nos ambientes internos, sobretudo em edificações com grandes superfícies envidraçadas. Além disso, a orientação angular da fachada dificulta o sombreamento com dispositivos horizontais convencionais, exigindo o uso de proteções verticais ou combinadas, capazes de bloquear a radiação solar incidente nas manhãs de primavera e verão. Em climas quentes e úmidos como o do Rio de Janeiro, é recomendável que fachadas sudestes sejam tratadas com atenção, aproveitando a ventilação natural matinal, mas controlando o ganho térmico direto por meio de elementos arquitetônicos bem dimensionados e, sempre que possível, integrando sombreamento paisagístico.

Quadro B 2: Carta solar - Fachada SE



Fonte: Analysis Sol- Ar 6.2

Com conformação em “L”, o Bloco A possui duas fachadas com essa orientação

denominadas SEa e SEb.

A fachada sudeste a (SEa) adota o mesmo sistema de sombreamento da fachada principal. Vestígios de buchas e canaletas presentes nessa fachada (Figura B 1) sugerem que o projeto original utilizava brises horizontais externos a exemplo da foto da fachada original (Figura B 2).

Como o sistema não possui sombreamento externo, não foi executado o gráfico de sombras para esta fachada, pois ele é aplicável apenas a elementos fixos ou de geometria estável, como marquises, brises e beirais.

Figura B 1: Presença de buchas antigas no batente de uma das janelas remanescente da construção original do prédio



Fonte: Autora

Figura B 2: Fachada SEa (Bloco A)



Fonte: Foto tirada no local

A fachada SEb apresenta brises verticais entre os vãos envidraçados e um pequeno beiral horizontal, além da presença de vegetação densa no entorno e volumes anexos no térreo que contribuem com sombreamento adicional (Figura B3).

Figura B 3: Fachada SEb (Bloco A)



Fonte: Foto tirada no local

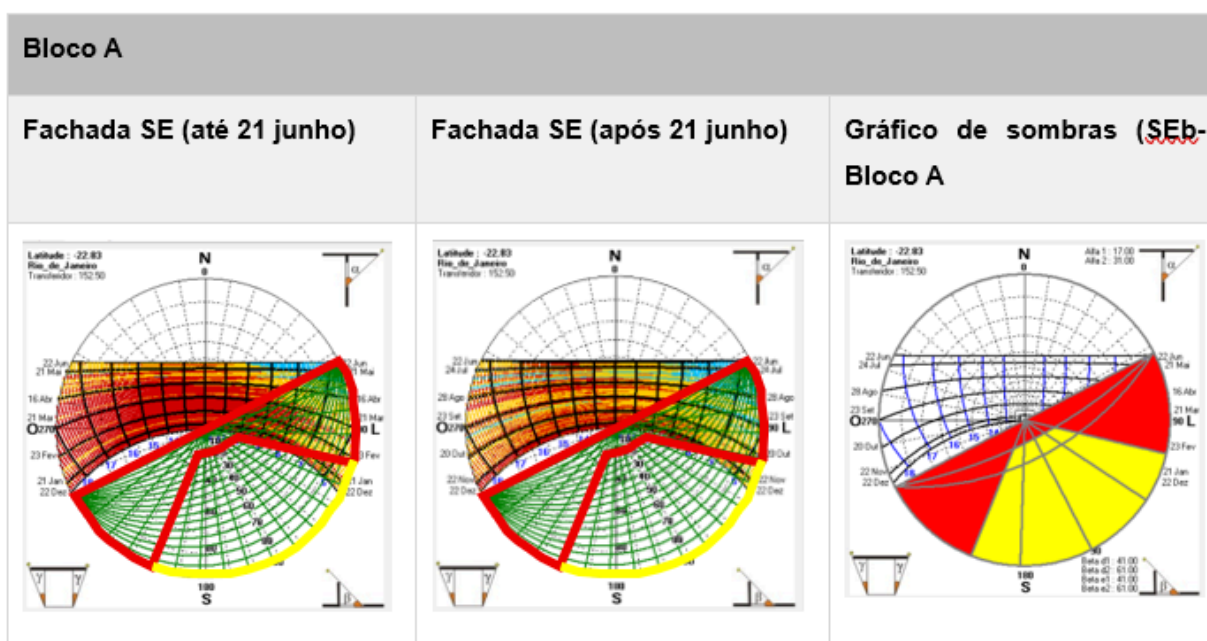
Pela análise gráfico de sombras (Figura B 4) observa-se que o brises verticais demonstram alta eficácia na proteção contra a radiação solar direta durante os meses mais quentes, particularmente nas primeiras horas da manhã — período mais crítico para fachadas voltadas a sudeste em regiões tropicais úmidas. A simulação

gráfica confirma que, entre setembro e março, a insolação direta é significativamente bloqueada até cerca das 9h, garantindo redução dos ganhos térmicos sem comprometer a iluminação natural difusa.

No entanto, observa-se que, mesmo no inverno, a fachada continua parcialmente sombreada, o que pode limitar os ganhos solares desejáveis para o aquecimento passivo. Essa condição, embora não represente um problema imediato no clima do Rio de Janeiro, onde a demanda por aquecimento é baixa, merece atenção caso haja ocupações mais sensíveis ao conforto térmico nos ambientes internos.

A coerência entre o gráfico de sombras e a solução construída evidencia a eficácia dos dispositivos de sombreamento, demonstrando que a fachada apresenta um bom desempenho passivo. A presença de vegetação contribui de forma complementar, atenuando ainda mais a carga térmica sobre os ambientes internos.

Figura B 4: Carta solar com transposição do gráfico de sombras e gráfico de sombras da fachada SE (Bloco A)



Fonte: Analysis Sol- Ar 6.2 e adaptações autora

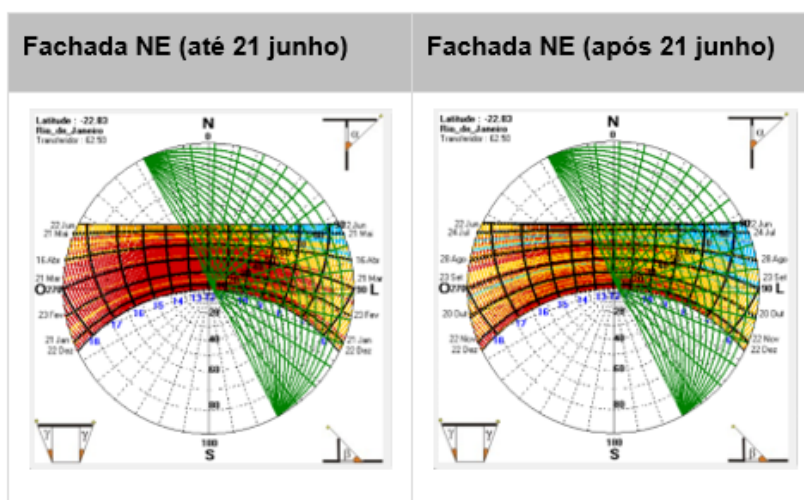
As demais fachadas voltadas para sudeste, apesar de estarem presentes nos demais blocos, não foram incluídas na análise de sombreamento por não apresentarem dispositivos arquitetônicos de proteção solar fixos, como brises, marquises ou beirais. Trata-se de fachadas secundárias, com dimensões reduzidas e quantidade limitada de esquadrias, cuja contribuição para a eficiência energética

global do edifício é considerada irrisória.

FACHADA NORDESTE (NE)

A fachada nordeste recebe insolação direta principalmente nas manhãs de outono e primavera, quando o sol nasce mais ao norte do leste verdadeiro (Quadro B 3). Essa orientação permite certo aquecimento matinal, que pode ser benéfico em climas amenos, mas em regiões quentes e úmidas como o Rio de Janeiro, o ganho térmico pode ser excessivo se não forem adotadas estratégias de controle solar. A inclinação angular dessa fachada favorece o uso de brises verticais ou inclinados, que permitem entrada de luz difusa e ventilação, ao mesmo tempo que minimizam a incidência solar direta nas primeiras horas do dia. É recomendável considerar ainda materiais de baixa absorvância térmica e integração de soluções paisagísticas para reforçar o conforto ambiental e reduzir cargas térmicas indesejadas nos períodos críticos.

Quadro B 3: Carta solar - Fachada NE



Fonte: Analysis Sol- Ar 6.2

O Bloco A possui 2 fachadas orientadas a NE denominadas NEa e NEb (Figuras B5 e B6).

A fachada NEa adotam o mesmo sistema de sombreamento da fachada principal e por esse motivo não serão apresentadas análises de gráfico de sombras.

Figura B 5: Fachada NEa (Bloco A)



Fonte: Foto tirada no local

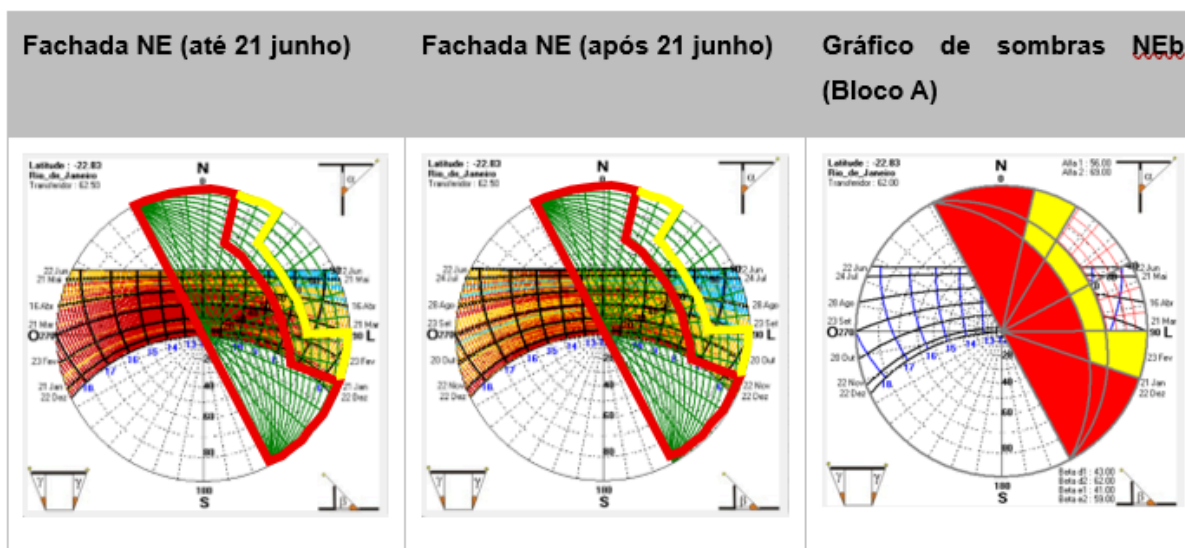
A fachada NEb preserva esquadrias e brises articulados, possivelmente originais da construção.

Figura B 6: Fachada NEb (Bloco A)



Fonte: Foto tirada no local

Quadro B 4: Carta solar com transposição do gráfico de sombras e gráfico de sombras da fachada NEb (Bloco A)



Fonte: Analysis Sol- Ar 6.2 e adaptações autora

A análise da transposição do gráfico de sombras para a carta solar (Quadro B 4) revela que, na fachada nordeste do Bloco A, quem exerce o papel mais significativo no sombreamento é o conjunto de brises horizontais articuláveis. Esses dispositivos são responsáveis por bloquear a radiação solar a partir das 7h da manhã, principalmente nos meses mais quentes do ano (outubro a fevereiro), quando o sol já atinge ângulos mais altos e a carga térmica se intensifica. Quando operantes, os brises horizontais conseguem mitigar os ganhos solares em momentos críticos do dia, oferecendo proteção térmica relevante.

Embora os brises verticais fixos entre os módulos não sejam os principais responsáveis pelo sombreamento, eles complementam parcialmente a proteção nas primeiras horas da manhã, até por volta das 7h, nos meses mais quentes. Nesse intervalo, a radiação solar incide em ângulo oblíquo, e a presença das projeções verticais atua como barreira lateral, reduzindo a entrada direta de luz solar e reforçando o desempenho do sistema passivo. Nos meses mais frios (março a setembro), contudo, os brises verticais não exercem papel significativo, pois a trajetória solar se desloca para ângulos nos quais sua atuação se torna ineficaz.

A eficiência do sistema de sombreamento dessa fachada depende da complementaridade entre os brises horizontais e verticais, cada um atuando em faixas horárias e sazonais específicas. No entanto, os brises horizontais

encontram-se atualmente fixos em ângulo de 90°, devido à obstrução provocada pela instalação de aparelhos de ar-condicionado e à falta de manutenção dos mecanismos móveis, o que compromete severamente sua operabilidade.

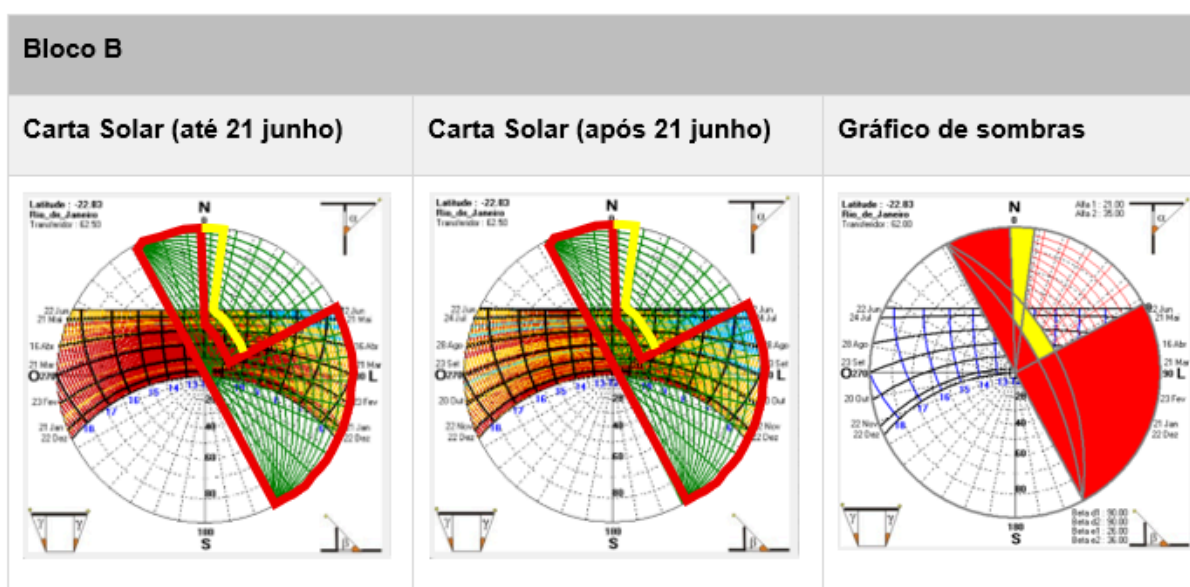
No Bloco B, de formato retangular, sua fachada principal orientada a nordeste (NE), possui brises verticais no primeiro e segundo pavimentos (Figura B 7).

Figura B7: Fachada NE (Bloco B)



Fonte: Foto tirada no local

Quadro B 5: Carta solar com transposição do gráfico de sombras e gráfico de sombras da fachada NE (Bloco B)



Fonte: Analysis Sol- Ar 6.2 e adaptações autora

A fachada nordeste do Bloco B é equipada com brises verticais fixos, originalmente

projetados para controlar a entrada de radiação solar direta nas manhãs de outono, inverno e primavera — períodos em que essa orientação recebe incidência solar com ângulos mais oblíquos. Contudo, a análise do gráfico de sombras transposto para a carta solar (Quadro B 5) revela que, na condição atual, a fachada recebe radiação solar direta nos meses mais frios (março a setembro) desde as primeiras horas da manhã até cerca das 9h (março e setembro) e 11h30 no mês de junho, quando o sol se encontra em trajetória mais baixa.

Isso indica que, apesar da presença dos brises verticais, o sombreamento promovido por eles é insuficiente para bloquear a radiação direta nos horários críticos, mesmo nos meses de menor carga térmica. Sua atuação não garante sombra plena, pois estão dispostos de forma a proteger parcialmente os vãos apenas contra radiação lateral muito oblíqua, deixando os ambientes internos vulneráveis à insolação direta durante boa parte da manhã.

Entretanto, observa-se que os vãos de esquadrias da fachada são envolvidos por uma moldura com projeção horizontal, que atua como elemento complementar de sombreamento. Essa moldura proporciona sombreamento parcial crescente a partir das 9h30 nos meses de março e setembro, e somente a partir das 11h30 em junho, quando o sol atinge ângulos mais elevados. Portanto, a contribuição horizontal é tardia e limitada às horas mais próximas do final da manhã.

No nível térreo, a fachada conta ainda com marquises metálicas inclinadas e vegetação densa ao nível do solo, que colaboram para o conforto microclimático imediato, porém não exercem influência nos pavimentos superiores, que permanecem mais expostos.

A condição atual, portanto, resulta em exposição prolongada à radiação solar direta nas manhãs dos meses mais frios, o que, apesar da carga térmica reduzida em comparação ao verão, pode gerar desconforto térmico e aumento da dependência de sistemas mecânicos de climatização, especialmente em ambientes com alta taxa de envidraçamento.

Comparação da eficiência de sombreamento – fachadas NEb (Bloco A) e NE (Bloco B)

A fachada NEb do Bloco A apresenta melhor desempenho de sombreamento em comparação à fachada NE do Bloco B. Mesmo com os brises horizontais articuláveis

imobilizados, a geometria adotada permite bloquear a radiação solar a partir das 7h, especialmente nos meses mais quentes (outubro a fevereiro), período de maior carga térmica. Além disso, as projeções verticais entre os módulos colaboram com sombreamento parcial até as 7h da manhã.

Já na fachada NE do Bloco B, os brises verticais fixos, associados a molduras com projeção horizontal, são menos eficientes. A radiação solar direta incide sobre a fachada até 9h em março/setembro e até 11h30 em junho, mesmo nos meses mais amenos. A proteção horizontal começa a atuar de forma parcial apenas no final da manhã, o que compromete o desempenho térmico, inclusive nos meses mais quentes.

Conclui-se que a fachada NEb do Bloco A, mesmo com limitações operacionais, oferece sombreamento mais eficaz e antecipado, graças à geometria horizontal dos brises e à atuação complementar das projeções verticais, enquanto a fachada NE do Bloco B apresenta proteção tardia e menos eficiente para a orientação nordeste.

A análise comparativa dos gráficos de sombra das fachadas nordeste dos blocos A e B, ambas equipadas com dispositivos de sombreamento atualmente inoperantes, revela comportamentos distintos frente à mesma orientação solar. O Bloco A adota brises horizontais articuláveis, cuja geometria é mais eficaz para bloquear a radiação solar incidente em ângulos elevados, mas que, na condição atual de imobilidade, falha em proteger a fachada nos horários mais críticos das manhãs quentes, especialmente entre 6h e 7h.

Já o Bloco B, com brises verticais fixos, apresenta melhor desempenho teórico no bloqueio da radiação solar oblíqua do início da manhã. O gráfico de sombras confirma sombreamento pleno entre 6h e 7h, com declínio progressivo de efetividade à medida que o sol se eleva. Contudo, a condição física de desalinhamento e ausência de manutenção compromete a continuidade da proteção, tornando o sombreamento irregular e limitado.

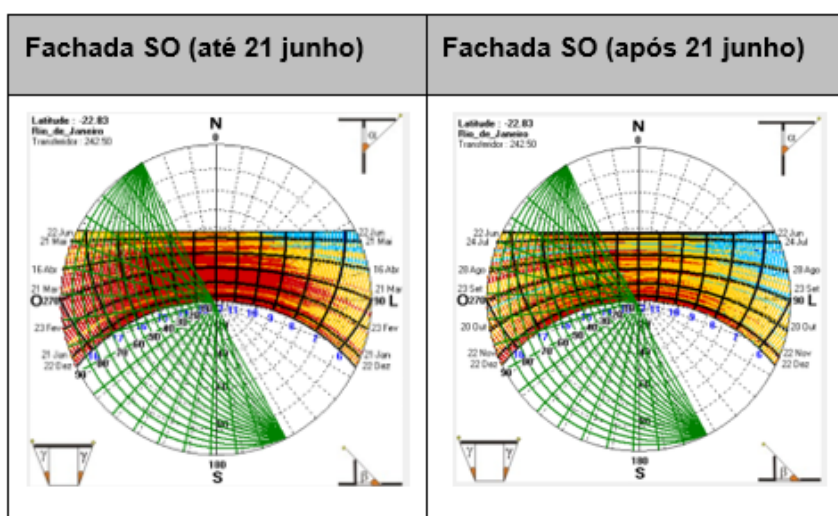
Em síntese, mesmo com orientações idênticas, a eficiência real do sombreamento difere não apenas pelo tipo de dispositivo utilizado, mas sobretudo por sua condição de operação. O caso demonstra que a durabilidade, a manutenção e a compatibilidade entre tipo de brise e trajetória solar são tão relevantes quanto o dimensionamento teórico no desempenho energético real de fachadas.

FACHADA SUDOESTE (SO)

A fachada sudoeste é uma das mais críticas do ponto de vista do conforto térmico em regiões de clima quente e úmido, como o Rio de Janeiro (Quadro B 6). Essa orientação combina o efeito da insolação do oeste — intensa no final da tarde — com uma inclinação angular que favorece o acúmulo de calor nas superfícies externas e a penetração da radiação solar em horários de pico térmico. Durante o verão e a primavera, essa radiação incide com alta carga energética, elevando significativamente a temperatura interna dos ambientes voltados para essa orientação.

Devido a essas características, é essencial adotar estratégias de sombreamento eficientes, com ênfase em brises verticais profundos, painéis móveis, proteções laterais e elementos vegetais de sombreamento, que atuem como barreiras físicas contra o sol baixo do fim da tarde. Além disso, materiais de baixa absorvância térmica e ventilação cruzada bem dimensionada são importantes aliados para mitigar o calor acumulado. O uso de soluções combinadas — arquitetônicas e paisagísticas — é altamente recomendável para garantir conforto térmico e desempenho energético adequado ao longo do ano.

Quadro B 6: Carta solar - Fachada SO



Fonte: Analysis Sol- Ar 6.2

A fachada sudoeste do Bloco A, nos últimos pavimentos, adota a mesma estratégia de sombreamento passivo da fachada nordeste (NEb), combinando brises

horizontais articuláveis com projeções verticais fixas laterais, que molduram cada módulo de esquadria. Trata-se de um sistema originalmente projetado para ajustar a proteção solar à trajetória solar vespertina ao longo do ano (Figura B 8).

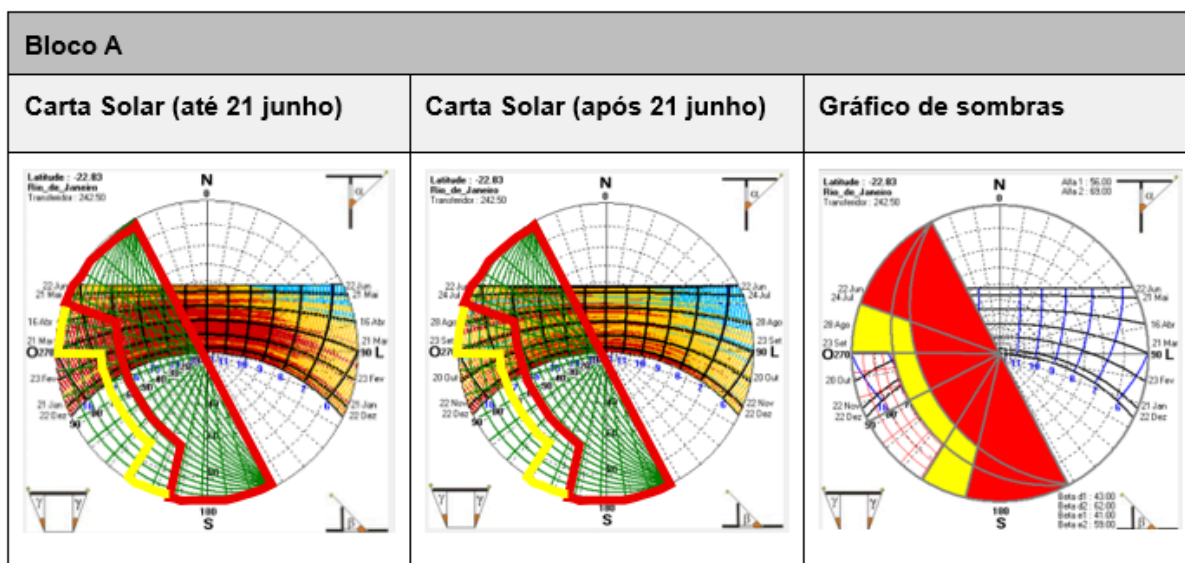
Na condição atual, os brises horizontais perderam sua capacidade de articulação, devido à instalação de aparelhos de ar-condicionado nos vãos das aletas e à falta de manutenção dos mecanismos móveis, passando a funcionar como dispositivos fixos.

Figura B 8: Fachada SO (Bloco A)



Fonte: Foto tirada no local

Quadro B 7: Carta solar com transposição do gráfico de sombras e gráfico de sombras da fachada SO (Bloco A)



Fonte: Analysis Sol- Ar 6.2 e adaptações autora

A análise do gráfico de sombras (Quadro B7) revela que, mesmo nessa condição inoperante, o sistema ainda proporciona sombreamento total até as 16h durante a maior parte do ano. Entre 16h e 17h, a proteção torna-se parcial, principalmente nas estações intermediárias (primavera e outono), quando a radiação solar incide em ângulos mais oblíquos. Esse sombreamento parcial é garantido sobretudo pelas projeções verticais laterais, que permanecem funcionais. Após as 17h, há incidência direta de radiação solar nos vãos, exceto nos meses de maio a julho, quando a fachada se mantém totalmente sombreada durante toda a tarde graças à menor elevação solar.

As projeções verticais exercem papel importante no bloqueio da radiação solar lateral, atenuando o ganho térmico nos períodos finais da tarde e reduzindo o ofuscamento. A atuação conjunta dos elementos fixos mostra-se eficaz para a maior parte do ano, especialmente nas estações mais amenas, embora a impossibilidade de articulação limite a capacidade de adaptação do sistema, principalmente em dia com maior variabilidade climática.

Dessa forma, a fachada, embora disponha de um sistema originalmente bem planejado, comporta-se hoje como um conjunto fixo, com eficiência reduzida nos horários finais da tarde e menor capacidade de ajuste às variações sazonais.

No Bloco B, a fachada sudoeste (SO) possui brises no 1º e 2º pavimentos (Figura B 9).

Figura B 9: Fachada SO (Bloco B)

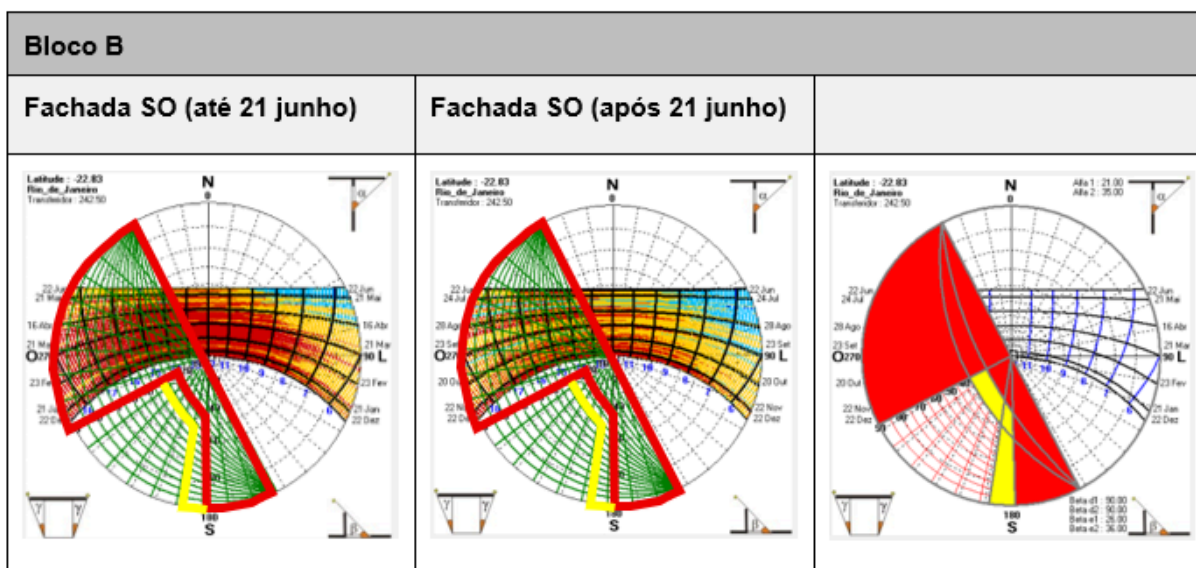


Fonte: Foto tirada no local

A fachada sudoeste do Bloco B adota o mesmo padrão da fachada nordeste do mesmo bloco, utilizando brises verticais fixos com aletas inclinadas, dispostos em módulos repetitivos (Figura B 9). O sistema foi concebido para proteger a edificação da radiação solar direta nas tardes, período crítico para essa orientação em climas quentes e úmidos como o do Rio de Janeiro.

Diferentemente de sistemas com ajuste dinâmico, os brises dessa fachada não são articuláveis, mas foram dimensionados com inclinação fixa precisa, o que garante sombreamento total das aberturas em todas as horas do dia e em todos os meses do ano. A eficiência do sistema decorre exclusivamente da geometria das aletas verticais, que bloqueiam com eficácia a radiação oblíqua do sol poente, inclusive no verão.

Quadro B 8: Carta solar com transposição do gráfico de sombras e gráfico de sombras da fachada SO (Bloco B)



Fonte: Analysis Sol- Ar 6.2 e adaptações autora

Embora exista uma moldura que contorna os brises, com projeção horizontal, sua atuação é estritamente estética, não tendo efeito relevante sobre o desempenho térmico da fachada. O gráfico de sombras confirma que a proteção integral é promovida unicamente pelos brises verticais inclinados, sem contribuição da moldura para o sombreamento efetivo.

Essa solução demonstra alto grau de adequação climática e arquitetônica, oferecendo proteção constante e passiva ao longo de todo o ano, inclusive nos períodos de maior carga térmica (outubro a fevereiro), sem depender de manutenção de mecanismos móveis ou ajustes manuais (Quadro B 8).

Comparação da eficiência de sombreamento – fachadas SO dos Blocos A e B

As fachadas sudoestes dos blocos A e B adotam estratégias distintas de sombreamento passivo, com diferenças marcantes em termos de desempenho, manutenção e confiabilidade ao longo do tempo.

No Bloco A, a fachada utiliza brises horizontais articuláveis combinados com projeções verticais fixas. O sistema foi concebido para oferecer sombreamento ajustável ao longo do ano, acompanhando a trajetória solar vespertina. No entanto, na condição atual, os brises horizontais encontram-se imobilizados em posição fixa (90°), devido à obstrução causada por aparelhos de ar-condicionado e à ausência de

manutenção dos mecanismos de articulação. Mesmo assim, o conjunto ainda proporciona sombreamento total até as 16h durante a maior parte do ano e sombreamento parcial entre 16h e 17h nas estações intermediárias, graças à atuação das projeções verticais laterais, que bloqueiam a radiação solar oblíqua. Nos meses de maio a julho, a fachada permanece totalmente sombreada ao longo de toda a tarde, evidenciando um desempenho razoável mesmo em condição estática.

No Bloco B, a fachada SO adota uma solução diferente: brises verticais fixos com aletas inclinadas, projetados para garantir sombreamento total das aberturas durante todas as horas do dia e ao longo de todos os meses do ano. A eficiência do sistema decorre exclusivamente da precisão geométrica das aletas, sem depender de articulação ou operação manual. Embora exista uma moldura horizontal envolvente, sua função é puramente estética, não contribuindo para o sombreamento. O sistema oferece proteção contínua e passiva, com desempenho consistente e sem a necessidade de manutenção complexa.

Essa comparação evidencia que, embora a fachada SO do Bloco A tenha sido concebida com maior flexibilidade, seu desempenho atual está condicionado à inoperância da articulação dos brises, o que limita sua adaptabilidade e requer ações corretivas para restabelecer sua eficiência plena. Em contrapartida, a fachada SO do Bloco B apresenta solução simples, robusta e altamente eficiente, com proteção estável ao longo de todo o ano e menor dependência de manutenção.

Conclui-se, portanto, que a fachada SO do Bloco B apresenta maior eficiência e confiabilidade no sombreamento real, graças à precisão geométrica dos brises verticais inclinados. Já a fachada SO do Bloco A, embora originalmente mais versátil, opera com desempenho reduzido na condição atual, sobretudo nos horários finais da tarde, e depende de reabilitação para atingir seu potencial projetado. A análise reforça a importância de soluções passivas que aliem eficiência geométrica, baixa dependência operacional e facilidade de manutenção para garantir desempenho térmico duradouro nas envoltórias.

ESTRATÉGIAS RECOMENDADAS PARA MELHORAR A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Diante da análise da insolação e do desempenho dos sistemas de sombreamento

existentes, algumas estratégias podem ser consideradas para aprimorar a eficiência energética do complexo:

FACHADAS NO, NEa e SEa - BLOCO A

Atualmente, o controle solar nas fachadas principais do Bloco A (NO, NEa e SEa) é realizado por persianas horizontais integradas entre as placas de vidro. Embora ofereçam privacidade e reduzam o ofuscamento, essas persianas internas não são a solução mais eficaz, pois permitem a entrada da radiação solar e podem aumentar a carga térmica no ambiente. Segundo Garcia (2019), elementos internos de controle solar podem aquecer o ar interno e dificultar a dissipação do calor. No entanto, no caso específico do Bloco A, a instalação das persianas entre duas placas de vidro atenua esse efeito, reduzindo parcialmente o ganho térmico

As proteções externas, como os brises, demonstraram ser mais eficazes na redução da carga térmica de resfriamento, pois bloqueiam a radiação antes de atingir os interiores. Além das estratégias arquitetônicas, o sombreamento natural oferecido pelo terreno arborizado contribui para reduzir a incidência direta de radiação solar sobre as fachadas NO, SEa e NEb. Ainda assim, essas fachadas sem proteção solar externa efetiva permanecem expostas à radiação direta em diferentes períodos do ano, o que compromete o desempenho térmico e aumenta a dependência de climatização artificial.

Recomenda-se:

- Avaliar a reinstalação ou incorporação de dispositivos externos de sombreamento fixos ou móveis, como brises horizontais, verticais ou combinados;
- Estudar a substituição das esquadrias existentes por sistemas de vidros de controle solar de alto desempenho;
- Considerar a instalação de películas seletivas retrocompatíveis (películas de alto desempenho térmico), como solução de curto prazo;
- Integrar soluções paisagísticas, como árvores de médio e grande porte e jardineiras elevadas;
- E, quando viável, realocar ou reconfigurar os aparelhos de ar-condicionado para viabilizar os dispositivos de sombreamento.

FACHADA NEb - BLOCO A:

Recomenda-se:

- Recuperar a articulação dos brises horizontais, permitindo ajustes entre 30° e 60°;
- Integrar o sistema articulável com os brises verticais existentes para proteção complementar nas primeiras horas do dia;
- Avaliar tecnicamente a viabilidade da intervenção considerando custos e manutenção;
- Integrar outras estratégias passivas de ventilação e controle solar.

FACHADA NE - BLOCO B

Recomenda-se:

- Substituir os brises verticais fixos por dispositivos mais eficientes e adequados à orientação;
- Avaliar a ampliação da profundidade da moldura horizontal existente;
- Reforçar a vegetação paisagística nos níveis inferiores da edificação.

FACHADA SO - BLOCO A

Recomenda-se:

- Reabilitar a articulação dos brises horizontais, com remoção ou realocação dos aparelhos de ar-condicionado;
- Manter as projeções verticais laterais existentes;
- Complementar com elementos adicionais de sombreamento fixos ou móveis e aplicar materiais de baixa absorção térmica.

FACHADA SO - BLOCO B

Recomenda-se:

- Realizar manutenção preventiva do sistema de brises verticais, assegurando alinhamento e limpeza;
- Verificar interferências externas que possam comprometer o desempenho do sombreamento;

- Utilizar materiais de baixa absorção térmica nos demais componentes da envoltória.

APÊNDICE C – Avaliações integradas de desempenho energético no contexto do método simplificado da INI-C

O PBE Edifica, iniciativa do Ministério de Minas e Energia (MME) em parceria com o INMETRO, faz parte do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) e tem como objetivo incentivar a conservação e o uso eficiente dos recursos através da classificação de eficiência energética de edificações. Ele é aplicável principalmente a:

- Novas edificações: Para que considerem os critérios de eficiência na etapa de projeto.
- *Retrofits*¹⁰: Para que as reformas sejam planejadas e executadas com padrões que promovam economia energética e sustentabilidade.

A inspeção, necessária para a emissão da etiqueta de eficiência energética, é conduzida com base nos Requisitos de Avaliação da Conformidade (RAC) (Brasil, 2022). Essa avaliação pode ser realizada por:

- Levantamento amostral: Quando os dados declarados pelo responsável técnico estão dentro dos limites de tolerância.
- Levantamento integral: Quando os dados declarados estão ausentes ou fora da tolerância aceitável

É importante destacar ainda que o PBE Edifica não determina as ações de eficiência energética (AEE) a serem adotadas, pois essas devem ser definidas previamente, a partir de um diagnóstico energético. No entanto, a INI-C orienta critérios de eficiência relacionados a diversos parâmetros da edificação que impactam diretamente os sistemas de iluminação, climatização e desempenho da envoltória. Isso permite estruturar análises comparativas e integradas que orientem a escolha de estratégias de *retrofit* mais eficazes.

Essa abordagem também pode ser comparada a métodos desenvolvidos em contextos internacionais, como o EPIQR¹¹, do programa europeu JOULE, que utiliza

¹⁰ Embora a presente pesquisa utilize o termo reabilitação para se referir a reformas que visem o aumento da vida útil (item 2.8) O termo *retrofit* é o termo utilizado na norma e que pela definição está dentro do escopo da reabilitação proposta nessa pesquisa.

¹¹ EPIQR (Energy Performance, Indoor environmental Quality and *Retrofit*), utilizando o método de cálculo da norma europeia EN 832:1998, o software facilita comparações eficazes entre o estado atual do imóvel e os cenários de reabilitação, assegurando que, mesmo com certas limitações, as diferenças relativas no consumo

a norma EN 832:1998 para simulação de cenários de *retrofit*. Ferramentas desse tipo apoiam a tomada de decisões mesmo em condições de dados limitados, ao comparar o estado atual da edificação com diferentes possibilidades de reabilitação (Lanzinha, Freitas e Gomes, 2006).

Outro exemplo é a CES chilena, que também utiliza certificações energéticas para testar estratégias de *retrofit*. Essas iniciativas demonstram como normas e métodos simplificados podem ser adaptados a diferentes contextos, promovendo eficiência energética em larga escala (Venegas *et al.*, 2023).

A INI-C prevê dois métodos principais para avaliar o consumo energético:

- Método Simplificado: Baseado em cálculos normativos, metamodelo e diretrizes pré-definidas. É prático e acessível, especialmente em contextos com restrições técnicas.
- Método de Simulação: Requer ferramentas computacionais, como o *EnergyPlus*, e permite maior flexibilidade e precisão para quantificar o projeto e inovações tecnológicas. No entanto, sua aplicação é mais custosa em termos de complexidade, capacitação técnica, recursos financeiros e tempo.

Embora o método de simulação ofereça análises mais detalhadas, o método simplificado da INI-C representa uma alternativa valiosa para análises integradas de eficiência energética, especialmente no setor público, onde muitas vezes as equipes técnicas não dispõem de capacitação para simulações avançadas.

Na avaliação da envoltória, o método simplificado pode ser considerado uma abordagem híbrida. Ele combina simulações energéticas detalhadas para treinamento e aplicação do método estatístico de redes neurais, o que possibilita análises preditivas e comparativas para o desempenho energético de edificações comerciais, de serviços e públicas. O metamodelo viabiliza avaliações simultâneas de múltiplos parâmetros como sistemas construtivos, características das aberturas, sombreamento e revestimentos de fachada (Maciel *et al.*, 2023).

Este apêndice visa explorar as vantagens e limitações do método simplificado, proporcionando uma visão geral de sua aplicabilidade prática.

ABRANGÊNCIA E UTILIZAÇÃO DO MÉTODO SIMPLIFICADO

energético entre o estado atual e as melhorias planejadas sejam precisas.

O método simplificado para a envoltória é aplicável a:

- Edificações condicionadas artificialmente cujos parâmetros construtivos estejam compreendidos entre os intervalos definidos na Tabela 6.1 da INI-C. Essa tabela especifica limites para parâmetros como absorptância solar de cobertura e parede, Ângulo de Obstrução Vizinha (AOV), Ângulo Horizontal de Sombreamento (AHS), transmitância térmica (U) de paredes, coberturas e vidros, e Fator Solar (FS) do vidro.
- Edificações ventiladas naturalmente ou híbridas, com geometria quadrada ou retangular, que sejam dos tipos escolares ou escritório, possuam espaços internos com divisão e metragem quadrada similares (variação máxima de 10%), e que tenham aberturas para ventilação em todas as áreas de permanência prolongada.

Se uma edificação não atender a um ou mais destes critérios na faixa de tolerância, a avaliação pelo método de simulação torna-se obrigatória.

A INI-C recomenda diversas situações em que o método de simulação é mandatório para a envoltória, incluindo:

- Edificações que não atendem aos limites da Tabela 6.1 do INI-C.
- Edificações que possuem aquecimento artificial.
- Edificações com aberturas zenitais acima de áreas de permanência prolongada ou quando o percentual de área zenital (PAZ) em áreas de permanência transitória ultrapassar 5%.
- Edificações naturalmente ventiladas/híbridas com tipologias diferentes de escolar ou escritório, ou que não cumpram os critérios de geometria e semelhança de espaços.
- Edificações com vidro em frente às paredes da fachada.
- Edificações com fachadas ventiladas.
- Edificações com ambientes de elevada geração de carga interna (como data centers).
- Edificações com dispositivos móveis de sombreamento interno automatizados.

- Edificações com vidros de comportamento dinâmico (como eletrocromicos) ou outras soluções de desempenho inovadoras.

Portanto, a aplicação da INI-C prevê a necessidade do método de simulação para edificações que apresentem maior complexidade arquitetônica e inovações tecnológicas cujos parâmetros estejam fora dos intervalos definidos para o método simplificado.

Para as inovações projetuais como fachadas ventiladas, dispositivos móveis de sombreamento interno automatizados e vidros de comportamento dinâmico, além de situações específicas como vidro a frente da abertura, é possível avaliar pelo método simplificado entregando uma declaração de ciência das condições de avaliação. Nessa, o solicitante declara estar ciente que a avaliação não considerara detalhadamente estas características no resultado de desempenho, que pode estar sendo considerado subestimado (Dias, 2024).

A definição dos parâmetros de entrada a serem inseridos no metamodelo incluem as questões relativas à tipologia, à divisão de zonas térmicas e características de envoltória de paredes, coberturas e aberturas, que podem ser divididos em 6 categorias como será visto a seguir:

1) Parâmetros relacionados à geometria

- a) Tipo de zona térmica, sendo perimetral quando em contato com o exterior e interna quando não houver contato entre a zona e o exterior
- b) Área total da zona térmica
- c) Pé-direito da zona térmica que é definido como a distância entre o piso e a parte inferior do teto ou forro de um ambiente.
- d) Percentual de área de abertura de fachada (PAF) que é a razão entre a soma das áreas de abertura envidraçada, ou com fechamento transparente ou translúcido, de cada fachada de uma zona térmica e a área total de fachada da mesma zona térmica. Refere-se exclusivamente às aberturas com inclinação superior a 60° em relação ao plano horizontal, tais como as janelas tradicionais, portas de vidro ou sheds, mesmo sendo estes últimos localizados na cobertura.

No metamodelo os valores limites de geometria a serem considerados de acordo

com a Tabela 6.1 do INI-C são (Quadro C 1):

Quadro C 1: Valores limite relacionados a geometria para uso no metamodelo

Parâmetros	Limites	
	Valor mínimo	Valor máximo
Percentual de área de abertura da fachada (PAF)	0,00%	80%
Pé-direito (PD)	2,60m	6,60m

Fonte: Brasil (2022)

2) Parâmetros relacionados às paredes externas

- a) Transmitância térmica¹² das paredes externas (U_{par}) ($W/m^2.k$).
- b) Capacidade térmica¹³ das paredes externas (CT_{par}) [$(kJ/(m^2.k))$]
- c) Absortância solar das paredes externas (α_{par}) [adimensional]

No metamodelo os valores limites relacionados a paredes externas a serem considerados de acordo com a Tabela 6.1 do INI-C são (Quadro C 2):

Quadro C 2: Valores limite relacionados a paredes externas para uso no metamodelo

Parâmetros	Limites	
	Valor mínimo	Valor máximo
Transmitância térmica de parede (U_{par})	0,50 $W/(m^2.K)$	4,40 $W/(m^2.K)$
Absortância solar da parede (α_{par})	0,20	0,80
Capacidade térmica da parede (CT_{par})	40,00 $KJ/(m^2.K)$	450,00 $KJ/(m^2.K)$

Fonte: Brasil (2022)

3) Parâmetros relacionados à cobertura

Da mesma forma que as paredes, os parâmetros considerados são a transmitância térmica, a capacidade térmica e a absortância (Quadro C 3)

¹² Transmissão de calor em unidade de tempo e através de uma área unitária de um elemento ou componente construtivo; neste caso, dos vidros e dos componentes opacos das paredes externas e coberturas, incluindo as resistências superficiais internas e externas, induzida pela diferença de temperatura entre dois ambientes. Para a transmitância térmica de paredes externas, adota-se o termo U_{par} ; para a transmitância térmica de coberturas, adota-se o termo U_{cob} ; e, para a transmitância térmica do vidro, U_{vid} .

¹³ Quantidade de calor necessária para variar em uma unidade a temperatura de um sistema. Para a capacidade térmica de paredes externas, adota-se o termo CT_{par} e para a capacidade térmica de coberturas adota-se o termo CT_{cob} .

Quadro C 3: Valores limite relacionados a cobertura para uso no metamodelo

Parâmetros	Limites	
	Valor mínimo	Valor máximo
Transmitância térmica de cobertura (U_{cob})	0,51 W/(m ² .K)	5,07 W/(m ² .K)
Absortância solar da cobertura (α_{cob})	0,20	0,80
Capacidade térmica da cobertura (CT_{cob})	10,00 KJ/(m ² .K)	450,00KJ/(m ² .K)

Fonte: Brasil (2022)

4) Parâmetros relacionados aos vidros e ao sombreamento

Os parâmetros relacionados ao vidro são (Quadro C 4):

- a) Fator solar¹⁴ do vidro (FS) [adimensional]
- b) transmitância térmica do vidro (U_{vid}) [W/(m².k)].

Quanto ao sombreamento é levado em consideração:

- a) ângulo horizontal de sombreamento (AHS) [°], aplicado às proteções verticais. Deve ser considerado também o ângulo de auto sombreamento da edificação, caso existente.
- b) ângulo vertical de sombreamento (AVS) [°], aplicado às proteções verticais
- c) Ângulo de obstrução vizinha (AOV) [°]. Ângulo que representa o efeito do sombreamento de uma edificação vizinha, representada por uma superfície paralela à fachada da zona térmica.

Quadro C 4: Valores limite relacionados a vidro e sombra para uso no metamodelo

Parâmetros	Limites	
	Valor mínimo	Valor máximo
Fator solar do vidro (FS)	0,21	0,87
Transmitância térmica do vidro (U_{vidro})	1,90 W/(m ² .K)	5,70 W/(m ² .K)
Ângulo de obstrução vizinha (AOV)	0,00°	80,00°
Ângulo horizontal de sombreamento (AHS)	0,00°	80,00°
Ângulo vertical de sombreamento (AVS)	0,00°	90,00°

Fonte: Brasil (2022)

¹⁴ Índice que representa a fração de ganho térmico devido à radiação solar que a abertura transmite diretamente, somada à parcela que é absorvida e reemitida pela própria abertura para o interior da edificação. O fator solar (FS), é conhecido internacionalmente como "g" (solar factor - ISO 9050) e SHGC (Solar Heat Gain Coefficient - ASHRAE fundamentals ou ANSI/NFRC 200).

5) Parâmetros relacionados aos ganhos de calor internos e externos
(Quadro C 5)

- a) Densidade de potência de iluminação¹⁵ (DPI) [W/m²].
- b) Ocupação [m²/pessoa]
- c) Densidade de potência de equipamentos¹⁶ (DPE) (W/m²)
- d) Horas de ocupação (horas /dia)
- e) Dias de ocupação (Nano) (dias)
- f) Contato com solo, sim ou não
- g) Presença de pilotis, sim ou não
- h) Exposição da cobertura, sim ou não
- i) Isolamento no piso, sim ou não

Quadro C 5: Valores limite relacionados aos ganhos de calor para uso no metamodelo

Parâmetros	Limites	
	Valor mínimo	Valor máximo
Densidade de potência de equipamento (DPE)	4,00 W/m ²	40,00 W/m ²
Densidade de potência de iluminação (DPI)	4,00 W/m ²	40,00 W/m ²

Fonte: Brasil (2022)

6) Parâmetros relacionados ao clima

- a) Na interface web, escolher a cidade ou a cidade próxima onde a edificação se localizada.

ENVOLTÓRIA E ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS

A envoltória compreende todas as superfícies da edificação em contato com o exterior, configurando os fechamentos que separam os ambientes internos do meio externo. Considera-se como superfície externa toda aquela situada acima do nível do solo, funcionando como a "pele" do edifício.

¹⁵ Razão entre o somatório da potência de lâmpadas e reatores instalados e a área de um ambiente ou zona térmica

¹⁶ Razão entre o somatório da potência média de equipamentos instalados- considerando o tempo de uso – e a área de um ambiente ou zona térmica

O desempenho da envoltória, conforme o INI-C, classifica a eficiência energética que é relacionada com as estratégias bioclimáticas, demonstrando sua relação com o clima local. Parâmetros como orientação solar, permeabilidade ao ar, controle da radiação em elementos transparentes, absorvância solar de paredes e coberturas e transmitância térmica dos materiais são essenciais para o balanço térmico-energético da edificação. A envoltória, como principal responsável pelos ganhos de carga térmica, é composta por paredes, coberturas e esquadrias, sendo influenciada por características como área, pé-direito, implantação e forma de ocupação (Brasil, 2021).

O projeto arquitetônico deve ser orientado com base em estratégias passivas, voltadas ao conforto térmico. Por outro lado, o INI-C, que substitui o RTQ-C, avalia o desempenho considerando o uso real da edificação, inclusive com sistemas ativos de climatização. Assim, estratégias como massa térmica, sombreamento, isolamento e ventilação noturna devem ser analisadas em função do modo de ocupação e operação da edificação, com foco na eficiência energética global.

Abaixo, são apresentadas as principais estratégias bioclimáticas aplicadas à envoltória, com seus parâmetros de projeto, e observações sobre a viabilidade de sua avaliação pelo método simplificado do INI-C.

Controle de ganhos térmicos pela envoltória opaca

Isolamento térmico da envoltória

a) Parâmetros do projeto

A transmitância térmica (U) representa a facilidade de transferência de calor através de um componente construtivo. A NBR 15220, Parte 2¹⁷, apresenta os métodos de cálculo para sistemas construtivos de coberturas e paredes.

a) Discussão sobre as estratégias bioclimáticas

A escolha das estratégias de isolamento térmico varia significativamente conforme o tipo de uso e climatização do edifício. Em projetos com abordagem passiva, o isolamento visa principalmente impedir o ganho excessivo de calor durante o dia e

¹⁷ A norma NBR 15220-3 foi atualizada em 2022 com nova categorização das zonas bioclimáticas. Na atualização não foi contemplada a indicação de estratégias bioclimáticas conforme a zona bioclimática, como ocorre na NBR 15220-3 de 2005. A cidade do Rio de Janeiro na NBR 15220-3 (2005) é enquadrada na zona bioclimática 08, enquanto na NBR 15220-3 (2022) é enquadrada na Zona bioclimática 4A Levemente quente e úmida.

permitir a dissipação térmica à noite, geralmente combinando-se com estratégias de ventilação natural. Já em edificações condicionadas artificialmente, como as avaliadas pelo INI-C, o isolamento atua como barreira constante contra os fluxos de calor indesejados, reduzindo a demanda por resfriamento e aumentando a eficiência dos sistemas de climatização.

Na zona bioclimática em questão, o objetivo é minimizar os fluxos de calor entre interior e exterior, o que inclui tanto os ganhos de calor oriundos do ambiente externo quanto as perdas de calor do ambiente interno. Especificamente, busca-se reduzir as trocas térmicas por condução, isto é, a transferência de calor através dos elementos sólidos da envoltória, como paredes, coberturas e esquadrias, contribuindo assim para manter a estabilidade térmica dos ambientes internos. O isolamento é particularmente relevante em coberturas e fachadas expostas ao sol.

b) Condições de avaliação pelo método simplificado do INI-C

É possível representar o isolamento térmico da envoltória por meio da transmitância térmica (U), que indica quanto calor passa por um material em determinado tempo. No entanto, esse parâmetro isolado da combinação com os demais não caracteriza devidamente como diferentes materiais e sistemas se comportam ao longo do dia.

Algumas paredes esquentam mais rápido e outras mais devagar, dependendo de sua capacidade térmica — ou seja, da quantidade de calor que conseguem armazenar antes de transferi-lo para o interior. Paredes com alta capacidade térmica tendem a se aquecer lentamente e mantêm a temperatura interna mais estável, enquanto as paredes com baixa capacidade térmica mais rapidamente, transmitindo esse calor mais cedo para o ambiente.

O modelo simplificado do INI-C inclui a capacidade térmica como parâmetro de entrada, permitindo sua manipulação e avaliação em diferentes cenários. No entanto, como se trata de um metamodelo estatístico, ele não permite visualizar o comportamento térmico ao longo do tempo, como o perfil horário de temperatura ou de carga térmica (Leite e Hackemberg, 2020). Assim, embora o efeito da inércia térmica seja considerado, a análise qualitativa do amortecimento térmico ao longo do tempo é limitada. Além disso, o modelo não diferencia explicitamente estratégias construtivas distintas que resultem em valores semelhantes de U , mas com desempenhos térmicos diferentes ao longo do dia (Leite e Hackemberg, 2020). Por

isso, sempre que o isolamento térmico for uma estratégia crítica para o desempenho da edificação, recomenda-se a adoção de transmitância térmica baixa, como $1,0 \text{ W/m}^2\text{.K}$. Por exemplo o sistema construtivo com composição de telha metálica térmica com Poliuretano 4cm + câmara de ar + laje maciça 10cm + câmara de ar + gesso, que possui transmitância de $0,55 \text{ W/m}^2\text{.K}$. Os métodos de cálculo foram atualizados através da NBR 15.220 (ABNT, 2022), e estão em fase de atualização dos valores pelo novo método em alguns materiais disponibilizados.

Absortância solar

a) Parâmetros do projeto

A absortância solar mede a fração de radiação solar absorvida pela superfície externa de um elemento. Valores elevados resultam em maior aquecimento superficial e maior ganho de calor para o interior. Para zona bioclimática em questão são recomendados valores baixos de absortância solar (como 0,30) para coberturas expostas.

b) Discussão sobre as estratégias bioclimáticas

Devido à alta incidência solar no Rio de Janeiro, é essencial o uso de materiais de cobertura e fachada com baixa absortância, como tintas claras ou materiais refletivos, que ajudam a reduzir os ganhos térmicos.

c) Condições de avaliação pelo método simplificado do INI-C

A absortância solar é um dos parâmetros considerados pelo metamodelo do INI-C. No entanto, o modelo apresenta limitações importantes: não diferencia materiais com comportamento dinâmico de superfície, como os que combinam alta refletância com alta emissividade, e tampouco considera o envelhecimento ou as condições de manutenção da superfície ao longo do tempo, especialmente em coberturas expostas.

Por exemplo, algumas membranas termoplásticas utilizadas em coberturas (como TPO) apresentam emissividade elevada, permitindo que dissipem rapidamente o calor absorvido, mesmo com refletância solar apenas moderada. No entanto, como o modelo simplificado do INI-C considera apenas a absortância solar, ele não distingue esse tipo de desempenho, o que pode levar a avaliações subestimadas em superfícies com comportamento térmico mais complexo.

Controle da radiação solar em superfícies envidraçadas

Orientação Solar

a) Parâmetros do projeto

Recomenda-se que o edifício seja implantado sobre o eixo leste/oeste, com as maiores faces voltadas para norte e sul, minimizando as fachadas leste e oeste, conforme os Quadros de Mahoney¹⁸.

b) Discussão sobre as estratégias bioclimáticas

Na Zona em questão, as fachadas leste e oeste recebem radiação solar mais intensa pela manhã e no final da tarde, tornando-se críticas do ponto de vista do conforto térmico. A fachada norte, por sua vez, recebe maior radiação no inverno e menos no verão, o que favorece sua ocupação com ambientes de permanência prolongada. Já a orientação sul tende a ser mais protegida da radiação direta.

c) Condições de avaliação pelo método simplificado do INI-C

Desde que observadas as limitações indicadas no item 4.2, é possível representar a influência da orientação da edificação sobre o desempenho energético no modelo simplificado, embora essa representação se limite à geometria da envoltória, sem captar os efeitos climáticos mais amplos relacionados à disposição funcional dos ambientes ou ao comportamento sazonal da radiação solar.

Por isso, embora o modelo simplificado seja útil para avaliações, recomenda-se complementá-lo com simulações mais detalhadas quando pertinente quando a segmentação por zonas térmicas representar papel relevante para o desempenho da edificação.

Proteção Solar

a) Parâmetros do projeto

A proteção solar deve ser dimensionada considerando latitude, época do ano e

¹⁸ Os Quadros de Mahoney são uma ferramenta de projeto bioclimático desenvolvida nas décadas de 1950 e 1960 para auxiliar na definição de diretrizes arquitetônicas em climas tropicais e subtropicais. A partir de dados climáticos básicos — como temperatura, umidade e precipitação — os quadros fornecem recomendações sobre orientação da edificação, dimensionamento e posicionamento de aberturas, necessidade de sombreamento, uso de massa térmica, entre outros aspectos. Sua aplicação busca promover o conforto térmico de forma passiva e influenciou abordagens posteriores, inclusive na definição de zonas bioclimáticas como as adotadas pela NBR 15220.

período diário de maior incidência solar. O INI-C avalia proteções por meio dos parâmetros AVS, AHS e AOV (ângulos vertical, horizontal e de obstrução). Não há definição de valores ideais dos ângulos, mas sim verificação de sua influência no sombreamento da envoltória através do resultado do desempenho térmico.

b) Discussão sobre as estratégias bioclimáticas

No clima quente e úmido do Rio de Janeiro, o sombreamento é essencial para reduzir os ganhos térmicos em superfícies transparentes. Deve-se priorizar proteções externas (fixas ou móveis) nas fachadas leste e oeste, onde o ganho solar é mais intenso. O uso de brises, venezianas, películas e dispositivos ajustáveis deve ser aliado ao controle do ofuscamento e à manutenção da iluminação natural.

c) Condições de avaliação pelo método simplificado do INI-C

O modelo simplificado do INI-C permite representar a presença de dispositivos de proteção solar por meio dos ângulos de sombreamento — vertical (AVS), horizontal (AHS) e de obstrução vizinha (AOV). Esses parâmetros permitem estimar o impacto do sombreamento no desempenho térmico da edificação. No entanto não diferencia os tipos de brises (fixos, móveis, verticais ou horizontais), tampouco considera seu comportamento dinâmico ao longo do dia, sendo indicado complementação através de máscaras de sombra para verificar a eficácia dos elementos de proteção.

O metamodelo é baseado em condições médias e estáticas, não refletindo adequadamente a variabilidade de operação desses dispositivos. Portanto, embora seja possível incluir proteções solares na avaliação, estas são simplificadas, especialmente em edificações onde o sombreamento exerce papel fundamental e dinâmico no controle térmico.

No que se refere à utilização de películas e persianas, ambas podem ser consideradas no método simplificado, embora com limitações. As películas, quando fixas e instaladas de forma permanente, podem ser incorporadas à análise por meio da alteração do Fator Solar (FS) do vidro. Se o novo valor de FS, resultante da aplicação da película, estiver dentro dos limites estabelecidos pelo metamodelo, sua avaliação é possível.

Já as persianas podem ser consideradas indiretamente por meio dos ângulos de sombreamento horizontal (AHS) e vertical (AVS), desde que esses valores sejam estáticos. No entanto, essa abordagem não representa de forma fidedigna o

desempenho dinâmico desses dispositivos de sombreamento ao longo do tempo, o que compromete a precisão da análise (Felippe *et al.*, 2023; Souza, 2024).

Vidros de baixa transmitância térmica e solar

a) Parâmetros do projeto

A orientação, área e tipo de vidro influenciam fortemente os ganhos térmicos. Vidros simples, fumê, verdes, refletivos ou insulados possuem diferentes níveis de transmitância térmica e fator solar. A adição de películas pode melhorar o desempenho sem substituir os caixilhos existentes. Vidros duplos também contribuem para o conforto acústico e térmico.

b) Discussão sobre as estratégias bioclimáticas

Na zona bioclimática em questão, recomenda-se o uso de vidros com baixo fator solar e baixa transmitância térmica, especialmente nas fachadas mais expostas à radiação. Eles contribuem para reduzir a carga térmica sem comprometer a iluminação natural.

c) Condições de avaliação pelo método simplificado do INI-C

O modelo simplificado permite a inserção dos valores de transmitância térmica e fator solar dos vidros. No entanto, limita-se à consideração de valores estáticos e médios por zona térmica e não contempla alterações sazonais ou estratégias de controle adaptativo (ex: cortinas automatizadas).

Ventilação cruzada

a) Parâmetros do projeto

A ventilação cruzada é recomendada para climas quentes e períodos quentes de climas temperados, como o sul do Brasil. Não existe uma especificação geral para o PAFT de edifícios públicos, sendo recomendada grandes aberturas para ventilação natural (como 40% da área de piso). O projeto das esquadrias externas e internas deverá permitir que o edifício seja permeável à passagem de ar. Devem ser previstas aberturas em paredes opostas ou adjacentes para permitir a passagem da ventilação natural.

b) Discussão sobre as estratégias bioclimáticas

A ventilação cruzada é uma estratégia relevante para o conforto térmico em climas

quentes e úmidos como o do Rio de Janeiro. Além de contribuir para a redução da temperatura interna, favorece a renovação e a qualidade do ar. O aproveitamento da ventilação natural pode levar a ganhos expressivos de eficiência energética, também integrado com ventilação mecânica, especialmente na redução da carga dos sistemas de climatização.

c) Condições de avaliação pelo método simplificado do INI-C

O modelo simplificado do INI-C considera a ventilação natural por meio de parâmetros geométricos, como a razão entre a área de aberturas e a área de piso, além da posição relativa das aberturas para permitir ventilação cruzada. No entanto, ele não contempla variáveis como direção predominante dos ventos, obstruções externas ou comportamento dinâmico da ventilação ao longo do tempo. Assim, embora a estratégia possa ser representada no modelo, sua eficácia real pode ser subestimada ou superestimada em função dessas simplificações, sendo recomendável a complementação com simulações específicas em projetos onde a ventilação natural seja um aspecto determinante (Felippe *et al*, 2023; Pimentel *et al*, 2020).

Inércia térmica

a) Parâmetros do projeto

Na Zona Bioclimática em questão o uso de componentes com alta capacidade térmica não é recomendado. O objetivo é evitar o acúmulo de calor nos elementos da envoltória durante o dia, especialmente quando não há ventilação noturna para dissipá-lo.

Assim, o atraso térmico e a capacidade térmica são parâmetros de projeto que traduzem o comportamento desejado quanto à inércia térmica, sendo limitado para favorecer uma rápida resposta térmica dos componentes construtivos. O atraso térmico sintetiza o efeito combinado da capacidade térmica, densidade, espessura e condutividade térmica de um elemento construtivo.

Já a capacidade térmica avalia a massa térmica dos sistemas construtivos, capaz de amortecer variações de temperatura, especialmente em edifícios com climatização artificial.

Isso evidencia que o uso da inércia térmica deve ser analisado em função do modo

de uso da edificação, do clima local e das estratégias de ventilação e sombreamento adotadas.

b) Discussão sobre as estratégias bioclimáticas

Em regiões de clima quente e úmido como o Rio de Janeiro, recomenda-se, em geral, o uso de materiais com baixa inércia térmica, pois esses materiais aquecem e resfriam rapidamente, evitando o acúmulo de calor e favorecendo o conforto térmico quando há ventilação natural noturna eficiente. No entanto, em edifícios climatizados durante o dia e sem ventilação natural à noite, essa estratégia pode se tornar desfavorável. Nesses casos, a edificação tende a superaquecer rapidamente com qualquer ganho térmico, exigindo maior esforço dos sistemas de ar-condicionado.

A adoção de materiais com maior inércia térmica pode contribuir para uma temperatura interna mais estável ao longo do dia, mas sua implementação em edifícios existentes costuma ser limitada. Aumentar a massa térmica de uma edificação construída geralmente exige intervenções estruturais complexas, como a adição de camadas de materiais densos no piso, nas paredes ou nos forros, o que pode ser inviável por questões de sobrecarga, espaço interno, tempo de obra ou custo. Por isso, é fundamental avaliar caso a caso a real viabilidade dessa estratégia.

Mesmo que se opte por manter ou reforçar a inércia térmica existente, é essencial adotar medidas complementares que potencializem seu efeito e minimizem os ganhos térmicos externos, como o isolamento térmico da envoltória, o uso de proteções solares e utilização de vidros de baixo fator solar.

Essas soluções são de aplicação mais viável em projetos de *retrofit* e contribuem significativamente para o desempenho térmico e a eficiência energética dos edifícios em operação.

c) Condições de avaliação pelo método simplificado do INI-C

O método simplificado do INI-C permite a consideração da capacidade térmica da envoltória por meio do parâmetro de capacidade térmica dos sistemas construtivos, representando a massa térmica atuante em contato com a zona térmica. No entanto, o modelo não avalia o comportamento dinâmico da inércia térmica em função do perfil de uso e da ventilação noturna, nem diferencia o desempenho entre componentes com mesma capacidade térmica, mas com posicionamento ou

materialidade distintos. Por isso, sua aplicação deve ser vista como uma estimativa e, quando a investigação da estratégia de inércia térmica for essencial para o desempenho do edifício, recomenda-se a adoção de simulação energética.

OUTROS ASPECTOS ABORDADOS PELA INI-C

Além da envoltória, a INI-C avalia outros aspectos relevantes para o desempenho energético do edifício como sistema de iluminação e climatização, além de itens complementares como emissões de dióxido de carbono, uso racional de água em edificações e geração fotovoltaica em edificações.

Ainda que o foco desta pesquisa seja a envoltória, a consideração desses elementos é útil para compreender o escopo da INI-C e as limitações de sua aplicação em contextos reais.

No que se refere à iluminação, a avaliação classifica a eficiência energética pelos métodos de simulação ou simplificado, para obter o consumo de iluminação da edificação em relação a condição de referência, aferindo o percentual de redução do consumo do sistema de iluminação. O método simplificado considera a presença de sensores, a eficiência das lâmpadas e a forma de controle da iluminação artificial. Os critérios de elegibilidade para classe A englobam contribuição de luz natural, controle local, e desligamento automático do sistema de iluminação.

A avaliação do sistema de condicionamento de ar baseia-se em informações declaradas e de projeto quanto os tipos de equipamentos e suas eficiências, para obter o consumo de climatização em relação a referência, para o percentual de redução do consumo do sistema de climatização. Pode ser avaliado pelo método simplificado ou de simulação. Os critérios de elegibilidade dependem do tipo de sistema de condicionamento do edifício.

Para tipologias de uso que possuem consumo de energia considerável para demanda de água quente, é calculado o consumo de energia do aquecimento de água e os critérios de elegibilidade que incluem automação do sistema de recirculação e de isolamento térmico de tubulações e reservatórios.

A etiqueta gerada possui informações complementares como estimativa de Emissões de dióxido de carbono e percentual de economia de água quando implementadas estratégias de racionalização do consumo de água. Para edificações

com geração local de energia renovável é calculado o potencial de geração de energia enquadrando o edifício em Edificação de energia quase zero (NZEB) ou edificação de energia positiva (EEP) quando aplicável.

CONSIDERAÇÕES SOBRE O MÉTODO SIMPLIFICADO

O método simplificado do INI-C oferece uma alternativa acessível para a avaliação da eficiência energética de edificações, especialmente no contexto do serviço público. O metamodelo, baseado em simulações paramétricas, permite estimar o impacto da envoltória no consumo de energia com base em variáveis como transmitância térmica, absorptância, sombreamento e ventilação.

Contudo, sua aplicação apresenta limitações relevantes. Essas limitações, como a representação simplificada da orientação solar e das trocas térmicas ao longo do tempo, podem ser significativamente superadas pelo uso do método por simulação dinâmica previsto na própria INI-C (Brasil, 2022). Esse método permite considerar variáveis climáticas horas a hora, interação entre os ambientes internos e externos, comportamento real de sombreamento e ventilação, e uso real da edificação, oferecendo uma base mais precisa para decisões de *retrofit* e de projeto.

Enquanto a transmitância térmica (U) é um indicador útil para análises normativas e métodos simplificados, ela não substitui a capacidade de predição e detalhamento das simulações dinâmicas, especialmente para avaliar elementos construtivos com desempenho variável ao longo do tempo, como os ventilados. A própria INI-C reconhece essas limitações e prevê, como alternativa, o uso do método por simulação detalhada, baseado em ferramentas computacionais reconhecidas, para garantir maior precisão na avaliação do desempenho térmico e energético da edificação.

O metamodelo apresenta simplificação no efeito dinâmico da massa térmica interna, o desempenho de proteções solares móveis ou a atuação de materiais com propriedades térmicas combinadas. Isso é especialmente relevante no caso de superfícies que combinam alta refletância com alta emissividade, como ocorre em coberturas com tratamento refletivo ou telhas pintadas com tinta branca de alta emissividade. Nessas situações, a superfície não apenas reflete grande parte da radiação solar, mas também emite rapidamente o calor absorvido, o que reduz significativamente os ganhos térmicos por condução. O modelo simplificado, ao

considerar apenas a absorvência solar como valor fixo, não capta esse comportamento sinérgico e dinâmico, podendo superestimar os ganhos térmicos reais dessas soluções. Além disso, opera dentro de intervalos predefinidos (como capacidade térmica entre 0,22 e 450 kJ/m².K), que refletem os limites estatísticos do modelo.

No setor público, onde a contratação de simulações completas nem sempre é viável, recomenda-se fomentar a capacitação das equipes técnicas para aplicação adequada do método simplificado. Além disso, é importante estabelecer parâmetros mínimos para qualificação dos dados de entrada e promover o uso complementar de levantamentos, diagnósticos e registros operacionais que enriqueçam a interpretação dos resultados obtidos para uso adequado do método simplificado.

O método simplificado se apresenta como uma ferramenta estratégica para o setor público, especialmente em contextos com restrições de recursos. No entanto, seu uso deve estar alinhado a uma abordagem crítica e complementar, considerando as limitações do modelo e a necessidade de apoio técnico para interpretações adequadas dos resultados.

No entanto, é fundamental utilizá-lo com rigor técnico, complementando-o, sempre que possível, com diagnósticos energéticos e diretrizes técnicas adaptadas à realidade de uso de cada edificação.

EXEMPLO DE EDIFICAÇÃO EM SUA CONDIÇÃO REAL AVALIADA NA TESE

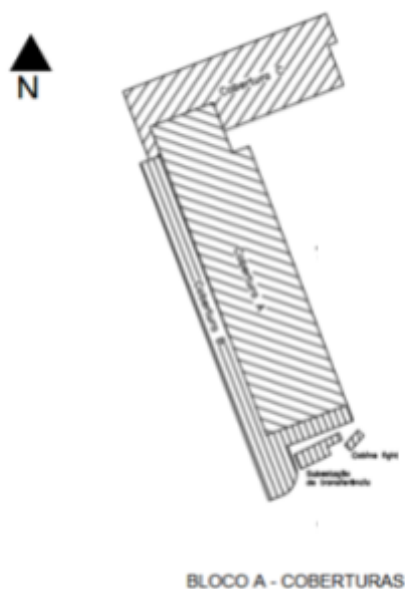
Tomando como exemplo um dos edifícios que compõem o complexo do IBGE analisado nesta pesquisa é possível tecer alguns comentários com relação às limitações de avaliação integrada pelo método simplificado.

As propriedades térmicas dos componentes construtivos da envoltória foram estimadas com base em informações fornecidas por terceiros ou, em alguns casos, por aproximações plausíveis de acordo com os sistemas construtivos utilizados na época da construção. Essas estimativas foram assumidas como pertinentes devido à ausência de documentação comprobatória e à impossibilidade de realizar perfurações nas paredes do edifício para verificação direta.

A cobertura do edifício é composta por 3 níveis ("A", "B e "C"), conforme Figura C 1.

As coberturas “A” e “B” são executadas em lajes de concreto armado impermeabilizadas e a cobertura “C” mantém as características originais da construção, sendo executada em laje nervurada com enchimento de tijolo cerâmico coberta com telhas de amianto.

Figura C 1: Coberturas Bloco A



Fonte: Processo interno IBGE

Os quadros C 6 e C7 apresentam as características dos componentes construtivos da envoltória bem como as características de absorção solar de cada fachada.

Quadro C 6: Características térmicas dos componentes construtivos da envoltória

	Componentes construtivos envoltória	Capacidade Térmica~(U) (kJ/m²K)	Transmitância Térmica (W/m²K)
Parede externas (*)	Argamassa (2,5cm) / Tijolo cerâmico maciço 9x6X19cm (9 cm) / Argamassa (2,5 cm)	$CT_{par} = 258 \text{ kJ/m}^2\text{K}$	$U_{par} = 3,2 \text{ W/m}^2\text{K}$
Cobertura "A"	Argamassa (2,5 cm) / Poliestireno expandido (EPS) (3cm) / Concreto maciço (10 cm)	$CT_{cobA} = 291,5 \text{ kJ/m}^2\text{K}$	$U_{cobA} = 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$
Cobertura "B"	Argamassa (2,5 cm) / Poliestireno expandido (EPS) (3cm) / Concreto maciço (10 cm)	$CT_{cobA} = 291,5 \text{ kJ/m}^2\text{K}$	$U_{cobA} = 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$
Cobertura "C" (**)	Telha fibrocimento (0,8 cm) / Fluxo descendente / Laje nervurada sem preenchimento (22,5 cm)	$CT_{cobC} = 60,4$	$U_{cobC} = 1,7$
Limites método simplificado	Parede	40 a 450 kJ/m²K	0,5 a 4,4 W/m²K
	Cobertura	10 a 450 kJ/m²K	0,51 a 5,07 W/m²K
Vidros	Vidro simples, incolor, 6mm	$FS_{vidro} = 0,87$	$U_{vidro} = 5,7$
Limites método simplificado		0,21 a 0,87	1,9 a 5,7

Fonte: Autora

(*) A utilização de alvenaria cerâmica com tijolos maciços não foi confirmada in loco; no entanto, essa referência foi adotada por ser o padrão construtivo predominante para paredes externas na época da construção.

(**) A cobertura "C" do Bloco A mantém as características originais da construção, sendo executada em laje nervurada com enchimento de tijolo cerâmico. No entanto, para simplificação dos cálculos de propriedades térmicas, optou-se por considerar a laje nervurada sem enchimento, uma vez que a plataforma *ProjetEEE* oferecia apenas duas opções de cálculo: com ou sem EPS. Assim, as propriedades térmicas adotadas se aproximam mais da laje sem EPS.

Além disso, para as telhas, utilizou-se como referência a telha de fibrocimento, pois era a opção disponível na plataforma. No entanto, a telha existente ainda é de amianto, cuja comercialização foi proibida pelo Supremo Tribunal Federal (STF) em 2017 devido aos riscos cancerígenos desse material.

Quadro C 7: Características da absorção solar da envoltória

ID revestimento	Imagem do revestimento no edifício construído	Absorção solar (α)	Localização
ABS-01 Pintura bege		39,0%	Fachada SO, SEb e NEb
ABS-02 Pintura marrom		66,0%	Fachada SE NEa e SEb
ABS-03 Mármore travertino cor bege		44,9%	Fachada NO, SEa, NEa

Fonte: Autora

São apontadas questões como:

Que o PAF real é variável e relevante, e atende ao método simplificado uma vez que seu valor está abaixo do limite aceitável até 0,8, pois configuram aberturas de tamanho médio (não configura pele de vidro). No método simplificado o levantamento é considerado por zona térmica enquanto no método antigo RTQ-C era considerado por fachada e por orientação.

Os brises, têm papel crítico, mas não são considerados na sua forma articulável; (b) A transmitância térmica e demais características dos materiais da envoltória real estão dentro dos parâmetros exigidos.

Alguns comentários sobre AEE sugeridas e passíveis ou não de análise pelo método

simplificado seguem destacados no quadro a seguir:

Quadro C 8: Comentários sobre AEE sugeridas e passíveis ou não de análise pelo método simplificado

AEE	Possibilidade de análise	Limitações
Reativação dos brises articuláveis da fachada com verificação de viabilidade de substituição da proteção existente por outras mais eficientes	sim (com limitações).	Será considerado o ângulo de sombreamento fixo, de maneira estática. Esta limitação é relevante caso o dispositivo seja operável, porque possibilitaria avaliação no caso de ajuste do brise de acordo com o horário e estação do ano.
Substituição dos vidros por modelos de maior eficiência térmica	Sim	
Instalação de películas de alto desempenho térmico nos vidros das esquadrias	Sim, considerado através do fator solar da película	
Aproveitamento de vegetação para sombreamento natural	Não, somente por simulação (DIAS, 2016)	
Aproveitamento das obstruções arquitetônicas para sombreamento natural	Sim, considerado através dos ângulos de sombreamento	
Pintura das superfícies da fachada com revestimentos de baixa absortância	Sim, considerada nas absortâncias das zonas térmicas	
Aproveitamento da ventilação natural	Sim, (com limitações), a análise nesse caso é realizada indiretamente através do PHOCT de ambientes naturalmente ventilados. (Felippe et al, 2023; Pimentel et al., 2020).	A avaliação da ventilação natural pelo método simplificado em edificações condicionadas configura-se como uma análise complementar, sujeita a restrições de uso que limitam sua aplicabilidade. Diante dessas limitações, a utilização de simulações computacionais é recomendada, por permitir uma análise mais precisa e abrangente do desempenho da edificação.
Reorganização dos ambientes internos para otimização do zoneamento térmico ¹⁹	Sim, indiretamente conforme a função do ambiente pela redução da carga térmica (Souza e Medeiros, 2024; Felippe et al., 2023)	
Impermeabilização da cobertura com soluções refletivas ou isolantes térmicas	Sim	
Substituição de telhas com melhor desempenho termoacústico	Sim	
Substituição do sistema elétrico e de iluminação	Sim	
Implementação de automação predial	Não para envoltória. Sim, parcialmente nos sistemas de iluminação, condicionamento de ar, aquecimento de água.	Automação considerada em alguns critérios prescritivo de sistemas, não considera automação com efeito dinâmico para aferição do desempenho.
Redução do reuso de água bombeada por meio da captação e tratamento de águas pluviais.	Sim	Através do item de uso racional de água (apenas avaliado pelo método prescritivo na INI-C).
Instalação de placas fotovoltaicas	Sim	Através do item geração local de energia renovável.

Fonte: Autora

CONCLUSÃO – Apêndice C

No que se refere à aplicabilidade do método simplificado ao edifício analisado,

verifica-se que ele se enquadra nos limites estabelecidos pelo metamodelo, uma vez que os parâmetros do projeto permanecem dentro da faixa permitida. Além disso, o edifício não apresenta aberturas zenitais nem adota sistemas de inovação, o que reforça a viabilidade de avaliação por esse método.

Em relação às ações de eficiência energética (AEE) propostas, observa-se que, no contexto específico do estudo, praticamente todas são compatíveis com o método simplificado. As exceções referem-se à automação predial, ao efeito sazonal decorrente da articulação de brises. Ambas apresentam impacto reduzido no contexto do serviço público: no caso da automação, em razão das limitações de manutenção e da simplicidade dos parâmetros considerados no metamodelo. Isso significa que, uma vez contratada, a automação tende a proporcionar economias de energia significativamente superiores às aquelas previstas no método.

Quanto ao sombreamento natural por vegetação, é uma estratégia que contribui na melhoria do desempenho térmico e pode otimizar a qualidade da iluminação natural (provendo maior iluminação difusa nos ambientes). É considerada de forma detalhada no método de simulação, e subestimada no método simplificado.

Por fim, ressalta-se que, embora o método simplificado ofereça uma alternativa prática para avaliação de desempenho energético, sua aplicação exige conhecimento técnico especializado — razão pela qual este apêndice foi elaborado com base em análise criteriosa das diretrizes técnicas e normativas que orientam seu uso.

APÊNDICE D – Dados de entrada para a equação de benchmarking

Edifício: Complexo Canabarro / IBGE

Estado: RJ

Cidade: Rio de Janeiro

Data de início: janeiro, 2019

Data de fim: dezembro, 2019

Quadro D 1: Valores da edificação:

Atotal (m2)	8.918,18
Acond (m2)	6998,89
Aest (m2)	0
Ailu (m2)	5787,75
Qcpd (kwh)	1134319
N (pessoas)	200
T(%)	100
Dados do consumo	mensal
Dados climáticos	TRY
Gerador(sim/não)	não

Fonte: Autora

Quadro D 2: Dados mensais:

Mês	GHRI (mensal)	Consumo (kwh/mês)
1	2651,4	242.310,00
2	1756,1	213.409,00
3	2356,1	230.300,00
4	1188,8	208.435,00
5	693,3	210.701,00
6	358,9	174.152,00
7	417,4	176.933,00
8	605,9	182.859,00
9	886,2	178.905,00
10	876,5	166.911,98
11	1459	176.535,35
12	1575,3	189.190,00
Total	14.833,9	2.350.641,33

Fonte: Autora