UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA SEGUNDO A INI-C DA BIBLIOTECA PÚBLICA EPIPHANIO DÓRIA EM ARACAJU-SE

RAFAEL FREIRE SANTOS

São Cristóvão-SE
2026

RAFAEL FREIRE SANTOS

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA SEGUNDO A INI-C DA BIBLIOTECA PÚBLICA EPIPHÂNIO DÓRIA EM ARACAJU-SE

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil como requisito final do mestrado.

Orientador (a): Prof. Dr. Pedro Vitor Sousa Ribeiro

São Cristóvão-SE
2026

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE

Santos, Rafael Freire
S237a Avaliação da eficiência energética segundo a INI-C da biblioteca pública Epiphânio Dória em Aracaju-SE / Rafael Freire Santos ; orientador Pedro Vitor Sousa Ribeiro.. - São Cristóvão, 2026.
183 f. : il.

Dissertação (mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Sergipe, 2026.

1. Bibliotecas públicas. 2. Normas técnicas (Engenharia). 3. Iluminação elétrica. I. Ribeiro, Pedro Vitor Sousa Orient. II. Título.

CDU 628:027.4

RAFAEL FREIRE SANTOS

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA SEGUNDO A INI-C DA BIBLIOTECA PÚBLICA EPIPHÂNIO DÓRIA EM ARACAJU-SE

Defesa de dissertação em: 27/08/2026

_____

Professor Doutor Pedro Vitor Sousa Ribeiro
Orientador - PROEC/UFS

_____

Professora Doutora Débora de Gois Santos
Examinadora interna - PROEC/UFS

_____

Professor Doutor André Valmir Saugo Ribeiro
Examinador externo ao Programa

_____

Professora Doutora Andréa Coelho Laranja
Examinadora externa à Instituição-UFES

São Cristóvão/SE
2026

RESUMO

A eficiência energética em edificações públicas é um tema de crescente relevância, especialmente em edifícios de valor histórico e arquitetônico, nos quais a modernização dos sistemas deve ser compatibilizada com a preservação de suas características existentes. Nesse contexto, a avaliação dos sistemas de iluminação deve conciliar consumo de energia e qualidade luminosa dos ambientes. Esta pesquisa tem como objetivo avaliar o sistema de iluminação elétrica da Biblioteca Pública Epiphanio Dória (BPED), em Aracaju-SE, segundo o Método Simplificado da Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (INI-C) e a ABNT NBR ISO/CIE 8995-1, verificar a possibilidade de obtenção da Classe A e propor melhorias de desempenho energético e luminoso. A pesquisa foi desenvolvida em cinco etapas: revisão bibliográfica e documental; levantamento arquitetônico e do sistema de iluminação; avaliação energética pela INI-C; avaliação do desempenho luminoso pela ABNT NBR ISO/CIE 8995-1; e proposição de um cenário otimizado. O cenário atual, embora reduza o consumo em 86,7% frente à condição de referência, não atende aos critérios de controle da iluminação da INI-C e permanece na Classe B. O cenário proposto (redução de 79,4%) atende a esses critérios com circuitos independentes por ambiente, alcança a Classe A e eleva a conformidade com a ABNT NBR ISO/CIE 8995-1 de 4,4% para 97,1% dos ambientes avaliados. Conclui-se que a modernização é tecnicamente viável e depende da renovação das fontes luminosas, da redistribuição das luminárias e de estratégias de controle e integração com a luz natural.

Palavras-chave: Biblioteca Pública Epiphanio Doria; INI-C; NBR 8995-1; Iluminação Artificial; Eficiência Energética.

ABSTRACT

Energy efficiency in public buildings is a topic of growing relevance, especially in buildings of historical and architectural value, in which system modernization must be reconciled with the preservation of their existing characteristics. In this context, the evaluation of lighting systems must reconcile energy consumption and the luminous quality of interior spaces. This research aims to evaluate the electric lighting system of the Epiphanio Dória Public Library (BPED), in Aracaju-SE, Brazil, according to the Simplified Method of the Inmetro Normative Instruction for the Energy Efficiency Classification of Commercial, Service, and Public Buildings (INI-C) and the Brazilian standard ABNT NBR ISO/CIE 8995-1, to verify the possibility of achieving Class A, and to propose improvements in energy and luminous performance. The research was developed in five stages: bibliographic and documentary review; architectural and lighting system survey; energy assessment according to INI-C; luminous performance assessment according to ABNT NBR ISO/CIE 8995-1; and proposition of an optimized scenario. The current scenario, although it reduces consumption by 86.7% compared to the reference condition, does not meet the INI-C lighting control eligibility criteria and remains classified as Class B. The proposed scenario (79.4% reduction) meets these criteria through independent circuits per room, achieves Class A, and increases compliance with ABNT NBR ISO/CIE 8995-1 from 4.4% to 97.1% of the assessed rooms. It is concluded that the modernization is technically feasible and depends on the renewal of light sources, the redistribution of luminaires, and control strategies integrated with daylight.

Keywords: Epiphanio Doria Public Library; INI-C; NBR 8995-1; Artificial Lighting; Energy Efficiency.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-Localização da BPED 16
Figura 2-Linha do tempo da BPED 17
Figura 3-Fachadas da BPED 18
Figura 4-Implantação da BPED 20
Figura 5- Planta Baixa Térreo 21
Figura 6 - Primeiro pavimento 22
Figura 7-Planta Baixa 2º Pavimento 23
Figura 8– Projeto de acessibilidade 24
Figura 9-Estratégias de proteção solar da BPED 25
Figura 10-Brises Fachada Leste 27
Figura 11– Brises Fachada Sul e Norte 28
Figura 12-Claraboias 30
Figura 13- Planta Baixa Original do Pavimento Térreo (Projeto CEHOP, 1975) 32
Figura 14- Planta Baixa Original do Segundo Pavimento 33
Figura 15-Planta Baixa Original do Terceiro Pavimento 34
Figura 16- Edifício Louveira, São Paulo/SP 42
Figura 17– Edifício Albatroz, São Paulo/SP 43
Figura 18– Vila Operária da Gamboa, Rio de Janeiro/RJ 47
Figura 19 – Imagem à esquerda: Etiqueta e, à direita, Selo Procel Edificações 67
Figura 20 – Fluxograma das etapas de identificação de estudos correlatos via base de dados 73
Figura 21– Fluxo de aplicação do método simplificado de avaliação 80
Figura 22– Escala de classificação 85
Figura 23– CORTE A-A 98
Figura 24– Levantamento fotográfico, mostrando as características físicas da biblioteca 99
Figura 25– Características da iluminação artificial 100
Figura 26– Layout das luminárias no pavimento térreo 101
Figura 27– Layout das luminárias no segundo pavimento 101
Figura 28– Layout das luminárias no terceiro pavimento 102
Figura 29– Algumas tipologias de luminárias encontradas na biblioteca 103
Figura 30– Planilha de cálculo do PBE Edifica. 105
Figura 31 Quantitativo de atividades, luminárias e lâmpadas por pavimento 106
Figura 32– Área Iluminada Total para cada atividade principal da Biblioteca 109
Figura 33– Resultados da Potência de Iluminação Total, agrupados por atividade 110
Figura 34– Valores automaticamente especificados pela planilha, Anexo A da (PBE, 2022). 112
Figura 35– Resultados da redução do consumo de energia do sistema de iluminação 113
Figura 36– Resultados de consumo de energia e classificação gerados diretamente através da planilha 113
Figura 37– Exemplos de zonas primárias para o cálculo das Zonas Primárias 115
Figura 38– Exemplos de situações nas quais as aberturas serão desconsideradas. 115
Figura 39– Zonas primárias de iluminação natural do pavimento térreo 116
Figura 40– Zonas primárias de iluminação natural do 2º Pavimento 117
Figura 41– Zonas primárias de iluminação natural do 3º Pavimento 118
Figura 42– Zonas primárias de iluminação e luminárias do Pavimento Térreo 119
Figura 43– Zonas primárias de iluminação e luminárias do 2º Pavimento 120
Figura 44– Zonas primárias de iluminação e luminárias do 3º Pavimento 121
Figura 45– Condição de elegibilidade classificação “A” 123
Figura 46– Quadros de disjuntores para o acionamento da iluminação 123

Figura 47– Resultados de consumo de energia e classificação 127
Figura 48– Resultados de consumo de energia e classificação através da planilha 128
Figura 49– Condição de elegibilidade classificação “A” 129
Figura 50– Mapas de isolux obtidos para o pavimento térreo 131
Figura 51– Mapas de isolux obtidos para o segundo pavimento 132
Figura 52– Mapas de isolux obtidos para o terceiro pavimento 133
Figura 53– Mapas de isolux obtidos para o primeiro pavimento 137
Figura 54– Resultados do cenário proposto: Mapas de isolux obtidos para o segundo pavimento 138
Figura 55– Resultados do cenário proposto: mapas de isolux obtidos para o terceiro pavimento 138
Figura 56 Comparação entre os cenários atual e proposto do pavimento térreo 138
Figura 57 Comparação entre os cenários atual e proposto do segundo pavimento 139
Figura 58 Comparação entre os cenários atual e proposto do terceiro pavimento 140
Figura 59– Gráfico de iluminância do pavimento térreo (cenário atual) 141
Figura 60– Gráfico de iluminância do pavimento térreo (cenário proposto) 142
Figura 61– Gráfico de ofuscamento do pavimento térreo (cenário atual) 143
Figura 62– Gráfico de ofuscamento do pavimento térreo (cenário proposto) 144
Figura 63 – Gráfico de uniformidade do pavimento térreo (cenário atual) 145
Figura 64– Gráfico de uniformidade do pavimento térreo (cenário proposto) 146
Figura 65– Gráfico de iluminância do segundo pavimento (cenário atual) 148
Figura 66– Gráfico de iluminância do segundo pavimento (cenário proposto) 149
Figura 67– Gráfico de ofuscamento do segundo pavimento (cenário atual) 150
Figura 68– Gráfico de ofuscamento do segundo pavimento (cenário proposto) 151
Figura 69– Gráfico de uniformidade do segundo pavimento (cenário atual) 152
Figura 70– Gráfico de uniformidade do segundo pavimento (cenário proposto) 153
Figura 71– Gráfico de iluminância do terceiro pavimento (cenário atual) 155
Figura 72– Gráfico de iluminância do terceiro pavimento (cenário proposto) 156
Figura 73– Gráfico de ofuscamento do terceiro pavimento (cenário atual) 157
Figura 74– Gráfico de ofuscamento do terceiro pavimento (cenário proposto) 158
Figura 75– Gráfico de uniformidade do terceiro pavimento (cenário atual) 159
Figura 76– Gráfico de uniformidade do terceiro pavimento (cenário proposto) 160

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Principais diferenças entre o RTQ-C e a INI-C 66
Tabela 2 – Bases de dados, strings e termos de busca 72
Tabela 3 – Requisitos de iluminação para diferentes ambientes, tarefas e atividades 91
Tabela 4 – Comparação entre o cenário atual (já apresentado na seção 5.1 desta dissertação) e o cenário proposto, segundo o Método Simplificado da INI-C 127
Tabela 6 – Luminárias e lâmpadas existentes e luminárias propostas utilizadas na simulação 134
Tabela 7 – Luminárias do cenário proposto utilizadas na simulação 136
Tabela 9 – Ambientes do cenário proposto com DPI acima dos limites de referência do INI-C 163

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABESCO	Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia
APO	Avaliação Pós-Ocupação
AQUA	Selo de Alta Qualidade Ambiental
BEN	Balanço Energético Nacional
BPED	Biblioteca Pública Epiphanio Dória
BREEAM	Building Research Establishment Environmental Assessment Method
CETRAGUA	Centro de Tecnologias Sociais para a Gestão da Água
CgTT	Carga Térmica Total anual
CIL.ref	Cálculo do Consumo de Referência
CIL.real	Consumo Real de Iluminação
DPIL	Densidade de Potência Instalada
DPIL_real	Densidade de Potência Instalada Real
DPIL_ref	Consumo Real com o de Referência
ENCE	Etiqueta Nacional de Conservação de Energia
FRC	Fator de Redução de Consumo
GBC	Certificação Green Building Council Brasil
IDL	Índice de Desempenho da Iluminação
INI	Instruções Normativas do Inmetro
INI-C	Instrução Normativa para Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas
IRC	Índice de Reprodução de Cor
LabEEE	Laboratório de Eficiência Energética em Edificações
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
MEEs	Medidas de Eficiência Energética
NZEB	Edifícios de Energia Quase Zero
PBE Edifica	Programa Brasileiro de Etiquetagem
PIT	Potência Instalada Total
PITreal	Potência de Iluminação Total Real
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica para edificações
PTI	Potência Total de Iluminação
RedCIL	Redução de Consumo
UGR	Índice Unificado de Ofuscamento

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 11

1.1. Objetivos 14

1.1.1. Objetivo geral 14

1.1.2. Objetivos específicos 14

2. CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO 16

3. REFERENCIAL TEÓRICO 35

3.1. Eficiência energética em edificações 35

3.2. Arquitetura modernista e sua relação com eficiência energética 40

3.3. Iluminação e eficiência energética 48

3.3.1. A Iluminação: Fundamentos Conceituais 48

3.3.2. Parâmetros Normativos e Conforto Lumínico em Bibliotecas 50

3.3.3. Iluminação e Saúde dos Usuários 51

3.3.4. Conforto Visual e Conservação de Acervos 52

3.3.5. Estudos de caso de iluminação e eficiência energética em bibliotecas universitárias e públicas 53

3.3.6. Iluminação e Comportamento do Usuário 55

3.3.7. Estratégias Projetuais de Aproveitamento da Luz Natural 56

3.3.8. Eficiência energética em sistemas de iluminação 57

3.4. Certificações ambientais na construção civil 59

4. METODOLOGIA 69

4.1. Caracterização da pesquisa 69

4.2. Revisão bibliográfica e documental 70

4.3. Estudos correlatos sobre a aplicação do RTQ-C e da INI-C na avaliação da eficiência energética de bibliotecas 71

4.3.1. Aplicações do método prescritivo do RTQ-C em bibliotecas 74

4.3.2. Integração da luz natural sob a INI-C: do método simplificado à simulação 75

4.3.3. Melhoria de classificação e retrofit sob o PBE Edifica 76

4.3.4. Síntese da revisão 76

4.4. Levantamento arquitetônico e do sistema de iluminação da BPED 78

4.5. Avaliação da eficiência energética do sistema de iluminação segundo a aplicação do Método Simplificado da INI-C 79

4.5.1. Avaliação da edificação segundo a divisão de usos e escolha do método 80

4.5.2. Determinação da potência da iluminação limite para a condição de referência 81

4.5.3. Cálculo da potência de iluminação total da edificação 81

4.5.4. Determinação do consumo de iluminação 83

4.5.5. Determinação do percentual de redução do consumo de iluminação 84
4.5.6. Classificação do Sistema de iluminação 85
4.5.7. Avaliação da elegibilidade para a Classe A do sistema de iluminação 86
4.5.8. Inserção dos dados na planilha eletrônica do PBE Edifica 87
4.6. Avaliação do desempenho luminoso dos ambientes da biblioteca, com base na ABNT NBR ISO/CIE 8995-1. 90
4.6.1. Caracterização dos ambientes e definição das atividades visuais 91
4.6.2. Levantamento do projeto luminotécnico 92
4.6.3. Modelagem luminotécnica no DIALux evo e simulação do cenário existente 92
4.6.4. Avaliação conforme a ABNT NBR ISO/CIE 8995-1 e diagnóstico luminotécnico 93
4.6.5. Proposição do cenário otimizado 96
5. RESULTADOS 97
5.1. Aplicação do INI-C na avaliação do sistema de iluminação da BPED 97
5.1.1. Dados do levantamento cadastral e caracterização do objeto de estudo 97
5.1.2. Avaliação da edificação segundo a divisão de usos e escolha do método 100
5.1.3. Levantamento da potência limite 107
5.1.4. Potência de iluminação total PIT 109
5.1.5. Consumo da iluminação na condição real e de referência 111
5.1.6. Determinação do percentual de redução do consumo de iluminação 112
5.1.7. Classificação do Sistema de Iluminação 113
5.1.8. Critérios de elegibilidade 114
5.1.9. Contribuição da luz natural 114
5.1.10. Controle local 124
5.1.11. Desligamento automático do sistema de iluminação 126
5.1.12. Comparação entre o cenário atual e o cenário proposto segundo a INI-C 127
5.2 Avaliação do desempenho luminoso da BPED segundo a ABNT NBR ISO/CIE 8995-1 129
5.2.1 Diagnóstico luminotécnico do cenário atual 131
5.2.2 Proposição do cenário otimizado 134
5.3. Discussão 161
5.3.1 Potência instalada e desempenho energético 162
5.3.2 Densidade de potência e os limites do INI-C por ambiente 163
5.3.3 Síntese crítica 163
6. CONCLUSÃO 165
REFERÊNCIAS 168
APÊNDICE A-Tabela INI-C Cenário Atual 176
APÊNDICE B-Resultado Cenário Atual 177

APÊNDICE C -Tabela INI-C Cenário Atual.....178
APÊNDICE D - Resultado Cenário Proposto.....179

1. INTRODUÇÃO

Historicamente, as bibliotecas concentravam acervos limitados de manuscritos e obras raras, sobretudo em monastérios. Nesse contexto, a relevância dessas instituições estava associada à raridade de suas coleções, enquanto o acesso permanecia restrito, exigindo deslocamentos de estudiosos em função do baixo índice de alfabetização e das limitações de consulta. A invenção da imprensa, no século XV, possibilitou a reprodução das obras em maior escala, contribuindo para a difusão do conhecimento. Posteriormente, o humanismo renascentista e as reformas protestantes ampliaram os níveis de alfabetização e consolidaram a necessidade de espaços dedicados à leitura (Milanesi, 2002).

Ao longo do tempo, as bibliotecas passaram a desempenhar um papel mais amplo, deixando de ser apenas locais de guarda de acervos para se constituírem como espaços de produção, acesso e democratização do conhecimento. Nesse sentido, armazenam informações em múltiplos suportes e atendem a diferentes públicos, contribuindo para o desenvolvimento educacional, cultural e social (Guedes, 2005; Pinto, 2008).

Inserida nesse contexto, a Biblioteca Pública Epiphanio Dória (BPED), localizada em Aracaju-SE, apresenta-se como um importante equipamento cultural do estado, sendo a sua biblioteca mais antiga. Mais do que um edifício histórico, trata-se de um espaço dinâmico, voltado ao estudo, à pesquisa e à leitura, cujas condições ambientais influenciam diretamente a qualidade de uso. Entre essas condições, o desempenho lumínico assume papel central, uma vez que está diretamente relacionado à permanência dos usuários e à realização das atividades típicas de uma biblioteca (Carvalho, 2006).

No Brasil, o consumo de energia elétrica cresceu 5,5% em 2024 em relação ao ano anterior, atingindo 650,4 TWh, segundo o Balanço Energético Nacional (BEN 2025) da Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2025). Nesse cenário de expansão contínua do consumo nacional, a discussão acerca da eficiência dos sistemas de iluminação em edificações públicas mantém-se relevante tanto do ponto de vista energético quanto econômico, uma vez que os custos de operação e manutenção desses edifícios são financiados por recursos públicos.

Segundo Morais Júnior e Guerra (2020), em 2018 o poder público foi responsável pelo consumo de aproximadamente 7% da energia elétrica produzida no país, correspondente a cerca de 44,58 TWh, dos quais cerca de um terço esteve associado aos sistemas de iluminação. A

permanência de equipamentos com tecnologias obsoletas e de baixa eficiência contribui não apenas para o aumento do consumo de energia elétrica, mas também para condições inadequadas de iluminação nos ambientes internos. Nesse contexto, a modernização e a gestão da eficiência desses sistemas constituem estratégias relevantes para a redução dos gastos públicos, especialmente diante das limitações orçamentárias e da necessidade de justificar intervenções por meio de seus benefícios econômicos e sociais. Dessa forma, a eficiência dos sistemas de iluminação deve ser considerada não apenas sob a perspectiva da redução do consumo e dos custos operacionais, mas também da qualidade ambiental dos espaços, uma vez que a iluminação exerce influência direta sobre as condições de conforto e desempenho dos usuários.

Essa relação entre consumo, custo e qualidade ambiental remete a uma discussão mais ampla sobre o próprio conceito de eficiência energética na arquitetura. Lamberts, Dutra e Pereira (2014) definem a eficiência energética na arquitetura como um atributo inerente à edificação, associado à sua capacidade de proporcionar conforto térmico, visual e acústico aos usuários com baixo consumo de energia de modo que, entre duas edificações que ofereçam as mesmas condições ambientais, é considerada mais eficiente aquela que consome menos energia. Esse conceito é relacionado à tríade vitruviana clássica de arquitetura (firmitas, utilitas e venustas), sugerindo que a eficiência energética se incorpora como uma dimensão adicional ao projeto arquitetônico contemporâneo.

A eficiência energética, no entanto, não pode ser dissociada do conceito de conforto ambiental. De acordo com Corbella e Yannas (2003), o desempenho das edificações deve ser compreendido a partir da integração entre variáveis ambientais, tecnológicas e humanas, considerando aspectos como iluminação, ventilação, temperatura e uso dos espaços. Nesse sentido, soluções de eficiência não se limitam à redução do consumo energético, mas devem também assegurar condições adequadas de habitabilidade e bem-estar aos usuários.

No contexto do desenvolvimento sustentável, a eficiência energética constitui um de seus eixos estruturantes, na medida em que permite dissociar o crescimento das atividades humanas da degradação ambiental associada ao consumo de energia. Paixão (2025) define a eficiência energética, em sua dimensão técnica, como a relação entre a quantidade de energia empregada em uma atividade e aquela necessária para sua realização, destacando seu caráter sistêmico e transversal, que exige a integração entre planejamento institucional, inovação tecnológica e mudanças nos padrões de consumo, e por isso é descrita, em consonância com

organismos internacionais, como o "primeiro combustível" (*first fuel*), ou seja, a energia que deixa de ser consumida por meio de ganhos de eficiência, na transição para sistemas energéticos mais limpos e resilientes.

Já no âmbito das edificações, Almeida et al. (2025) entendem que a eficiência energética consiste em alcançar resultados iguais ou superiores a partir de um consumo reduzido de energia, sem comprometer a produção ou o conforto dos usuários, conceito que os autores associam diretamente ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 7 (Energia Limpa e Acessível) e aplicam à otimização de edificações já existentes, nas quais a modernização das instalações elétricas, dos sistemas de iluminação e dos equipamentos visa reduzir o consumo energético e a pegada ambiental das estruturas. É nessa convergência entre a eficiência energética como eixo do desenvolvimento sustentável e sua aplicação prática à reabilitação de edificações existentes que esta pesquisa situa a avaliação e a proposição de melhorias para o sistema de iluminação da BPED.

A pesquisa relaciona-se também ao ODS 11, sobre cidades e comunidades sustentáveis, cuja meta 11.4 trata de proteger e salvaguardar o patrimônio cultural e natural (ONU, 2015), uma vez que a intervenção proposta busca conciliar a eficiência energética com a preservação das características de uma edificação de valor histórico. De forma complementar, a pesquisa dialoga com o ODS 9, cuja meta 9.4 propõe modernizar infraestruturas existentes tornando-as mais sustentáveis, e com o ODS 12, cuja meta 12.2 trata do uso eficiente dos recursos naturais (ONU, 2015), ambos aplicáveis à readequação luminotécnica e à racionalização do consumo de energia elétrica discutidas neste estudo. Por fim, guarda relação indireta com o ODS 4, dado que o desempenho luminoso adequado dos ambientes de uma biblioteca pública incide diretamente sobre as condições oferecidas aos usuários para a leitura e o estudo (ONU, 2015).

Além do alinhamento com esses objetivos internacionais, no campo normativo, a busca por maior eficiência energética em edificações públicas é reforçada por instrumentos como a Instrução Normativa para Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (INI-C) e o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE Edifica). Esses instrumentos estabelecem critérios para avaliação do desempenho energético de sistemas como envoltória, iluminação e climatização, permitindo a classificação das edificações com base em parâmetros padronizados (Brasil, 2021; PBE Edifica, 2023).

Diante desse arcabouço normativo, considerando que a fase de operação das edificações é a mais longa e intensiva em consumo energético, torna-se fundamental adotar estratégias que

promovam maior eficiência ao longo de seu ciclo de vida (Ferrador Filho *et al.*, 2018). No caso das bibliotecas, essa questão se torna ainda mais relevante, uma vez que a atividade de leitura depende diretamente de condições adequadas de iluminação. A luz natural, embora desejável, apresenta limitações devido à sua variabilidade, sendo necessária sua complementação por sistemas artificiais que garantam níveis adequados de iluminância e conforto visual. Dessa maneira, ressalta-se a importância de avaliar o desempenho do sistema de iluminação em edificações públicas, considerando simultaneamente critérios de eficiência energética e qualidade ambiental.

É a partir desse panorama que se insere a presente pesquisa, um estudo de caso que se propõe a avaliar o sistema de iluminação da BPED, a fim de propor ações para aprimorar o seu desempenho energético e luminoso. A escolha desse objeto de estudo parte do interesse em fazer não apenas uma contribuição acadêmica ao campo de estudo, mas também subsidiar propostas de melhoria para um equipamento público importante para a história do estado de Sergipe, uma vez que há um número limitado de análises sobre eficiência energética em bibliotecas. Dessa maneira, a presente pesquisa busca responder a duas questões primordiais: 1) Qual é a classificação de eficiência energética do sistema de iluminação da BPED segundo a INI-C e qual o seu desempenho luminoso segundo a ABNT NBR ISO/CIE 8995-1? 2) Quais medidas poderiam ser adotadas, a partir dessa análise, para aprimorar o desempenho luminoso e energético da edificação?

1.1.Objetivos

1.1.1. Objetivo geral

Avaliar o sistema de iluminação elétrica da Biblioteca Pública Epiphânio Dória à luz da INI-C e da ABNT NBR ISO/CIE 8995-1, a fim de propor melhorias que atendam aos critérios normativos de desempenho energético e luminoso.

1.1.2. Objetivos específicos

- Avaliar o sistema de iluminação da BPED para determinar sua classificação energética segundo o método simplificado da INI-C;
- Avaliar o sistema de iluminação da BPED quanto ao atendimento aos critérios estabelecidos pela ABNT NBR ISO/CIE 8995-1;

- Propor melhorias no sistema de iluminação da BPED que elevem sua eficiência energética, visando à classificação "A" na ENCE, em conformidade com os parâmetros normativos da ABNT NBR ISO/CIE 8995-1.

A fim de alcançar os objetivos estabelecidos, este estudo adotou uma metodologia predominantemente quantitativa, tendo como referenciais normativos a Instrução Normativa para Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (INI-C) e a ABNT NBR ISO/CIE 8995-1. Além disso, foram analisados outros estudos sobre avaliação de eficiência energética em edificações, adotando-se conceitos e práticas de outros pesquisadores da área.

A dissertação está estruturada da seguinte forma: o segundo capítulo apresenta a caracterização do objeto de estudo, abordando sua história e as características da edificação; o terceiro capítulo, referente ao referencial teórico, analisa os estudos disponíveis sobre avaliação de eficiência energética em edificações, com ênfase em bibliotecas; o quarto capítulo descreve os procedimentos metodológicos e a aplicação das normas ao objeto de estudo; o quinto capítulo apresenta os resultados da avaliação e as proposições de melhoria para a BPED; e o sexto capítulo reúne as conclusões da pesquisa.

2. CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO

A BPED é a maior e mais antiga biblioteca pública do estado de Sergipe. Está localizada na Rua Doutor Leonardo Leite, na continuação da Rua Vila Cristina, nas proximidades do Estádio Batistão, no bairro 13 de julho, em Aracaju (Figura 1). A instituição é considerada a quarta biblioteca pública mais antiga do Brasil (Santos, 2019).

Figura 1-Localização da BPED



Fonte: Adaptado pelo autor (2025).

A história da biblioteca teve início com a criação da Biblioteca Provincial de Sergipe, por meio da Lei nº 233, de 16 de junho de 1848. A instituição foi inaugurada em 2 de julho de 1851, na antiga capital da província, São Cristóvão, com um acervo ainda reduzido, formado principalmente por doações. Inicialmente, a biblioteca funcionava em um dos compartimentos do Convento de São Francisco. Em março de 1855, seu acervo foi transferido para uma sala da Tesouraria Provincial.

Com a transferência da capital de São Cristóvão para Aracaju, em 1855, Sergipe permaneceu sem uma biblioteca pública durante o restante do período monárquico. Somente em 1911, durante o governo do General José de Siqueira Menezes, foi criada a Biblioteca Pública do Estado, que teve sua inauguração realizada em 1914, no prédio onde atualmente funciona a Câmara Municipal de Aracaju.

Em 14 de novembro de 1936, ela passou a funcionar em um edifício construído especialmente para esse fim, na Praça Fausto Cardoso, onde atualmente funciona o Arquivo Público Estadual. Somente em 30 de dezembro de 1970, a instituição passou a se denominar Biblioteca Pública Epiphanio Dória, em homenagem ao intelectual que a dirigiu durante 29 anos. Em 29 de outubro de 1974, foi inaugurado um prédio moderno que passou a abrigar a biblioteca, conforme apresentado na Figura 2 (Santos, 2019).

Figura 2-Linha do tempo da BPED



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Essa denominação presta homenagem a Epifânio da Fonseca Dória e Menezes, nascido em 7 de abril de 1884, natural do município de Poço Verde, Sergipe. Documentarista, jornalista e pesquisador, destacou-se por dirigir a Biblioteca do Estado de Sergipe de 1914 a 1943, período durante o qual consolidou sua relevância como conservador das fontes históricas do estado (Grupo Epifânio Dória, s.d.). Além de sua gestão na biblioteca, ocupou cargos de destaque em instituições culturais e acadêmicas. Foi presidente do Instituto Histórico e Geográfico de Sergipe, membro da Associação Sergipana de Imprensa, da Academia Sergipana de Letras e de diversas instituições literárias brasileiras e internacionais, contribuindo para a preservação e difusão da cultura sergipana.

No campo político, assumiu o mandato de deputado estadual em 1935 e, em 1937, durante a administração do governador Eronildes de Carvalho, foi nomeado secretário de Estado da Justiça, Agricultura e Fazenda. Faleceu em 8 de junho de 1976, vítima de câncer no aparelho digestivo. Foi reconhecido como um dos mais competentes e influentes conservadores das fontes históricas de Sergipe, sendo sua trajetória homenageada pela renomeação da Biblioteca Pública do Estado para Biblioteca Pública Epiphanio Dória, em 1970 (Santos, 2019).

Herdeira desse legado, a BPED sobressai-se como uma instituição cultural de grande relevância no estado de Sergipe, promovendo o engajamento comunitário por meio de um extenso acervo e uma ampla gama de serviços. Atualmente, a biblioteca possui aproximadamente 139.300 obras distribuídas em diversas seções, atendendo a públicos

variados. Dentre os destaques, encontra-se a coleção de obras raras, com mais de 100.000 itens, incluindo exemplares históricos notáveis, como a primeira edição de *Os Lusíadas* (1572), de Luís Vaz de Camões.

Outras coleções especiais incluem o acervo pessoal de Marcelo Déda, disponível para pesquisa, e a hemeroteca, que conta com cerca de 9.000 jornais. Além disso, o Setor de Documentação Sergipana reúne 6.800 itens, abordando mais de 350 autores e 200 temas, reforçando o papel da biblioteca na preservação da memória e da identidade cultural local. Desde 2011, parte do acervo está catalogada online por meio do sistema BIBLIVRE, que permite consultas remotas, inicialmente acessível pelo site da Secretaria de Cultura. Em 2020, a biblioteca ampliou ainda mais seu acervo com a doação de 3.286 livros, beneficiando também bibliotecas municipais.

No que diz respeito aos serviços e ao papel da biblioteca na comunidade, destaca-se a oferta de atividades culturais e educativas que promovem a inclusão e o aprendizado. Para o público infantil, a biblioteca dispõe de atividades como círculos de leitura, narração de histórias, teatro e oficinas, realizados em um espaço reformado que acomoda até 40 pessoas em mesas e mais 25 a 30 em áreas informais, totalizando cerca de 70 usuários. Além disso, são oferecidos cursos e capacitações para professores e mediadores, incluindo oficinas de inglês, francês e yoga, bem como *workshops* de leitura dramática, ampliando o alcance cultural e educacional da instituição (Sergipe, 2015).

Figura 3-Fachadas da BPED



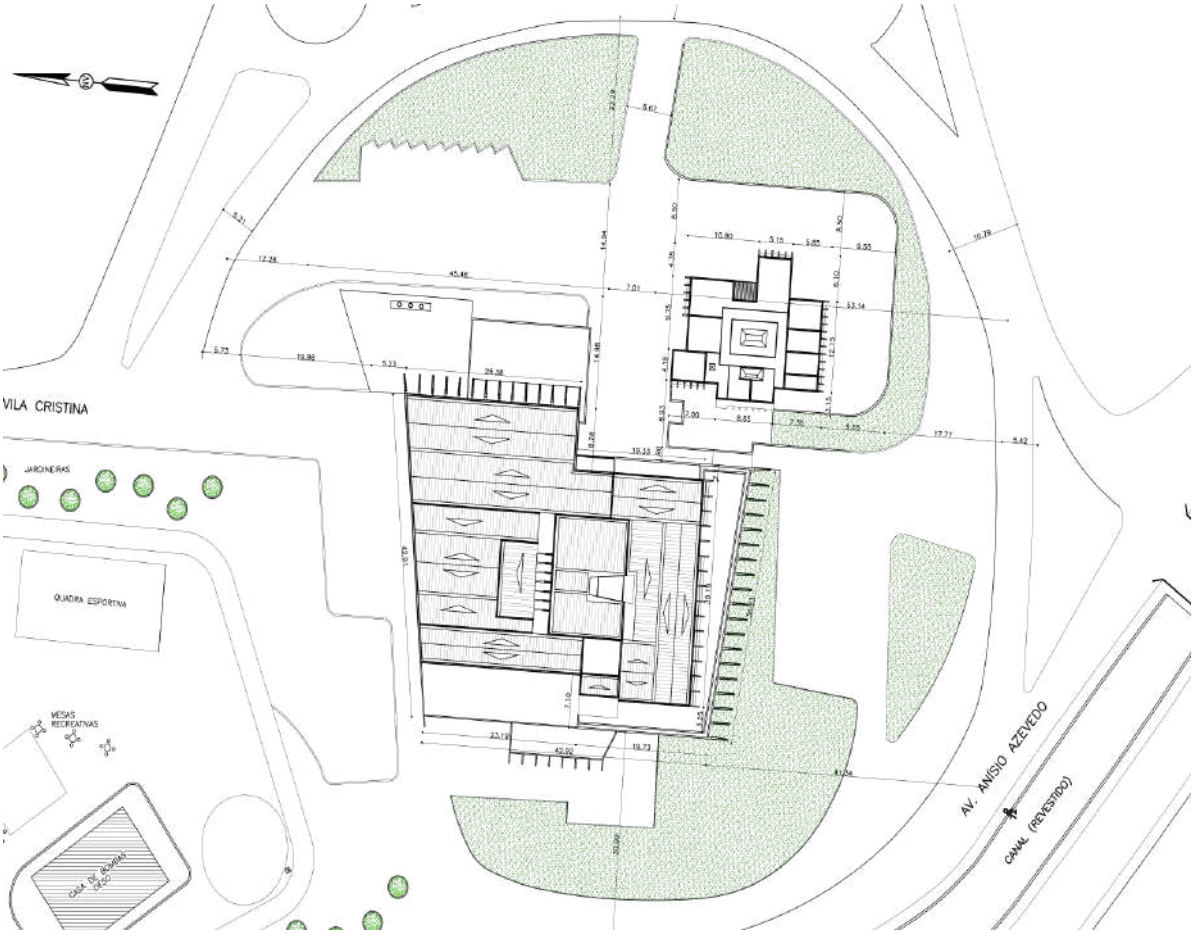
Fonte: elaborado pelo autor (2025).

Para além de seu papel cultural e social, a BPED também se destaca do ponto de vista arquitetônico: é um exemplo da arquitetura moderna brasileira em sua fase tardia, marcada pelas nuances do brutalismo. A arquitetura moderna brasileira muitas vezes adotou o estilo Internacional, buscando uma linguagem arquitetônica universal, que refletia o desejo de universalidade e racionalização, em que as instituições visavam eficiência e lógicas sistêmicas. Essa característica pode ser relacionada ao design funcional das bibliotecas como a BPED, visível na racionalidade da organização espacial e na distribuição dos ambientes conforme sua função. O prédio foi construído no governo de Paulo Barreto de Menezes e é nele que a biblioteca funciona até os dias atuais, tendo seu projeto assinado pelo engenheiro Geraldo Magela (Santos, 2019). A influência do brutalismo é evidente na utilização proeminente do concreto aparente e na ênfase nas linhas geométricas e formas esculturais robustas. Essa herança confere à BPED uma identidade visual marcante que reflete as tendências arquitetônicas da época.

No contexto das nuances brutalistas, a BPED se destaca por sua expressão honesta dos materiais e pela exibição de suas estruturas. O concreto armado é deixado aparente, enfatizando a forma e a identidade do material em sua expressão mais pura. Essa estética bruta e sem adornos é uma característica central do brutalismo, que busca evidenciar a autenticidade das matérias-primas utilizadas na construção. A herança modernista é visível nos brises de concreto, que ora funcionam como pilares, ora como elementos de sombreamento, e não são apenas uma escolha estética, mas refletem a lógica arquitetônica desse estilo. Esse movimento sempre buscou otimizar o uso da luz natural e da ventilação, respeitando a orientação solar para criar edifícios racionais e funcionais (Ching *et al.*, 2019).

Complementarmente à análise estética, a análise das plantas arquitetônicas da BPED permite identificar com clareza a aplicação de princípios modernistas e de critérios técnicos relativos à localização, implantação urbana e acessibilidade, em consonância com autores como Littlefield (2011), Neufert (2013) e Sousa (2012). Esses autores defendem que a organização lógica do espaço de um edifício de biblioteca deve começar pela escolha criteriosa do terreno e pela integração harmônica do edifício com o tecido urbano, princípio que se manifesta de forma contundente no caso da BPED.

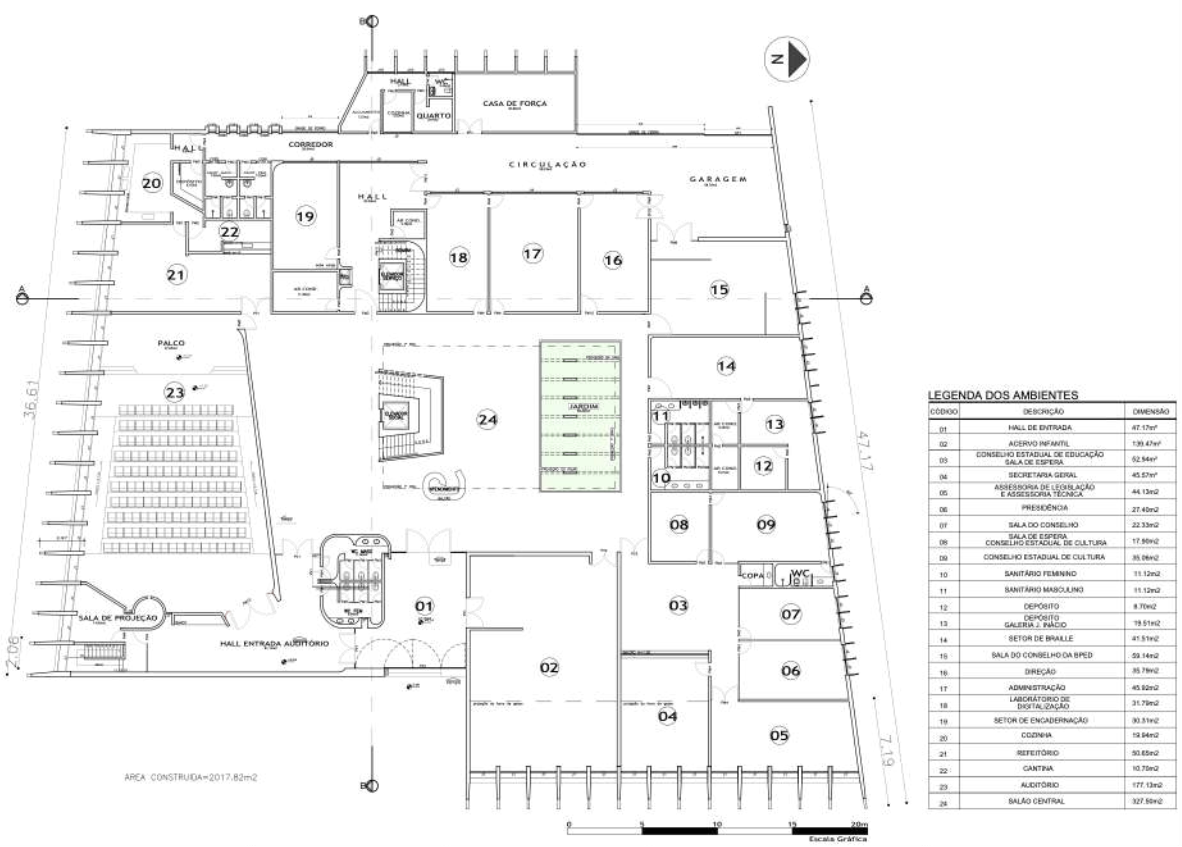
Figura 4-Implantação da BPED



Fonte: elaborado pelo autor (2025).

A planta de implantação evidencia a localização privilegiada da biblioteca em uma área central de Aracaju, o que favorece o fácil acesso por parte de estudantes, professores, pesquisadores e da comunidade em geral. Como observa Littlefield (2011), bibliotecas públicas devem estar próximas ao centro da cidade, com acesso facilitado ao transporte público, comércio e instituições educacionais, além de respeitarem critérios como topografia, zoneamento e fluxo urbano. A presença de um largo frontal conduz naturalmente o visitante à entrada principal, caracterizada por grandes esquadrias, o que permite a integração dos ambientes internos com o espaço externo, uma recomendação de Littlefield (2011) para bibliotecas que buscam conexão visual com a vida urbana ao redor.

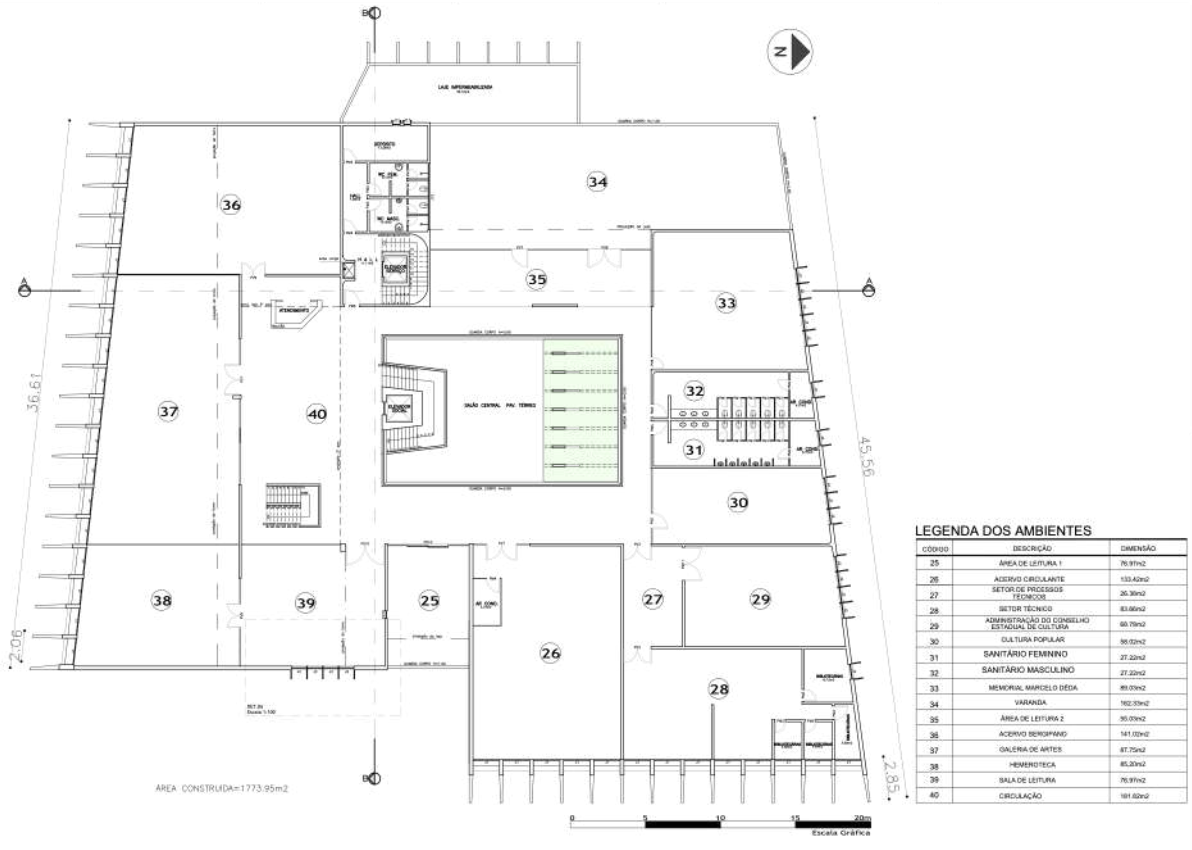
Figura 5- Planta Baixa Térreo



Fonte: elaborado pelo autor (2025).

O pavimento térreo (Figura 5) revela um saguão de entrada amplo, antecedendo o balcão de atendimento, configurado como uma estrutura de controle visual e funcional, mas permeável, conceito também extraído de Littlefield (2011). Esse saguão integra espaços de recepção, auditório, áreas de exposição e salas de reunião, compondo um ambiente de transição entre o espaço público externo e as áreas internas voltadas ao conhecimento. A entrada principal é única, conforme recomendação de segurança do acervo e dos usuários, e as demais entradas não concorrem com ela, seguindo o que afirma Sousa (2012) sobre acessos secundários e vias de carga e descarga.

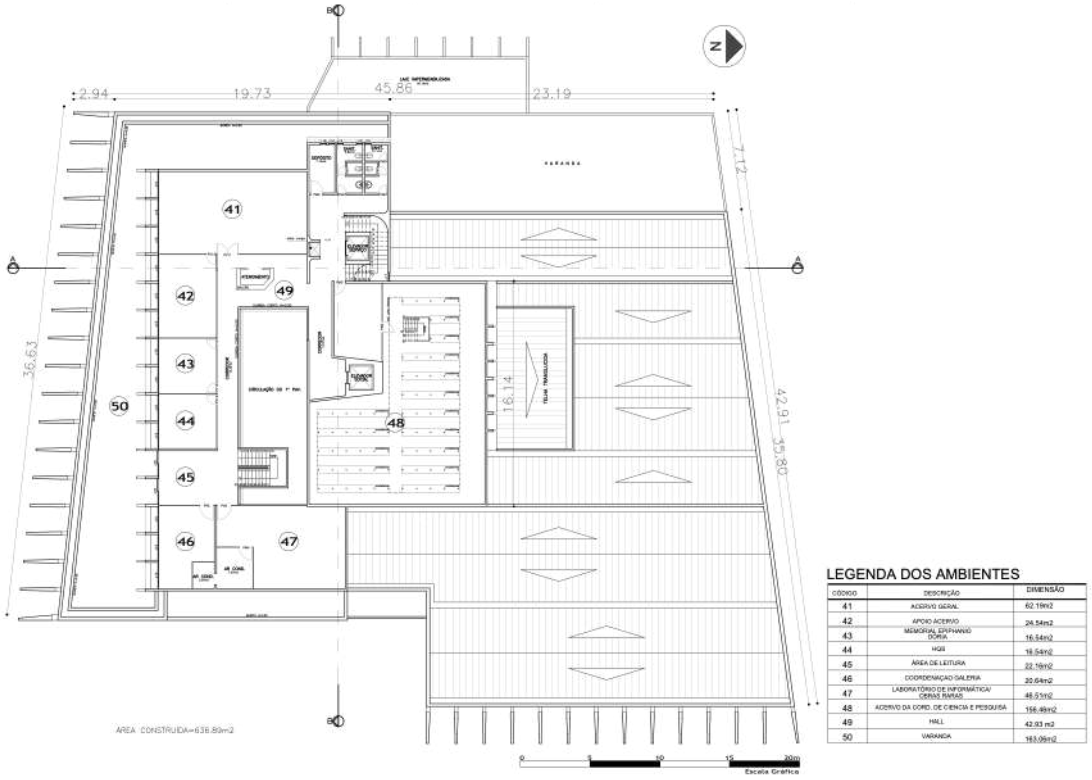
Figura 6 - Primeiro pavimento



Fonte: elaborado pelo autor (2025).

A planta do primeiro pavimento (Figura 6) confirma o uso racional do espaço, com as áreas destinadas à leitura e ao acervo organizadas de modo a favorecer a permanência prolongada, com espaços bem iluminados naturalmente, promovendo flexibilidade de uso, aspectos ressaltados por Neufert (2013) como essenciais em edifícios de bibliotecas. A planta respeita também a proporção ideal de área por número de usuários, situando-se dentro da estimativa de 28 a 32 m² por 1.000 habitantes, conforme proposto por Littlefield (2011), garantindo funcionalidade e fluidez na circulação.

Figura 7-Planta Baixa 2º Pavimento

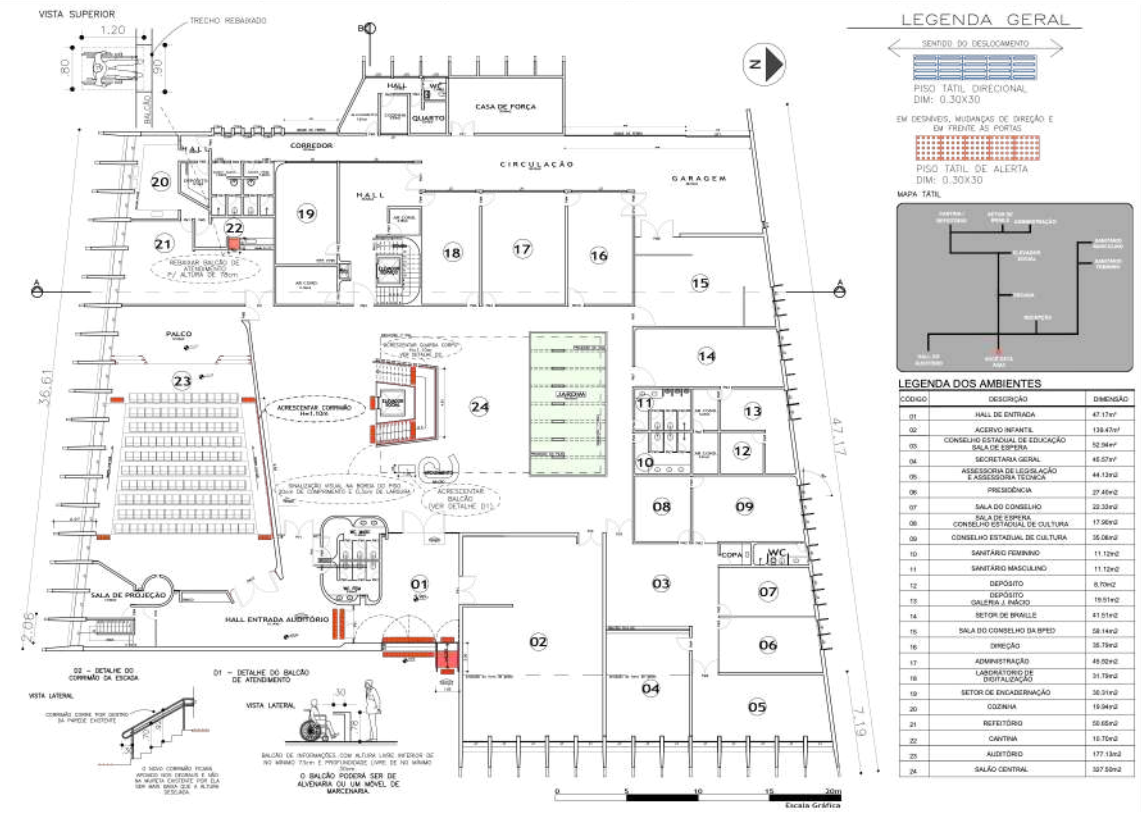


Fonte: elaborado pelo autor (2025).

O segundo pavimento (Figura 7) amplia essa lógica funcional ao incorporar salas de estudo e espaços pedagógicos que diversificam o uso da biblioteca e respondem às demandas educacionais da comunidade. A acessibilidade vertical é plenamente assegurada por meio de escadas bem dimensionadas, elevador e rampas, em total consonância com os parâmetros de acessibilidade estabelecidos por Neufert (2013) e com a legislação vigente, como reforça Sousa (2012).

Com a reforma de 2019, a BPED foi adaptada às normas de acessibilidade, com a instalação de pisos táteis, corrimãos e sinalização adequada (Figura 8), garantindo o acesso de pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida sem comprometer a estética modernista do edifício. Essa atualização comprova o compromisso contínuo da instituição com os princípios de inclusão e com sua função social, transformando o espaço bibliotecário não apenas em um centro de informação, mas também em um ambiente de convivência, cidadania e democratização do saber.

Figura 8– Projeto de acessibilidade



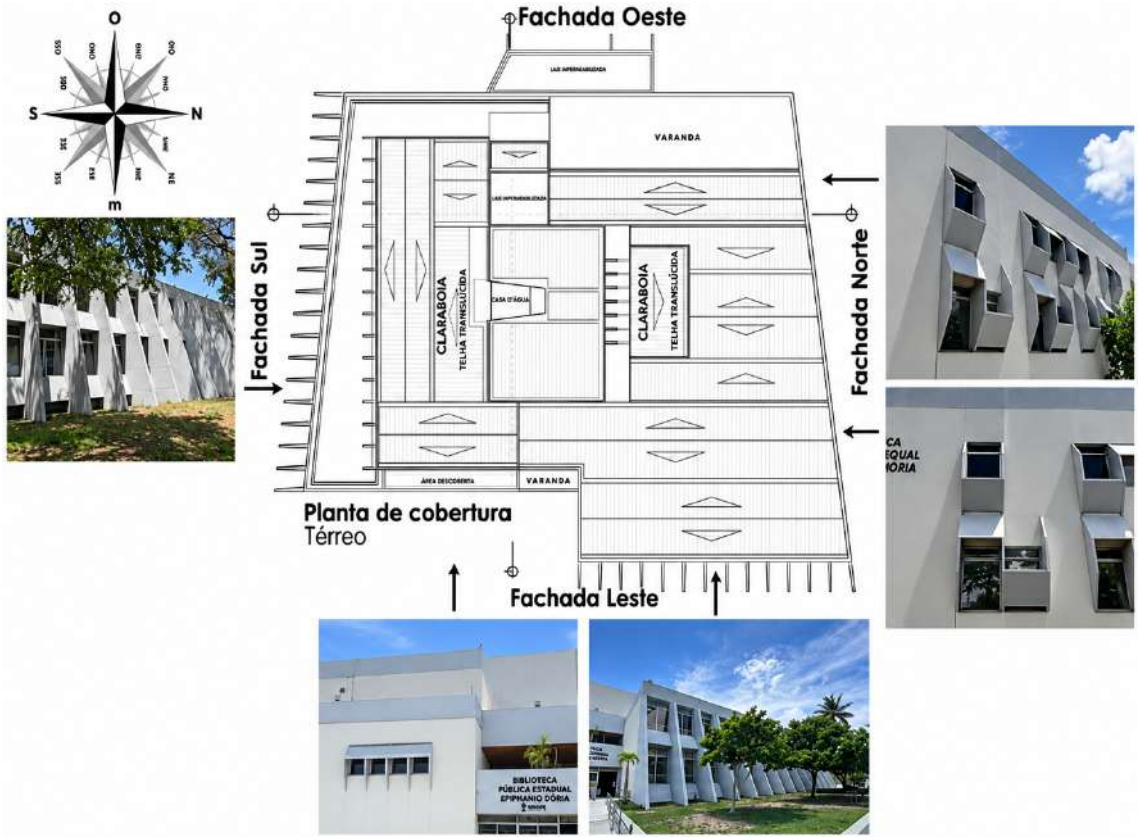
Fonte: elaborado pelo autor (2025).

Dessa forma, a análise das plantas arquitetônicas em conjunto com os referenciais teóricos e normativos aqui apresentados permite afirmar que a BPED incorpora de maneira adequada os princípios tipológicos da arquitetura de biblioteca pública. Do ponto de vista histórico, esse percurso evidencia a valorização da instituição e o esforço contínuo para proporcionar um ambiente propício à aprendizagem e à troca de ideias. A conexão entre a arquitetura moderna e a funcionalidade das bibliotecas pós-modernas evidencia a necessidade de adaptação na dinâmica da BPED para atender às novas demandas contemporâneas de forma eficiente, promovendo espaços de interação e engajamento comunitário.

Dentro dessa lógica arquitetônica, merece destaque o tratamento dado à iluminação natural do edifício. A BPED possui um extenso sistema de aberturas com esquadrias envidraçadas distribuídas ao longo de praticamente toda a edificação, favorecendo a entrada e a difusão da luz natural nos ambientes internos. Essa solução, característica da arquitetura moderna, relaciona-se não apenas à captação de luz do dia, mas também à promoção da ventilação e da renovação do ar, contribuindo para a dissipação do calor e para a redução da umidade no interior do edifício. Associadas a essas aberturas, encontram-se placas de concreto

pré-moldado em formato triangular vertical, que exercem simultaneamente funções estruturais e de proteção solar. Esses elementos atuam tanto como pilares quanto como brises, desempenhando papel relevante no controle da incidência solar e na mitigação do ganho térmico, além de contribuírem de forma significativa para a expressão plástica da edificação. Algumas dessas estratégias de proteção solar são apresentadas na Figura 9.

Figura 9-Estratégias de proteção solar da BPED



Fonte: Ribeiro e Santos (2025).

A análise das estratégias passivas de sombreamento evidencia que a biblioteca incorpora diferentes dispositivos de controle solar conforme a orientação das fachadas. As estratégias passivas buscam reduzir a necessidade de energia por meio da própria arquitetura e do aproveitamento das condições naturais, enquanto as estratégias ativas utilizam equipamentos e sistemas para tornar mais eficiente a energia que precisa ser consumida (Soares *et al.*, 2021). Na fachada sul, destacam-se os brises verticais triangulares em concreto pré-moldado, que atuam como elementos de sombreamento e contribuem para a atenuação da radiação solar direta, favorecendo uma iluminação interna mais difusa. Na fachada oeste, por sua vez, o número reduzido de aberturas pode ser lido como uma medida passiva de contenção térmica, embora os elementos triangulares presentes nessa face aparentem desempenhar predominantemente função estética. Na fachada norte, observam-se janelas associadas a

elementos prismáticos, capazes de projetar sombra sobre as aberturas e reduzir a insolação direta sem impedir a entrada de luz indireta. Já na fachada leste, onde se localiza a entrada principal da biblioteca, identificam-se brises verticais triangulares e volumes prismáticos salientes sobre as janelas, os quais contribuem para o sombreamento e para a redução do ganho térmico direto, ao mesmo tempo em que favorecem a iluminação natural.

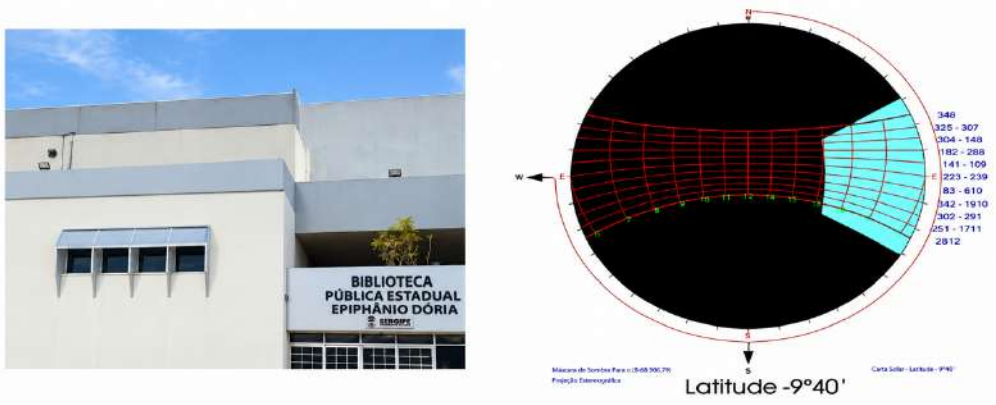
A compreensão do desempenho dessas estratégias torna-se ainda mais relevante quando se considera a inserção climática de Aracaju-SE. De acordo com o zoneamento bioclimático brasileiro atualizado, disponibilizado pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações da Universidade Federal de Santa Catarina (LabEEE/UFSC) com base na revisão da ABNT NBR 15220-3:2024, o município está inserido na zona bioclimática 5A, classificada como quente e úmida. Essa condição climática reforça a necessidade de soluções arquitetônicas voltadas à redução do ganho térmico, ao sombreamento das aberturas e ao favorecimento da ventilação natural, uma vez que, em climas quentes e úmidos, o controle da radiação solar direta constitui estratégia fundamental para a promoção do conforto ambiental e para a redução da dependência de sistemas artificiais de condicionamento de ar. Nesse panorama, a análise das fachadas da biblioteca permite verificar em que medida as soluções modernistas incorporadas ao edifício respondem, de forma eficiente, às exigências impostas pelo clima e pelo local.

Com o objetivo de avaliar a efetividade dessas estratégias de proteção solar, foi realizado um estudo baseado na elaboração de máscaras de sombra das aberturas, de modo a analisar o desempenho dos brises de concreto da edificação. As simulações foram desenvolvidas no software TropMask, a partir da carta solar da cidade de Aracaju-SE. Ribeiro e Santos (2025) verificaram que a eficiência dos dispositivos de sombreamento da BPED varia de forma significativa conforme a orientação das fachadas, a geometria dos elementos de proteção e a trajetória aparente do sol ao longo do ano.

As fachadas são analisadas a seguir individualmente, iniciando pela orientação leste e seguindo em direção às demais, até identificar a de maior criticidade térmica. Na fachada leste, correspondente à fachada principal da biblioteca, os brises verticais e os elementos prismáticos de concreto apresentam eficiência limitada no período da manhã, especialmente entre 7h e 11h,

nos meses de março a setembro, quando a radiação solar incide com azimutes entre 75° e 100° e altitudes inferiores a 30° (Figura 10).

Figura 10-Brises Fachada Leste



Fonte: Ribeiro e Santos (2025).

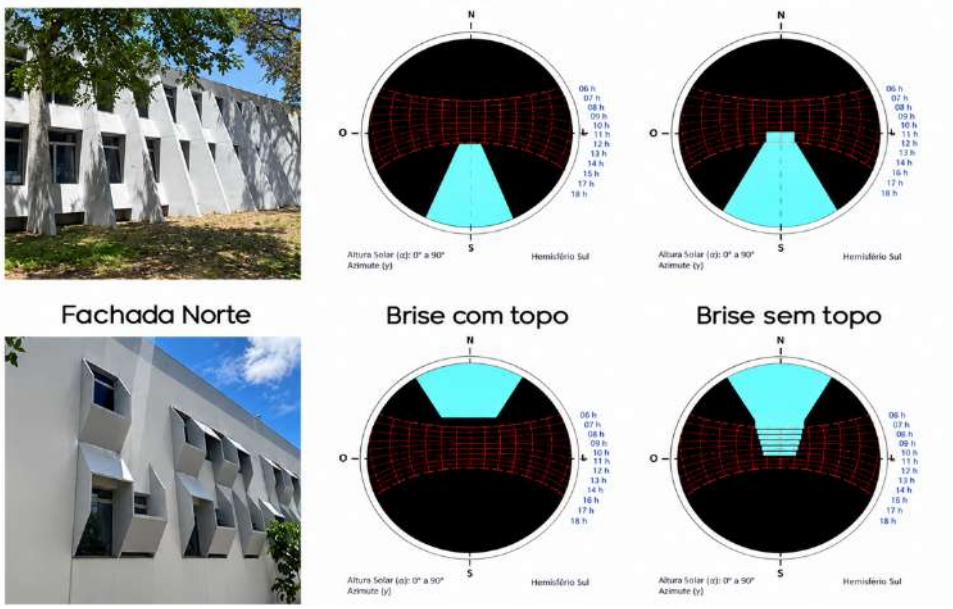
Nessa condição, a orientação voltada para a nascente permite a penetração direta da luz solar pelas aberturas, reduzindo a eficácia dos brises verticais como dispositivos de sombreamento. Ainda que essa incidência não represente, isoladamente, a condição mais crítica do ponto de vista térmico, ela evidencia uma limitação importante do sistema de proteção adotado nessa fachada. Em Aracaju, situada a aproximadamente 10°56' de latitude sul, o período de maior criticidade térmica concentra-se entre os meses de setembro e março, sobretudo no turno da tarde, quando as fachadas oeste e noroeste passam a receber radiação solar direta mais intensa. Em uma localidade classificada como pertencente à zona bioclimática 5A, esse comportamento reforça a importância de estratégias arquitetônicas que reduzam a incidência solar direta e favoreçam simultaneamente o sombreamento e a ventilação natural. Assim, embora a orientação leste apresente menor severidade térmica em comparação à oeste, o desempenho dos brises nessa face mostra-se mais voltado à composição estética do edifício do que à proteção solar efetiva.

A fachada oeste, por sua vez, configura-se como a situação mais crítica sob o ponto de vista do conforto térmico e luminoso. Nessa orientação, localizam-se, entre outros ambientes, a cozinha, o alojamento, áreas de circulação, garagem, o Acervo Sergipano, o depósito, o Acervo Geral e áreas de varanda. Trata-se de uma face submetida à incidência solar intensa entre 14h e 17h, sobretudo entre os meses de outubro e março, quando a radiação atinge azimutes entre 260° e 285° e altitudes superiores a 20°. Dados climáticos regionais indicam temperaturas médias superiores a 28 °C nesse período, com máximas frequentemente acima de 32 °C, o que agrava os efeitos da insolação nessa fachada (INMET, 2023). Apesar dessa

condição, não se identificou a adoção de dispositivos específicos de proteção solar capazes de mitigar de maneira efetiva os efeitos da insolação vespertina. O número reduzido de aberturas pode ser compreendido como uma estratégia passiva de contenção do ganho térmico; contudo, os elementos triangulares de concreto presentes nessa fachada aparentam atuar predominantemente como recurso plástico, e não como mecanismo efetivo de sombreamento. Em climas quentes e úmidos, como o de Aracaju, a ausência de dispositivos mais eficientes de proteção nessa orientação torna-se particularmente problemática, uma vez que a fachada oeste tende a concentrar as condições mais severas de ganho térmico ao longo do dia.

Em contraste, a fachada sul registrou o melhor desempenho entre as orientações analisadas. Nela se localizam o auditório, o refeitório, a cozinha, a Hemeroteca, a Galeria de Artes, o Acervo Sergipano e áreas de varanda. Os brises verticais demonstraram eficiência significativa, sobretudo entre os meses de junho e agosto, quando o sol, em sua trajetória de inverno, incide sobre essa face com azimutes entre 110° e 160° e altitudes moderadas, variando entre 25° e 45°, no intervalo entre 10h e 14h. Nessas condições, os dispositivos de proteção solar reduzem de forma expressiva o ganho térmico por radiação e favorecem a manutenção de condições internas mais estáveis. O desempenho dessa fachada indica maior compatibilidade entre a geometria dos brises e a trajetória solar incidente, demonstrando que, quando corretamente posicionados em relação à orientação, esses elementos podem exercer papel efetivo no controle ambiental da edificação, conforme mostram as máscaras de sombra da fachada na Figura 11.

Figura 11– Brises Fachada Sul e Norte



Fonte: Ribeiro e Santos (2025).

Na fachada norte (Figura 11), onde se localizam setores administrativos, institucionais e culturais, como a Presidência, a Sala do Conselho, o Conselho Estadual de Cultura, a Galeria J. Inácio, o Setor de Braille, o Memorial Marcelo Déda e áreas de varanda, a insolação direta ocorre com maior intensidade nos meses de verão, entre novembro e fevereiro, no período das 9h às 15h, quando os ângulos de altitude solar ultrapassam os 60°. Nessa orientação, a profundidade das esquadrias e a presença de elementos de sombreamento tornam-se fundamentais para a redução do ofuscamento e do ganho térmico. Entretanto, observou-se que alguns brises não possuem fechamento horizontal na parte superior, o que permite a entrada de luz solar sem proteção adequada. Esse aspecto compromete a eficiência do sistema de sombreamento e evidencia uma fragilidade que reduz o potencial de desempenho ambiental da solução adotada (Ribeiro; Santos, 2025).

Além das aberturas laterais, a BPED dispõe de aberturas zenitais, configuradas por claraboias, identificadas em dois pontos da edificação: uma sobre o salão central e outra na área de circulação do segundo pavimento. Ambas são constituídas por material translúcido e possibilitam a entrada de luminosidade pela cobertura, complementando aquela proveniente das fachadas. Essa estratégia assume particular importância em áreas mais internas da edificação, nas quais a profundidade dos ambientes reduz a possibilidade de aproveitamento da iluminação lateral.

No salão central, caracterizado pelo pé-direito duplo e por sua posição no interior da edificação, a abertura zenital amplia a possibilidade de ingresso da luminosidade em uma área que não seria atendida da mesma forma apenas pelas aberturas laterais. De maneira semelhante, a claraboia localizada na circulação do segundo pavimento contribui para o aproveitamento da luz natural em outra região interna. Dessa forma, as aberturas laterais e zenitais desempenham funções complementares: enquanto as primeiras favorecem principalmente os ambientes próximos às fachadas, com sua influência condicionada também pela presença dos brises, as aberturas zenitais ampliam a possibilidade de ingresso da luz natural em setores mais afastados do perímetro da edificação.

Entretanto, a existência desses elementos não significa, necessariamente, que sua contribuição seja efetiva em todos os ambientes. Durante o levantamento realizado na BPED,

observou-se *in loco* o acúmulo de sujidade nas superfícies das claraboias, condição que reduz a passagem da luz e pode limitar seu efeito nos espaços situados abaixo delas (Figura 12).

Figura 12-Claraboias



Fonte: elaborado pelo autor (2026).

Embora não tenham sido realizadas medições fotométricas específicas para quantificar essa redução, a observação realizada durante o levantamento indica que o potencial de aproveitamento da luz zenital nesses dois pontos encontra-se prejudicado pelas condições de conservação e pela ausência de limpeza periódica.

Nesse sentido, a contribuição da iluminação natural na BPED não deve ser compreendida apenas pela presença ou pelas dimensões das aberturas, mas pela interação entre diferentes condicionantes arquitetônicos. Nas fachadas, fatores como orientação solar, profundidade dos ambientes, geometria dos brises e presença de obstruções interferem no ingresso e na distribuição da luz natural; nas aberturas zenitais, aspectos como localização, material e condições de conservação também condicionam seu aproveitamento. Dessa maneira, a configuração arquitetônica da BPED apresenta potencial para o aproveitamento

complementar da iluminação lateral e zenital, embora sua contribuição não ocorra de maneira homogênea em toda a edificação, fazendo com que determinados ambientes apresentem maior potencial de aproveitamento da luz natural, enquanto outros permaneçam mais dependentes do sistema de iluminação artificial.

De modo geral, a análise revela que a BPED incorpora estratégias passivas relevantes de aproveitamento da iluminação natural e de controle solar, coerentes com princípios da arquitetura moderna e com condicionantes climáticos locais. No entanto, também revela que a efetividade dessas soluções é desigual entre as fachadas, apresentando melhor desempenho na orientação sul e limitações importantes nas orientações leste, norte e, sobretudo, oeste. Tal constatação demonstra que a presença de dispositivos de sombreamento, por si só, não garante um desempenho ambiental satisfatório, sendo fundamental considerar sua geometria, posicionamento, relação com a orientação solar e integração com as demais estratégias passivas e ativas do edifício.

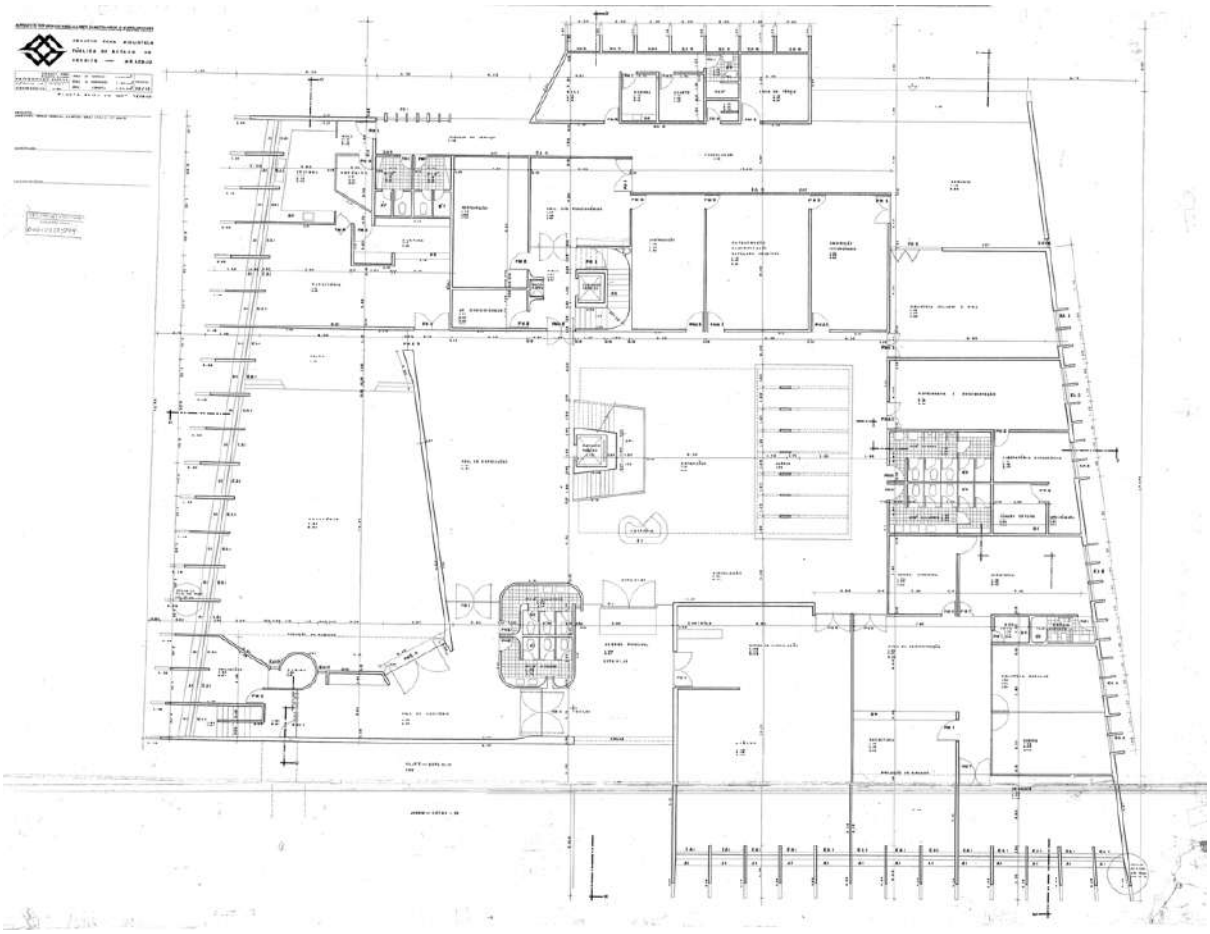
No sistema de iluminação artificial, constatou-se que, durante a última reforma, foram realizadas algumas intervenções, como a instalação de novas luminárias e a substituição de lâmpadas fluorescentes e halógenas por lâmpadas LED. Apesar dessas mudanças, observou-se que o sistema ainda não apresenta um planejamento luminotécnico compatível com as características dos ambientes, o layout, a disposição do mobiliário e as atividades desenvolvidas na biblioteca.

Também foi observada a ausência de iluminação direcionada para os planos de trabalho, cuja instalação poderia contribuir para melhorar as condições de iluminação e minimizar problemas relacionados ao sombreamento e ao ofuscamento. Dessa forma, embora tenha ocorrido uma atualização dos equipamentos, permanecem limitações relacionadas à distribuição e ao controle da iluminação, que podem afetar o conforto visual dos usuários e o desempenho das atividades realizadas nos ambientes.

Para aprofundar essa análise arquitetônica, além da leitura das plantas atuais da BPED, foi possível ter acesso, junto à Coordenadoria Estadual de Habitação e Obras Públicas de Sergipe (CEHOP), às plantas originais do projeto arquitetônico do edifício, assinado pelos arquitetos Geraldo Magalhães Loreto da Motta (também identificado em outras fontes como Geraldo Magela) e Artur O. Guerra de Moraes e datado de fevereiro de 1975. A comparação entre o projeto original e a configuração atual da biblioteca permite identificar em que medida a concepção espacial modernista concebida para a edificação se manteve preservada ao longo

do tempo, sobretudo após as reformas e adaptações realizadas nas décadas seguintes, incluindo a reforma de acessibilidade de 2019.

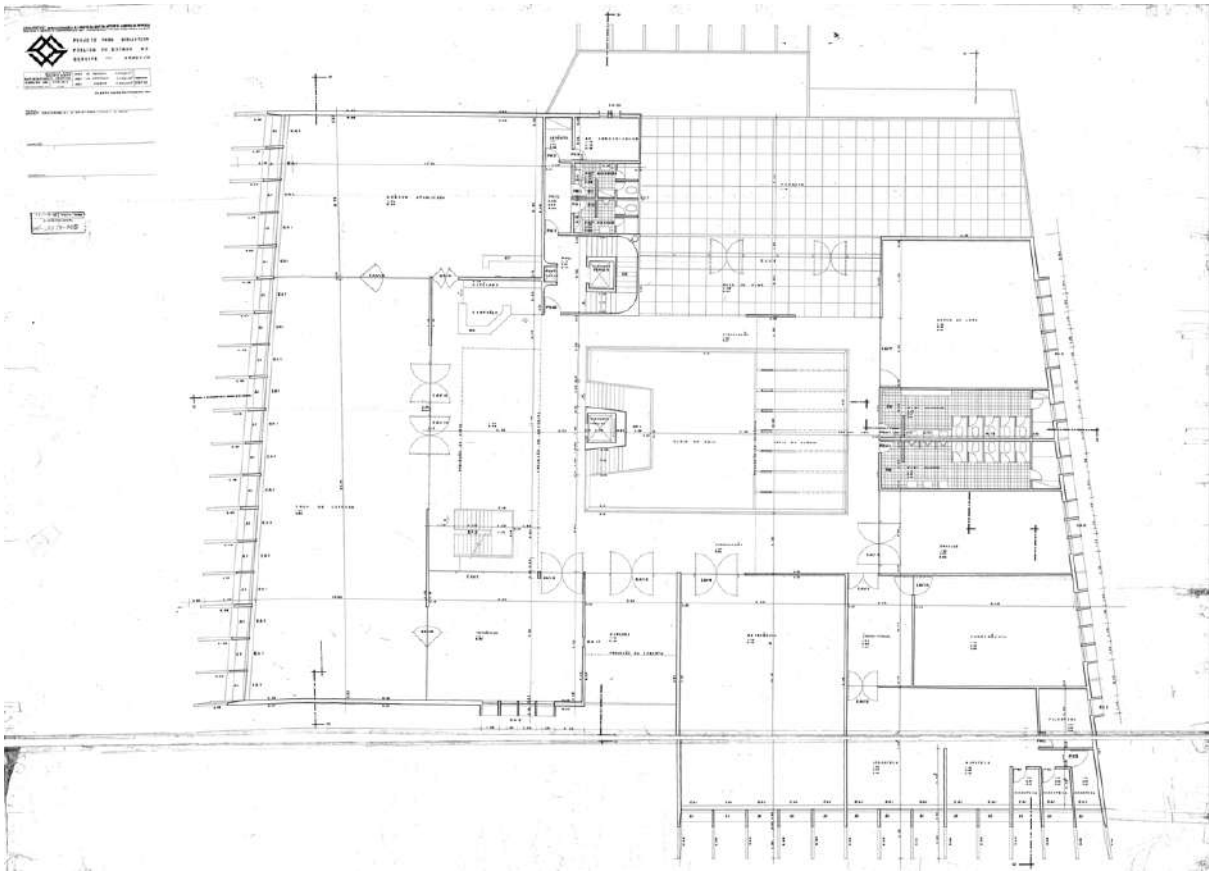
Figura 13- Planta Baixa Original do Pavimento Térreo (Projeto CEHOP, 1975)



Fonte: CEHOP (2026).

A planta original do pavimento térreo (Figura 13) revela uma organização espacial muito próxima daquela observada atualmente na edificação, com o auditório, o hall de exposições e o setor de circulação ocupando a porção central do pavimento, ladeados pelos setores administrativos, de catalogação e de acervo. Observa-se que o desenho original já previa a divisão entre a área de atendimento ao público, voltada para o acesso principal, e a área de apoio, voltada para os fundos do lote, configuração que se mantém até os dias atuais.

Figura 14- Planta Baixa Original do Segundo Pavimento

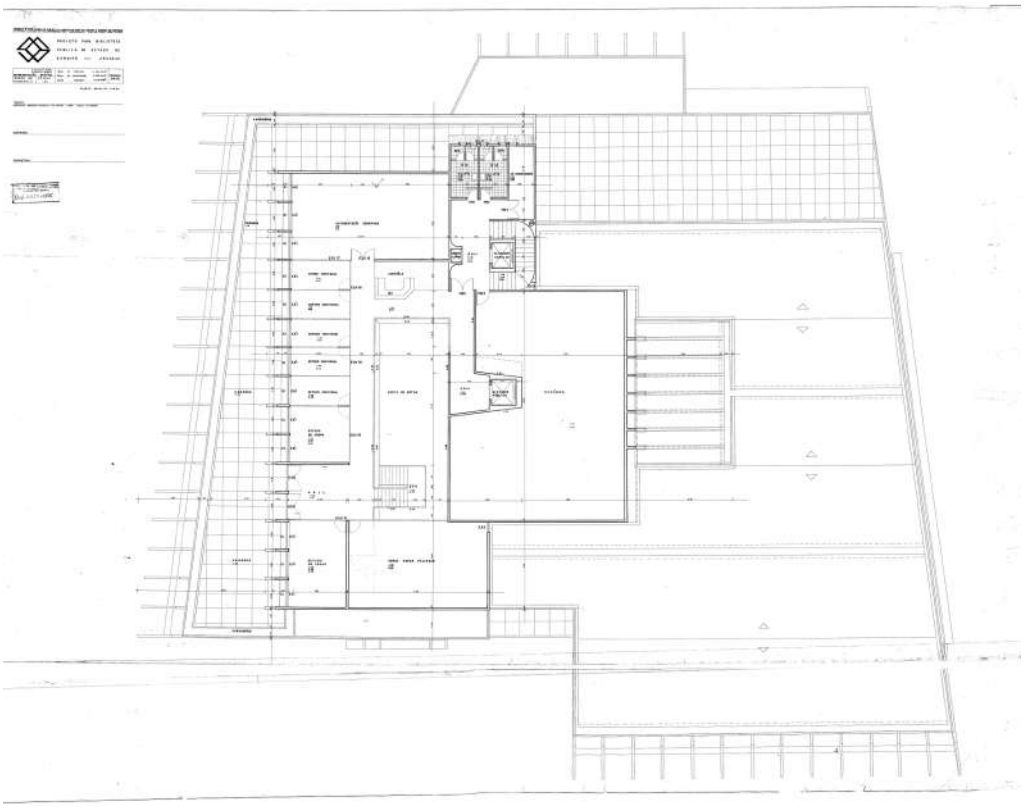


Fonte: CEHOP (2026).

A planta original do segundo pavimento (Figura 14) apresenta a sala de leitura, o acervo atualizado, o setor de arte e os ambientes de referência e conferência dispostos de forma bastante semelhante à configuração observada na Figura 5, o que indica que a lógica de organização espacial, concebida no projeto original, foi mantida ao longo das sucessivas intervenções realizadas na edificação.

De modo geral, a comparação entre as plantas originais do projeto de 1975 e a configuração atual da BPED demonstra um elevado grau de fidelidade ao partido arquitetônico original, com a manutenção da compartimentação espacial, da relação entre os pavimentos e da lógica de circulação concebida pelos autores do projeto. As alterações identificadas concentram-se, sobretudo, em intervenções pontuais de adequação funcional e de acessibilidade, sem que houvesse modificação substancial da concepção espacial original, o que reforça o caráter de permanência da arquitetura da edificação ao longo de mais de cinco décadas de uso.

Figura 15-Planta Baixa Original do Terceiro Pavimento



Fonte: CEHOP (2026).

A trajetória da BPED, descrita ao longo desta seção, ilustra esse processo de adaptação contínua, bem como seu papel na promoção do conhecimento e no fortalecimento da identidade coletiva. Sua relevância transcende as fronteiras do tempo e reafirma seu lugar como um patrimônio cultural. Nesse panorama amplo, as bibliotecas da contemporaneidade não devem se limitar a fornecer espaço, acomodar livros e disponibilizar conhecimento, pois essa demanda é superada a cada dia. Embora seja discutível se os livros físicos desaparecerão completamente das bibliotecas, o que parece mais provável é que o tamanho e a natureza das coleções mudarão e as necessidades de arquivamento serão diferentes da atualidade.

É esperado que a biblioteca do futuro aumente o seu potencial social, representando a chance de uma terceira vida para este tipo de arquitetura, que destaque principalmente seus pontos fortes. Reconhece-se que, mesmo com o advento da tecnologia, as bibliotecas continuarão a ser espaços multifuncionais que visam integrar a leitura à interação social. Assim, este estudo busca ressignificar a biblioteca como um ambiente onde os usuários possam trabalhar, descansar e socializar durante o dia e a noite.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico desta pesquisa está estruturado de modo a reunir os principais conceitos, fundamentos normativos e estudos relacionados à eficiência energética e ao desempenho luminoso de edificações. Inicialmente, são abordados os fundamentos da eficiência energética no ambiente construído e sua relação com as estratégias arquitetônicas e ambientais. Em seguida, discute-se a relação entre a arquitetura modernista e o desempenho energético, considerando tanto as características formais e construtivas desse período quanto os desafios relacionados à reabilitação de edificações existentes. Posteriormente, são apresentados os fundamentos da iluminação, os parâmetros de conforto visual, os efeitos da luz sobre os usuários e os acervos, bem como as estratégias de aproveitamento da iluminação natural e de eficiência dos sistemas de iluminação artificial. Por fim, são discutidos os instrumentos brasileiros de avaliação da eficiência energética, com ênfase na evolução do RTQ-C para a INI-C, e apresentados estudos correlatos que permitem identificar o estado atual da produção científica sobre a aplicação desses instrumentos em bibliotecas.

A organização proposta busca estabelecer uma relação progressiva entre os conceitos gerais de eficiência energética, as especificidades da arquitetura moderna e os aspectos diretamente relacionados ao sistema de iluminação, conduzindo à discussão dos instrumentos de avaliação utilizados no presente estudo. Dessa forma, o referencial teórico fornece a base conceitual necessária para compreender a avaliação do desempenho energético e luminoso da BPED, considerando simultaneamente as características arquitetônicas da edificação, as necessidades dos usuários e os critérios estabelecidos pela regulamentação brasileira.

3.1. Eficiência energética em edificações

A eficiência energética em projetos de edificação surgiu da necessidade do ser humano de adaptar estruturas visando reduzir o consumo de energia, sem comprometer as condições adequadas de conforto e desempenho nos ambientes. Como resultado, as estratégias projetuais passaram por um processo de revisão. Uma dessas estratégias é a abordagem bioclimática, que usa condições climáticas locais, como temperatura, incidência solar e ventilação, para aumentar o conforto e a eficiência nos novos projetos (Bocasanta *et al.*, 2017). Outra estratégia é *a dos Net Zero Energy Buildings*, conceito aplicado a edifícios que produzem energia localmente para suprir seu consumo (May, 2010; Steven Winter Associates, INC., 2016).

O conceito de eficiência energética está intrinsecamente ligado aos princípios de sustentabilidade e responsabilidade profissional, que buscam reduzir os impactos do ser humano no meio ambiente. Apesar de ter ganho maior notabilidade nos últimos anos, a relação entre arquitetura sustentável e eficiência energética estava presente no primeiro tratado de arquitetura de Vitrúvio (27 a.C.), que destacava a importância da escolha de locais para a construção de cidades, considerando elementos como a posição do sol.

No contexto das edificações, Corrêa et al. (2024) associam a eficiência energética ao uso racional da energia, visando à redução de desperdícios e à otimização do desempenho dos sistemas consumidores de energia. Essa abordagem envolve tanto a adoção de tecnologias mais eficientes quanto práticas operacionais destinadas à redução do consumo energético, sem comprometer o conforto e a funcionalidade dos ambientes.

Nesse cenário, no âmbito institucional brasileiro, de acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), o Programa de Eficiência Energética busca promover o uso eficiente da energia elétrica, minimizando perdas energéticas e incentivando projetos e tecnologias voltados à otimização do consumo energético (ANEEL, 2026). No âmbito das políticas públicas brasileiras, a Lei nº 9.991, de 24 de julho de 2000, consolidou mecanismos de incentivo à eficiência energética ao estabelecer a aplicação de recursos pelas concessionárias e permissionárias de distribuição de energia elétrica em programas de eficiência energética no uso final. Esses investimentos são regulamentados pela ANEEL, constituindo uma das bases legais do Programa de Eficiência Energética (Brasil, 2000).

Sob uma perspectiva jurídico-ambiental, Garcia (2025) propõe uma leitura complementar às definições técnicas já apresentadas, atribuindo à eficiência energética uma dupla dimensão: energética e ambiental. Enquanto a primeira está relacionada à racionalização do uso da energia, à redução de desperdícios e à ampliação da autossuficiência energética dos países, a segunda vincula a eficiência energética à mitigação das mudanças climáticas, por meio da redução do uso de combustíveis fósseis e do incentivo às fontes renováveis. Especificamente quanto às edificações, o Procel Edifica busca incentivar a conservação e o uso eficiente dos recursos naturais, incluindo iluminação e ventilação, visando à contenção de perdas energéticas e à redução dos impactos ambientais, atuando em parceria com o Inmetro no desenvolvimento dos programas de etiquetagem de edificações (Inmetro, 2026).

Nesse panorama, as estratégias de eficiência energética aplicadas às edificações podem ser compreendidas a partir de medidas passivas e ativas. As estratégias passivas estão

relacionadas ao aproveitamento das condições climáticas e dos recursos naturais locais, buscando reduzir a necessidade de consumo energético e, simultaneamente, favorecer as condições de conforto ambiental. Nesse grupo incluem-se soluções associadas à própria concepção arquitetônica, como orientação da edificação, aproveitamento da iluminação e ventilação naturais e utilização de dispositivos de proteção solar. As estratégias ativas, por sua vez, estão relacionadas à utilização de equipamentos eletroeletrônicos e sistemas de automação destinados a aumentar a eficiência durante a operação da edificação e reduzir desperdícios no consumo de energia elétrica (Soares *et al.*, 2021).

Essa distinção é particularmente relevante para a análise da BPED, uma vez que a edificação apresenta estratégias passivas relacionadas ao aproveitamento da iluminação natural e ao controle da incidência solar, como aberturas laterais, claraboias e brises, ao mesmo tempo em que dispõe de sistemas ativos, entre os quais se insere o sistema de iluminação artificial, objeto central da avaliação energética desenvolvida nesta pesquisa.

De modo mais amplo, a arquitetura dos edifícios tem exercido um papel fundamental no equilíbrio entre eficiência energética e conforto ambiental. Para que esse objetivo seja alcançado, é necessário considerar as etapas de concepção e elaboração do projeto. Essas fases têm impacto direto no consumo de energia elétrica ao longo de toda a vida útil da edificação, influenciando desde a escolha dos materiais de construção até a definição da orientação solar, da localização e dos equipamentos que serão instalados (Ferrador Filho *et al.*, 2018). Uma boa projeção arquitetônica pode minimizar desperdícios e otimizar o uso de recursos, contribuindo para reduzir despesas operacionais e o impacto ambiental.

Para além dos aspectos técnicos e econômicos, a compreensão das necessidades humanas e da percepção de fatores como som, temperatura e iluminação também é fundamental para a concepção de espaços que proporcionem condições adequadas de conforto visual, acústico e térmico. Nesse contexto, Frias (2013) relaciona a eficiência energética ao aproveitamento de estratégias passivas, complementadas por sistemas ativos quando necessários, de modo a proporcionar condições adequadas de iluminação, ventilação e conforto térmico. O autor também destaca que estratégias de controle ambiental natural e o emprego de fontes renováveis podem contribuir para a redução das emissões e do consumo energético, favorecendo a qualidade ambiental dos espaços.

Retomando a dimensão técnica do conceito, a eficiência energética, na definição da Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia (ABESCO), é a

relação entre a energia usada em uma atividade e a energia disponível para ela (ABESCO, 2023). Já o nível de eficiência energética classifica produtos de A (mais eficientes) a E (menos eficientes), indicando a energia que é necessária para seu funcionamento (PBE Edifica, 2023). Aplicar conceitos de eficiência energética apenas em uma etapa é insuficiente, uma vez que eles precisam estar presentes em todo o processo, com métodos e objetivos claros (Hernández *et al.,* 2018).

Segundo o relatório de 2020 do *World Energy Balances*, em 2018 as edificações residenciais, comerciais e públicas consumiram juntas cerca de 29,4% de toda a energia utilizada no mundo, considerando todas as fontes disponíveis. Esse percentual é ligeiramente superior ao do setor de transporte, que ficou em 29,1% e historicamente aparece entre os maiores consumidores globais (IEA, 2020). Esses números mostram que o uso de energia em edifícios, muitas vezes visto como menos expressivo, na verdade tem influenciado o consumo energético global de forma significativa.

No Brasil, dados do Relatório Síntese do Balanço Energético Nacional (BEN) de 2024 indicam que, naquele ano, o consumo total de energia elétrica atingiu 532 TWh, representando um aumento de aproximadamente 4,4% em relação a 2023. Esse crescimento está associado principalmente ao aumento da demanda nos setores residencial, comercial e público que, juntos, já respondiam por 52% do consumo final de energia elétrica no país antes desse aumento (Brasil, 2024).

Em conjunto, os dados internacionais e nacionais demonstram a relevância das edificações no consumo energético e, consequentemente, o potencial de redução dessa demanda mediante a adoção de medidas de eficiência energética, como o aprimoramento do isolamento térmico, o aproveitamento da ventilação natural e a seleção de equipamentos com menor consumo elétrico. A redução da demanda energética das edificações beneficia não apenas o meio ambiente, mas também o sistema elétrico nacional, ao favorecer a otimização dos recursos disponíveis e reduzir a necessidade de investimentos adicionais em geração de energia.

No caso específico dos edifícios públicos, de acordo com o Ministério do Meio Ambiente (2024), melhorar a eficiência energética vincula-se ao princípio da eficiência da administração pública descrito no Art. 37 da Constituição Federal de 1988, o que contribui para o uso mais adequado dos recursos públicos. Essa necessidade se fortaleceu após a publicação do Decreto n. 9741/2019 e da Portaria n. 144/2019 do Ministério da Economia, que impuseram restrições orçamentárias à Administração Pública Federal, afetando despesas discricionárias

como água e eletricidade. Diante desse cenário, entre as ações para economizar energia está a redução do uso de aparelhos elétricos. O desempenho e o conforto dos edifícios também dependem de fatores como a orientação em relação ao sol e ao fluxo de ar, a presença de proteções solares e de entradas de ventilação, além do tipo de cobertura e das aberturas.

Em uma escala mais ampla, Bocasanta et al. (2017) afirmam que os edifícios exercem impacto crescente sobre o meio ambiente, já que a construção civil é responsável por parcela relevante das emissões de carbono e pelo uso intenso de recursos naturais, em especial energia. Pesquisas como as de Azizi, Abidin e Raofuddin (2014) e Lukman, Tiwary e Azapagic (2009) buscam avaliar os custos e o desempenho ambiental de edificações sustentáveis, unindo aspectos ambientais e econômicos na análise de viabilidade de projetos. Essas construções sustentáveis visam reduzir os danos ambientais causados pelos prédios, mas muitas empresas do setor ainda as consideram pouco atrativas devido à percepção de custos e investimentos elevados.

Nessa linha, Justino, Silva e Rabelo (2020) argumentam que, visando aumentar a eficiência energética e otimizar o uso desses sistemas, surgiram os chamados prédios inteligentes, projetados para apresentar baixo consumo e responsabilidade ambiental. Estudos indicam que edifícios com ventilação natural oferecem maior satisfação aos usuários do que aqueles dependentes de ar-condicionado, especialmente em climas subtropicais. A aplicação de conceitos da arquitetura modernista brasileira pode orientar tanto a adaptação de edificações existentes quanto o projeto de novas construções, conciliando eficiência energética e sustentabilidade às demandas atuais da construção civil.

Sob uma perspectiva mais empresarial, para May (2010), o maior obstáculo à adoção de práticas sustentáveis nas empresas é a percepção equivocada de que meio ambiente e lucro são incompatíveis. No entanto, para o autor, na prática, essas ações promovem o uso racional de recursos naturais e insumos no processo produtivo, resultando em redução de custos e aumento da competitividade.

No plano normativo brasileiro, a partir de novembro de 2024, a avaliação da eficiência energética de edificações comerciais, de serviços e públicas passou a seguir a Instrução Normativa do Inmetro (INI-C), substituindo o método anteriormente utilizado, o RTQ-C. Essa norma compara o consumo de energia primária do edifício real com uma condição de referência classe D para identificar potenciais de economia. A análise considera envoltória completa,

iluminação e climatização, usando simulação computacional ou método simplificado, conforme o tipo do edifício (Brasil, 2024).

A Universidade Federal de Santa Catarina, em Florianópolis-SC, tem se destacado na promoção da eficiência energética em suas edificações. O Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LabEEE) desenvolveu a base técnica da ENCE, que classifica os edifícios de A, mais eficiente, a E, menos eficiente. Projetos como o Restaurante Universitário e o Centro de Tecnologias Sociais para a Gestão da Água (CETRAGUA) receberam classificação A na fase de projeto, indicando alto desempenho energético (Ferrador Filho *et al.,* 2018).

O edifício do Ministério do Meio Ambiente, em Brasília-DF, passou por reabilitação focada na eficiência energética. Sistemas de iluminação eficientes e melhorias na envoltória contribuíram para reduzir o consumo de energia, atendendo aos critérios para edificações públicas federais. O Edifício Aureliano Chaves, em Belo Horizonte-MG, inaugurado em 2014, é outro exemplo de edificação pública projetada com foco em sustentabilidade e desempenho energético. Embora detalhes sobre certificações não sejam amplamente divulgados, o edifício incorpora práticas de eficiência desde o início. Programas nacionais como o PROCEL Reluz impactaram diversas cidades brasileiras, substituindo lâmpadas antigas por modelos mais eficientes. Apesar de não se tratar de uma edificação específica, o programa contribuiu para a eficiência energética de espaços públicos urbanos, reduzindo o consumo de energia e melhorando a qualidade da iluminação pública (Ferrador Filho *et al.,* 2018).

Os casos apresentados demonstram diferentes possibilidades de aplicação de medidas de eficiência energética no ambiente construído, abrangendo desde decisões de projeto e estratégias passivas até intervenções em sistemas e equipamentos. No contexto dos edifícios públicos, essas medidas podem contribuir para a racionalização do consumo, a redução dos custos operacionais, a melhoria das condições de conforto dos usuários e a diminuição dos impactos ambientais, reforçando a importância de políticas e intervenções estruturadas.

3.2.Arquitetura modernista e sua relação com eficiência energética

O modernismo arquitetônico é frequentemente interpretado a partir de uma perspectiva de determinismo tecnológico, segundo a qual os avanços técnicos e científicos da Revolução Industrial, com o emprego de novos materiais, como o aço e o concreto armado, e a consolidação de sistemas construtivos mais eficientes, exerceram papel decisivo na

transformação das práticas arquitetônicas. Essas inovações favoreceram padrões formais pautados pela simplicidade, pela funcionalidade e pela ausência de ornamentos (Sarra, 2018).

No Brasil, contudo, esse processo não se deu de forma linear. Segundo Mendes (2015), a industrialização tardia do país dificultou a incorporação plena das inovações tecnológicas de origem europeia. Ainda assim, as primeiras obras modernistas nacionais buscaram reproduzir os aspectos estéticos do movimento, fachadas sem ornamentos, formas geométricas simples e linhas puras, mesmo sem abandonar integralmente a tradição construtiva, em razão da escassez de materiais industrializados e de mão de obra especializada.

Apesar dessas limitações materiais, a análise do legado do modernismo brasileiro também permite identificar uma relação entre a forma arquitetônica e o desempenho ambiental, o que a literatura contemporânea denomina "Modernismo Bioclimático". Esta vertente não compreende a eficiência energética apenas como um apêndice tecnológico, mas como resultado intrínseco do projeto, fundamentado na integração sistemática entre os confortos térmico, luminoso, acústico e ergonômico (Dada *et al*., 2021).

Essa integração pode ser observada já nas primeiras soluções projetuais do período: a arquitetura moderna brasileira, consolidada entre as décadas de 1930 e 1940, introduziu o brise-soleil como um elemento fundamental para o controle da radiação solar, permitindo regular seletivamente a incidência luminosa nos ambientes internos. Edificações emblemáticas desse período, como o prédio do Ministério da Educação e Saúde Pública (MESP), exemplificam a utilização desses protetores em concreto armado, integrando a técnica construtiva à composição formal do edifício (Cunha, 2011).

Sob a perspectiva da eficiência energética, Cunha (2011) argumenta que, para ser considerado eficiente, um edifício deve proporcionar condições de conforto ao usuário com um menor consumo de energia. Nesse sentido, os sistemas de proteção solar são instrumentos essenciais para minimizar ganhos térmicos indesejados, uma vez que fechamentos transparentes podem gerar ganhos de calor até oito vezes superiores aos fechamentos opacos. O autor ressalta que, embora o sombreamento das aberturas possa reduzir também a entrada de luz natural, o uso criterioso desses dispositivos permite reduzir drasticamente os custos com climatização artificial sem elevar proporcionalmente os gastos com iluminação, garantindo a viabilidade econômica de intervenções arquitetônicas através de indicadores como o tempo de retorno do investimento (*pay-back*).

A aplicação dessas estratégias de controle ambiental também pode ser observada em estudos de caso residenciais: segundo a análise de Dada et al. (2021), ícones residenciais paulistanos, como os edifícios Louveira (1946) e Albatroz (1952), exemplificam como a arquitetura moderna utilizava estratégias passivas para garantir a habitabilidade nos trópicos. A eficiência energética nessas obras é potencializada pela integração de dispositivos de controle ambiental, como as venezianas e grandes vãos envidraçados, que permitem o manejo da luz e da ventilação natural pelo próprio usuário. A pesquisa destaca que o desempenho ambiental desses edifícios é indissociável das propriedades térmicas de sua envoltória, na qual materiais como painéis de cedro, concreto e diferentes tipologias de vidro (transparente, leitoso e canelado) são especificados para mediar as trocas de calor e a entrada de radiação solar.

Figura 16- Edifício Louveira, São Paulo/SP



Fonte: KON, Nelson. *Edifício Louveira*. São Paulo, [s.d.].[1]

A partir desses exemplos, a eficiência energética na arquitetura moderna pode ser compreendida por meio de uma análise integrada das condições de conforto, em que o desenho do layout e a flexibilidade dos espaços não servem apenas à estética, mas também à otimização da ventilação cruzada e do alcance da luz natural em pontos profundos da planta, reduzindo a necessidade de sistemas artificiais de climatização e iluminação.

[1] KON, Nelson. *Edifício Louveira*. São Paulo, [s.d.]. Disponível em: https://www.nelsonkon.com.br/edificio-louveira/. Acesso em: 17 agosto 2026.

Figura 17– Edifício Albatroz, São Paulo/SP



Fonte: KON, Nelson. *Edifício Albatroz*. São Paulo, [s.d.].[2]

A relação entre a materialidade da envoltória e o desempenho ambiental torna-se particularmente evidente na utilização do vidro, cuja presença na arquitetura moderna brasileira evidencia tensões entre aspectos estéticos e ambientais. Conforme argumentam Amorim et al. (2020), a arquitetura atua como um filtro determinante para a luz natural; os autores observam, no entanto, que um dos maiores ícones do movimento modernista, Brasília, é marcado pelo uso extensivo do vidro e do concreto por Oscar Niemeyer e Lúcio Costa, resultando em fachadas que frequentemente apresentam pouca consideração pela orientação solar. Segundo os autores, essa "vitrificação" da paisagem urbana trouxe desafios críticos de ganho térmico e ofuscamento, tornando necessária a modernização de edifícios com mais de 50 anos para atender às exigências contemporâneas de conforto e desempenho.

Diante da necessidade de adequação das edificações existentes às exigências contemporâneas de conforto e desempenho, o *retrofit* pode ser compreendido como um processo de modificação, adaptação e readequação das condições construtivas, com o objetivo de modernizar componentes, estruturas e instalações. Essas intervenções podem contribuir para a melhoria do desempenho energético, funcional e estrutural da edificação, prolongando sua

[2] KON, Nelson. Edifício Albatroz. São Paulo, [s.d.]. Disponível em: https://www.nelsonkon.com.br/edificio-albatroz/. Acesso em: 17 agosto 2026.

vida útil e favorecendo o uso eficiente dos recursos naturais e as condições de conforto dos usuários (Citadini de Oliveira; Vaz; Ghisi, 2024).

Quando direcionado especificamente ao desempenho energético, o retrofit envolve a atualização e a modernização dos sistemas construtivos e prediais, buscando reduzir o consumo de energia e melhorar as condições ambientais internas. Nesse processo, podem ser incorporadas soluções voltadas à eficiência energética e ao conforto térmico, preservando, quando pertinente, a configuração arquitetônica e os elementos originais da envoltória (Carvalho; Cunha; Oliveira, 2021).

Entretanto, o conceito de *retrofit* não se restringe às intervenções realizadas no edifício de forma isolada. Campagner *et al.* (2023) ampliam essa compreensão ao relacioná-lo à sustentabilidade urbana e à requalificação territorial, considerando a relação entre a edificação e seu entorno, a preservação da identidade local, a redução dos resíduos decorrentes de processos de demolição e a possibilidade de promover novos usos para estruturas existentes.

Sob a perspectiva ambiental, Biasi, Bertuol e Passuello (2022) abordam o *retrofit* a partir da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), destacando a reutilização e a renovação do estoque edificado existente como alternativas à demolição e à reconstrução. Sob essa abordagem, a permanência e a adaptação das edificações podem reduzir o consumo de novos materiais e as emissões de gases de efeito estufa associadas às diferentes etapas do ciclo de vida.

Dessa forma, o *retrofit* pode ser entendido como uma estratégia de intervenção em edificações existentes que ultrapassa a simples modernização de seus sistemas, podendo incorporar objetivos relacionados à melhoria do desempenho energético, à adequação funcional, ao conforto dos usuários, à preservação dos recursos existentes e à redução dos impactos ambientais. No contexto do PBE Edifica, essa discussão assume particular relevância quando as intervenções realizadas na edificação possibilitam a melhoria de seu desempenho energético e, consequentemente, de sua classificação de eficiência energética.

Quando aplicada a edificações de interesse arquitetônico, essa perspectiva envolve também a articulação entre a preservação do patrimônio e a otimização do desempenho termoenergético, que representa um dos desafios centrais da pesquisa contemporânea sobre tecnologia do ambiente construído. Com as mudanças climáticas, a reabilitação de edifícios existentes, especialmente os de matriz modernista, é necessária para a redução do consumo de energia elétrica e dos impactos ambientais. Conforme defendem Paiva e Rodrigues (2025), a

intervenção em edifícios ociosos de valor patrimonial permite conciliar a preservação de elementos caracterizantes das concepções originais com a implementação de medidas de eficiência energética, estimando-se que alterações na envoltória e adaptações climáticas possam diminuir em até 30% o consumo energético de edificações degradadas.

No caso do patrimônio modernista, tais intervenções precisam dialogar com o repertório formal legado pelo movimento moderno: a arquitetura modernista brasileira, influenciada pelos preceitos de Le Corbusier, como pilotis, planta livre e janelas em fita, oferece uma base estrutural que, embora historicamente relevante, muitas vezes demanda atualizações em sua envoltória para responder adequadamente ao clima local. No estudo de caso do edifício IPASE em Natal (RN), Paiva e Rodrigues (2025) destacam que estratégias bioclimáticas como ventilação natural, sombreamento e controle do fator de calor solar são passíveis de intervenção sem descaracterizar a linguagem arquitetônica. A proposição de novas esquadrias com brises de madeira a 45 graus, por exemplo, revelou-se eficiente em simulações para diminuir a carga térmica, mantendo níveis de iluminância natural acima de 240 lux, o que configura um desempenho superior segundo as normas vigentes.

Paralelamente às intervenções na envoltória, o sistema de iluminação artificial constitui outro componente relevante, representando parcela significativa do consumo de energia em edificações educacionais e institucionais. No contexto de *retrofits* em ambientes de ensino superior, como o edifício CAD 3 da UFMG, Monteiro *et al.* (2024) argumentam que a substituição de fontes fluorescentes por tecnologia LED deve ser acompanhada de uma integração estratégica com a luz natural e uma análise da eficiência luminosa. No entanto, os autores advertem que o atendimento estrito aos parâmetros de eficiência energética estipulados pela INI-C ou aos níveis de iluminância da NBR ISO/CIE 8995-1 é insuficiente para garantir a qualidade ambiental plena.

Nesse sentido, Monteiro et al. (2024) ressaltam que projetos focados exclusivamente em redução de consumo e conforto visual imediato tendem a negligenciar os efeitos não visuais da luz (Non Image Forming Light Effects), isto é, os efeitos da luz que não estão relacionados à visão propriamente dita, mas à regulação de funções biológicas. A luz artificial impacta diretamente o ritmo circadiano, o bem-estar e o estado de alerta dos usuários, sendo necessário que as intervenções em edifícios modernos adotem métricas mais complexas, como o Equivalent Melanopic Lux, unidade que quantifica o estímulo da luz sobre os receptores biológicos responsáveis por essa regulação, e não apenas sua intensidade percebida

visualmente. As simulações realizadas pelos autores indicam que a escolha da luminária não deve se basear apenas na potência ou no fluxo luminoso, mas em uma "análise holística" que contemple o estímulo biológico adequado, evitando que a eficiência energética resulte em ambientes que prejudiquem o desempenho cognitivo ou a saúde dos ocupantes.

A partir dessas considerações, a eficiência energética na arquitetura moderna não deve ser reduzida à mera substituição de componentes, mas compreendida como um processo de reabilitação que respeita a integridade formal enquanto incorpora tecnologias de baixo impacto e alta performance. Como sugerem Paiva e Rodrigues (2025), a associação entre preservação e sustentabilidade é viável através de intervenções que seguem os princípios da mínima intervenção e reversibilidade, garantindo que o edifício retome sua funcionalidade social com o menor custo operacional possível.

No âmbito das edificações públicas, Santos *et al.* (2021) apresentam uma análise crítica sobre a dicotomia existente entre a linguagem arquitetônica e a eficiência operacional. O estudo de caso desenvolvido pelos autores focou na Fatec Franco Rocha, uma edificação que possui área construída de 7.300 m² e que segue um estilo arquitetônico adotado em outras unidades, com destaque para o modernismo do concreto armado e estruturas metálicas à mostra. Apesar do valor estético e da robustez construtiva característica desse paradigma arquitetônico, os autores ressaltam que as instalações internas frequentemente seguem um "padrão antigo que nada tem a ver com eficiência energética". Essa obsolescência é exemplificada pelo sistema de iluminação artificial, composto majoritariamente por lâmpadas fluorescentes tubulares, uma tecnologia considerada ultrapassada por possuir vida útil curta e conter metais pesados, como o mercúrio, que representam riscos ambientais significativos em caso de descarte inadequado.

No que se refere especificamente ao sistema de iluminação, Santos et al. (2021) defendem que a eficiência energética deve ser compreendida pela relação técnica entre o fluxo luminoso e a potência consumida (lúmens/watt). Os autores argumentam que a transição para a tecnologia LED é imperativa para tornar o edifício mais eficiente, uma vez que essa mudança técnica e sustentável permite uma diminuição de aproximadamente 56% no consumo total de energia elétrica da instituição, sem interferir no posicionamento das luminárias ou na qualidade da iluminação artificial.

Sob essa perspectiva, a reabilitação do patrimônio modernista, associada à gestão da energia, exige que a arquitetura deixe de ser apenas um "espelho" estético para se tornar um

modelo de sustentabilidade. Para Santos et al. (2021), a substituição de componentes ineficientes por soluções técnicas de alta durabilidade é uma medida eficiente para que as instalações públicas reduzam o desperdício de recursos, alinhando-se à agenda climática global.

Essa mesma preocupação se estende ao patrimônio moderno brasileiro como um todo: sua preservação impõe desafios que transcendem a mera manutenção da forma, exigindo uma reabilitação que incorpore critérios de desempenho ambiental e sustentabilidade. No campo acadêmico, esse processo é compreendido como uma adequação necessária de edificações históricas às práticas atuais de segurança, infraestrutura e, primordialmente, eficiência energética. Conforme afirmam Torres, Brasileiro e Cardoso (2019), as intervenções em objetos modernos devem buscar um equilíbrio delicado, a fim de atender às demandas de conforto dos usuários contemporâneos sem violar as diretrizes de conservação e o mérito artístico-arquitetônico do bem tombado.

Essa busca por equilíbrio ainda carece de consolidação no Brasil, uma vez que a convergência entre preservação histórica e ambiental permanece como uma área pouco explorada, frequentemente referenciada sob o conceito de "patrimônio sustentável". De acordo com Torres, Brasileiro e Cardoso (2019), edificações construídas há muitas décadas apresentam um consumo energético que tende a se elevar em decorrência do desgaste natural de componentes construtivos e instalações ao longo do tempo, tornando imperativa a sua conformidade com as normas atuais de desempenho. O movimento moderno brasileiro, exemplificado por obras como a Vila Operária da Gamboa (1931) de Gregori Warchavchik e Lúcio Costa, trazia em sua gênese a racionalização da planta e a preocupação com a ventilação e iluminação diretas como preceitos de higiene e conforto.

Figura 18– Vila Operária da Gamboa, Rio de Janeiro/RJ



Fonte: Bafafá (2022)

Nesse contexto, intervenções de retrofit podem contribuir para a melhoria da eficiência energética de edificações modernistas por meio da adequação de variáveis arquitetônicas passivas. No estudo de caso da Vila Operária da Gamboa, Torres, Brasileiro e Cardoso (2019) argumentam que intervenções estratégicas, como a substituição de cores externas por tons de maior refletância (cor branca), a alteração do mecanismo de abertura das esquadrias para aumentar a área de ventilação em 125% e o uso de coberturas térmicas com bolsões de ar são capazes de elevar significativamente o nível de eficiência energética da envoltória. Os autores concluem que tais medidas permitiram que as unidades habitacionais passassem de classificações de desempenho “D” e “E”, segundo o Método Prescritivo do RTQ-R (no estado original/descaracterizado), para níveis “B” e “C”, indicando a viabilidade da readequação energética para garantir a função social e a longevidade do patrimônio moderno.

Diante do exposto, observa-se que a relação entre arquitetura moderna e desempenho ambiental não ocorre de forma direta. As mesmas categorias formais (planta livre, superfícies envidraçadas, ausência de ornamento) podem, a depender da orientação, da proporção de aberturas, do sombreamento e do contexto climático, tanto favorecer quanto comprometer o desempenho ambiental da edificação, o que reforça a necessidade de avaliação caso a caso, e não de uma classificação genérica associada ao período ou ao estilo arquitetônico.

Essa constatação orienta diretamente a abordagem adotada no presente estudo sobre a BPED: antes de qualificar sua arquitetura como favorável ou desfavorável ao desempenho ambiental, foi necessário examinar empiricamente sua orientação solar, a proporção e o tratamento de suas aberturas e os eventuais dispositivos de proteção solar existentes, evitando-se generalizações baseadas apenas no período histórico ou no repertório formal da edificação.

3.3.Iluminação e eficiência energética

3.3.1. A Iluminação: Fundamentos Conceituais

A iluminação natural constitui uma interface fundamental entre o ambiente construído e o meio exterior, ultrapassando a função pragmática de aporte lumínico para assumir papel relevante na percepção sensorial e psicológica do usuário. Nesse contexto, a configuração de janelas e sistemas de esquadrias deve ser pautada não apenas pela entrada de luz, mas também considerando variáveis que influenciam a percepção de localização, a orientação temporal e o conforto psicológico dos ocupantes. Desse modo, diferentes tipologias e posicionamentos de aberturas demandam estratégias de proteção e captura capazes de evitar a incidência solar direta

sobre o plano de trabalho, redirecionando a luz para o interior do ambiente (Ribeiro; Cabús, 2023).

Além de sua contribuição para o conforto ambiental, a literatura aponta que a iluminação natural é a fonte de luz que oferece a melhor resposta visual ao ser humano, desempenhando papel crucial não apenas na promoção do conforto e da saúde fisiológica e psicológica, mas também na redução do consumo de energia elétrica nas edificações. Peterle e Laranja (2021) destacam que níveis adequados de iluminância constituem condição essencial para que os ocupantes realizem suas atividades cotidianas de forma eficiente e segura. No entanto, os autores ressaltam que o acesso a esse recurso é fortemente condicionado à legislação urbana e aos códigos de obras municipais, os quais frequentemente se revelam instrumentos reguladores ineficientes ao priorizarem dimensões mínimas que não conduzem ao desempenho lumínico ideal.

A partir da abordagem da Ergonomia do Ambiente Construído, Araujo et al. (2020) afirmam que a iluminação é o fator ambiental determinante para assegurar visibilidade, segurança funcional e também opera como elemento de orientação espacial e de composição de atmosferas geradoras de sensações psicoemocionais nos usuários. Os autores destacam ainda que, além do aspecto quantitativo, a qualidade lumínica de uma biblioteca é influenciada pela paleta cromática das superfícies, recomendando-se o uso de cores claras para suscitar percepção de claridade, concentração e tranquilidade, e evitando-se tons escuros, associados à agitação e ao cansaço.

Complementando essa abordagem, Melo et al. (2020) apontam que o planejamento do sistema de iluminação deve ser analisado como uma estratégia multifacetada, integrando, de forma harmônica, o aporte de luz natural e artificial. Sob a perspectiva do conforto ambiental, a iluminação constitui um dos três eixos fundamentais, ao lado do conforto térmico e acústico, que influenciam o bem-estar físico e psicológico do ocupante, sendo o conforto lumínico atingido quando o esforço fisiológico despendido na realização de uma tarefa visual é minimizado, o que depende, intrinsecamente, da intensidade e da qualidade da luz. A fundamentação teórica dos autores ancora-se nos princípios da sustentabilidade, que apontam o aproveitamento consciente dos recursos naturais, sobretudo em regiões tropicais, como forma de promoção da eficiência energética. Os autores ressaltam, todavia, que a disponibilidade de luz natural decresce à medida que os planos de trabalho se afastam das janelas, o que demanda

o uso complementar e estratégico da iluminação artificial para o atendimento dos níveis de iluminamento preconizados (Melo *et al.*, 2020).

3.3.2. Parâmetros Normativos e Conforto Lumínico em Bibliotecas

No contexto normativo, a ABNT NBR ISO/CIE 8995-1 estabelece os requisitos de iluminação para ambientes internos, segundo a qual uma "boa iluminação" transcende a simples visualização da tarefa, devendo permitir sua execução com facilidade e conforto. Para o contexto específico de bibliotecas, a referida norma estabelece 200 lux para áreas de estantes e 500 lux para áreas de leitura e estações de trabalho. Além disso, a norma aponta a necessidade de atenção à distribuição da luminância, ao controle do ofuscamento, à direcionalidade da luz, à reprodução de cores e à manutenção constante dos equipamentos (Melo *et al.*, 2020).

A literatura também destaca o impacto da iluminação na saúde ocular e no desempenho humano, apontando que níveis inadequados de intensidade podem causar um esforço excessivo, sendo prejudicial à visão. Diante desses aspectos, a integração entre o layout do mobiliário e as aberturas de luz é apontada como diretriz de projeto essencial para que estantes ou divisórias não se tornem barreiras físicas ao fluxo luminoso, assegurando a qualidade do processo de aprendizagem em ambientes acadêmicos (Melo *et al*., 2020).

Em pesquisa voltada a edifícios históricos adaptados a usos acadêmicos, Barros *et al*. (2024) reforçam que o conforto visual em ambientes de aprendizagem e leitura é parte integrante do processo pedagógico. Dessa maneira, níveis de iluminamento insuficientes ou desuniformes são apontados como causadores de danos à saúde e de queda no desempenho acadêmico. Nesses contextos, a complexidade projetual é aumentada pela necessidade de conciliar exigências normativas modernas, como a iluminância média de 500 lux e a uniformidade de 70% prescritas pela NBR ISO/CIE 8995-1, com a preservação da ambiência do patrimônio tombado.

Em consonância com essas exigências, Castro et al. (2023) analisaram o desempenho luminoso de bibliotecas em estrita consonância com a ABNT NBR ISO/CIE 8995-1, estabelecendo requisitos diferenciados conforme a tarefa visual: 500 lux para leitura intensiva, escrita e informática, e 200 lux para áreas de estantes e acervos. Os autores destacam que a uniformidade da luz, calculada pela razão entre iluminância mínima e média, deve ser superior a 70%, a fim de garantir a homogeneidade da área de tarefa e evitar contrastes excessivos causadores de fadiga visual. Em síntese, os autores argumentam que o sucesso de um projeto

luminotécnico em bibliotecas depende de equilíbrio rigoroso entre conforto visual, eficiência energética e conservação preventiva do acervo (Castro *et al.*, 2023).

Esses parâmetros também são adotados por Santos et al. (2023) e Santos (2026), que estabeleceram a iluminância média de 500 lux para salas de leitura e de 200 lux para áreas de estantes como referência normativa central da NBR ISO/CIE 8995-1 aplicada a bibliotecas. Queiroz e Abreu (2024) estabeleceram, com base na Norma de Higiene Ocupacional nº 11 (NHO 11) da Fundacentro e na Norma Regulamentadora nº 17 (NR 17), que os requisitos mínimos de iluminância variam conforme a tarefa visual: 200 lux para áreas de estantes e 500 lux para postos de trabalho e áreas de leitura, para garantir precisão informacional e conforto do usuário.

3.3.3. Iluminação e Saúde dos Usuários

Sob a perspectiva da cronobiologia aplicada à arquitetura, Barros *et al*. (2024) apontam que a luz atua como o principal sincronizador do ritmo circadiano humano, processo mediado pela estimulação das células ganglionares da retina intrinsecamente fotossensíveis (ipRGC), responsáveis pela regulação da secreção de hormônios como o cortisol e a melatonina. Os autores destacam que as propriedades da luz relevantes ao sistema circadiano diferem daquelas requeridas pelo sistema visual, sendo necessárias intensidades luminosas até 20 vezes superiores para sua ativação.

A partir dessa relação entre luz e sistema circadiano, fontes com alta temperatura de cor e picos de energia em comprimentos de onda curtos, comuns em lâmpadas LED, possuem maior potencial de supressão da melatonina, podendo desencadear estresse e distúrbios do sono na ausência de planejamento luminotécnico adequado. Como métricas de avaliação desses estímulos não visuais, os autores indicam o Equivalent Melanopic Lux (EML) e a Razão Melanópica (M/P), recomendando o equilíbrio entre iluminância vertical satisfatória e temperatura de cor neutra entre 3.000 K e 4.000 K, como diretriz para assegurar o estado de alerta e o bem-estar biológico dos estudantes (Barros *et al*., 2024).

Ampliando essa discussão para os ambientes institucionais, Santos e Ribeiro (2024) apontaram a iluminação artificial como subsistema ambiental de complexidade multifacetada, determinante não apenas para a visibilidade, como também para o bem-estar biopsicossocial e a produtividade dos usuários, empregando a métrica do Estímulo Circadiano (CS) para avaliar o impacto da radiação luminosa na supressão da melatonina. Os autores argumentam que a

gestão da qualidade luminosa em instituições públicas frequentemente negligencia o sistema circadiano dos usuários ao adotar critérios de aquisição baseados apenas em potência e custo, o que pode comprometer a saúde e o desempenho dos ocupantes.

Quanto aos efeitos da exposição luminosa sobre o organismo, Silva, Figueiredo e Radaelli (2025) acrescentam que a luz regula o ciclo circadiano, marcador temporal interno de cerca de 24 horas localizado no núcleo supraquiasmático do hipotálamo, influenciando a produção hormonal e a disposição do indivíduo. Segundo as autoras, o desequilíbrio entre luz natural e artificial, seja pela exposição prolongada a ambientes subiluminados, seja pelo uso excessivo de luz artificial à noite, pode acarretar distúrbios como insônia, depressão, obesidade, diabetes e até o desenvolvimento de tumores, em razão da supressão da melatonina. A luz natural, por sua vez, é apontada como melhor opção por concentrar a porção azul do espectro, essencial à estimulação circadiana e à síntese de vitamina D.

A discussão também se estende ao campo da neuroarquitetura, no qual Agustinho (2025) argumenta que a luz atua como regulador biológico vital, sincronizando o ciclo sono-vigília e influenciando a produção hormonal, o metabolismo, a saúde mental e os estados de alerta ou letargia dos usuários, além de modular o comportamento socioespacial, interferindo na distância interpessoal e na duração das interações sociais. Nessa mesma linha, Queiroz e Abreu (2024) apontam que a iluminação deficitária pode desencadear desde agravos oculares, irritação, ardor, cansaço visual e alterações na acuidade, até distúrbios neurológicos e emocionais, como estresse, fadiga crônica, dores de cabeça e desequilíbrio emocional, afirmando ainda que ambientes com luz insuficiente induzem maior produção hormonal relacionada à sonolência e à apatia.

3.3.4. Conforto Visual e Conservação de Acervos

A iluminação em ambientes de biblioteca é caracterizada por Santos *et al*. (2023) como subsistema arquitetônico de complexidade dupla, atuando simultaneamente como suporte à atividade cognitiva humana e como agente catalisador de processos de degradação físico-química de materiais bibliográficos. Segundo os autores, o projeto luminotécnico contemporâneo deve transcender os requisitos puramente visuais, incorporando abordagem holística que considere tanto os efeitos não visuais da luz sobre o sistema biológico humano quanto a vulnerabilidade dos acervos de celulose à radiação energética.

Nesse sentido, os autores apontam um paradoxo: os níveis de iluminância preconizados para o conforto humano excedem drasticamente os limites de segurança para a conservação preventiva. Enquanto a norma exige 200 lux para acervos, conservadores recomendam que materiais sensíveis, como o papel, não sejam expostos a mais de 55 lux. A manutenção de 200 lux durante dez horas diárias resulta em exposição de 500.000 horas-lux/ano, valor dez vezes superior ao limite anual de 50.000 hlx/ano indicado para materiais de alta sensibilidade. Os autores destacam, ainda, que a radiação ultravioleta é o componente mais nocivo, sendo a luz natural a fonte mais preocupante em razão de seus elevados índices de emissão UV, que aceleram o esmaecimento de tintas e a fragilização das fibras de celulose (Santos *et al.*, 2023).

Para mitigar esse conflito, Santos *et al.* (2023) apontam a "lei da reciprocidade", que preconiza a redução conjunta da intensidade e da duração da exposição luminosa como estratégia projetual central, destacando a vantagem da transição para sistemas de LED, que não emitem radiação UV nem infravermelha. Complementarmente, os autores recomendam a instalação de sensores de presença em áreas de guarda, o uso de filtros UV em aberturas zenitais e a separação física entre salas de leitura, intensamente iluminadas, e áreas de acervo, com luz controlada, como critérios essenciais para harmonizar a experiência do usuário com a perenidade do patrimônio documental.

Em complemento às estratégias de conservação, Castro et al. (2023) destacam que a iluminação inadequada contribui para o desgaste acelerado de materiais celulósicos, demandando soluções de controle como filtros UV, persianas e dimerização para salvaguardar o acervo. Simões (2025), em análise da Biblioteca Central Fernando de Castro Moraes, destaca como o detalhamento de esquadrias de alumínio e o uso de brise-soleil de concreto e veneziana de vidro conferem à edificação salubridade lumínica e permeabilidade visual com o entorno, integrando a biblioteca à vegetação do campus, que filtra a luz e suaviza a transição entre ambiente construído e meio natural.

3.3.5. Estudos de caso de iluminação e eficiência energética em bibliotecas universitárias e públicas

A aplicação dos princípios anteriormente discutidos pode ser observada em estudos de caso envolvendo bibliotecas e edificações, nos quais a eficiência energética é analisada em conjunto com o desempenho lumínico e o conforto dos usuários. No âmbito da neuroarquitetura, Bernardo (2021), analisando criticamente estudos de caso como a Biblioteca Mário de Andrade e a Biblioteca da Escola Umbrella, discute soluções arquitetônicas capazes

de otimizar o desempenho lumínico, como o uso de fachadas de vidro anguladas a 82º como tática eficiente para permitir transparência e entrada de luz, evitando reflexos incômodos e criando barreira térmica. A autora enfatiza a primazia da iluminação natural, classificando-a como a melhor fonte de luz para o ambiente construído, ao mesmo tempo em que ressalta o papel complementar indispensável da iluminação artificial para manter o usuário concentrado, ativo e produtivo em qualquer período do dia.

Em uma abordagem voltada à relação entre consumo energético e desempenho lumínico, Santos (2026), ao avaliar a Biblioteca Central da Universidade Federal de Sergipe (BICEN/UFS), evidencia um paradoxo entre eficiência energética e qualidade ambiental: a edificação analisada obteve baixa densidade de potência instalada (4,30 W/m²), compatível com classificações elevadas nas etiquetas de consumo da INI-C. No entanto, a iluminância média real atingiu apenas 368 lux, valor significativamente inferior aos 500 lux exigidos pela norma, evidenciando que a economia de energia não deve ser dissociada da performance luminotécnica. A autora defende, assim, que um projeto de iluminação verdadeiramente eficiente deve equilibrar a conservação de recursos com a integridade das funções biológicas e intelectuais dos estudantes.

Por sua vez, ao abordar edificações históricas adaptadas a novos usos, Barros et al. (2024), da Universidade Federal de Sergipe, analisam os desafios para alcançar o "Nível A" de eficiência em edifícios históricos adaptados. Os autores apontam que o processo de *retrofit* nesses casos deve equilibrar a manutenção da ambiência histórica com a necessidade de atender ao conforto ambiental, muitas vezes enfrentando dependência crônica da iluminação artificial durante o período diurno, exacerbada por conflitos ambientais, como a necessidade de manter esquadrias fechadas para isolamento acústico ou mitigação de ofuscamento e ganho de calor (Barros *et al.*, 2024).

Sob uma perspectiva complementar, voltada aos requisitos de controle do sistema de iluminação, Castro e Barros (2019) analisam o caso da biblioteca da Universidade Metodista de Piracicaba e argumentam que, apesar de um baixo consumo nominal obtido com lâmpadas fluorescentes tubulares T5 e LEDs em potência inferior aos limites máximos para o Nível A, a negligência de pré-requisitos de controle, como a ausência de circuitos independentes para luminárias em zonas primárias e a falta de dispositivos de desligamento automático, pode rebaixar a classificação do sistema de iluminação do nível de excelência (A) para patamares intermediários (C).

3.3.6. Iluminação e Comportamento do Usuário

A partir das contribuições da neuroarquitetura e da fenomenologia, Silva, Figueiredo e Radaelli (2025) caracterizam a iluminação como "matéria comunicativa" que permite ao usuário sentir a arquitetura e perceber a relação entre as dimensões reais e figurativas do espaço, reforçando que a correta distribuição espacial da luz e o controle de parâmetros como ofuscamento e contraste são cruciais para assegurar qualidade visual e conforto lumínico.

Nessa perspectiva, Agustinho (2025) defende que a relação entre luz e usuário é intrinsecamente dinâmica e biunívoca: enquanto os estímulos luminosos provocam alterações nas reações e no comportamento dos ocupantes, estes exercem ações adaptativas, reativas, ao modificarem a si mesmos, ou interativas, ao alterarem elementos do ambiente para alinhar o espaço às suas necessidades psicofisiológicas. A dimensão psicológica da iluminação é explorada pela autora por meio do conceito de ambiência, no qual o projeto luminotécnico busca evocar sensações emocionais e estabelecer hierarquias de atenção no campo visual, processo influenciado pelo fototropismo humano, tendência instintiva de direcionar o olhar e o movimento para pontos de maior brilho e contraste, variável que fundamenta a orientação espacial e a circulação em ambientes complexos.

Especificamente no contexto das bibliotecas universitárias, Agustinho (2025) afirma que, embora a conformidade com parâmetros técnicos seja essencial para mitigar estresse e fadiga visual, o planejamento da iluminação deve superar o reducionismo quantitativo. Um dos resultados centrais da sua pesquisa revela que o campo visual, especialmente a qualidade da vista externa e o contato com elementos naturais, atua como principal critério de escolha espacial pelos usuários, muitas vezes superando o rigor técnico das iluminâncias no plano de trabalho e levando os indivíduos a aceitar até mesmo o risco de ofuscamento em benefício de uma experiência visual mais estimulante e esteticamente agradável. Do ponto de vista psicológico, a autora acrescenta que a percepção ambiental é subjetiva, moldada por fatores intrínsecos, como gênero e experiências passadas, e por leis de organização visual estabelecidas pela Gestalt.

Complementarmente, sob a perspectiva da ergonomia, Queiroz e Abreu (2024) destacam que a qualidade lumínica transcende a mera intensidade do fluxo luminoso, sendo também influenciada pela regularidade da distribuição da luz e pela conservação das superfícies: o estado das paredes, incluindo manchas e descascamentos mesmo em tons claros, pode comprometer o aproveitamento da luz natural e artificial no recinto. Os autores

recomendam, entre as estratégias de mitigação, a manutenção corretiva das instalações, o incremento no número de luminárias e a aplicação de paletas cromáticas frias, tons de azul, verde e violeta, reconhecidas por seus efeitos calmantes na redução do estresse e no aumento da vitalidade dos ocupantes.

3.3.7. Estratégias Projetuais de Aproveitamento da Luz Natural

No campo da arquitetura bioclimática, Mapelli, Laranja e Alvarez (2018) argumentam que a eficácia do aporte de luz natural é intrinsecamente dependente da geometria das aberturas, dimensão, posição e orientação, estabelecendo uma dicotomia entre as tipologias de fenestração lateral e zenital. Segundo os autores, enquanto as aberturas laterais tendem a apresentar grandes contrastes e desuniformidade, decorrentes da concentração de luz próxima à abertura e do decaimento lumínico na profundidade do ambiente, as aberturas zenitais são descritas como as fontes mais eficientes de luminosidade, por incidirem de forma perpendicular ao plano de trabalho horizontal e promoverem distribuição mais homogênea, facilitando a conformidade com as exigências de uniformidade da NBR ISO/CIE 8995-1.

A partir dessa diferenciação entre as tipologias de abertura, utilizando a métrica da Iluminância de Luz Natural Útil (UDI), Mapelli, Laranja e Alvarez (2018) apontam que, em cenários de céu encoberto, a tipologia do tipo dômus é mais eficiente para o aproveitamento de luz. Por outro lado, em regiões de céus claros ou parcialmente nublados, o uso de lanternins ou *sheds* é preconizado como estratégia superior, por sua capacidade de manter elevados índices de uniformidade e prover proteção contra a radiação solar direta. Os autores concluem que o sucesso do projeto depende de um dimensionamento que supere as exigências mínimas dos códigos de obras, priorizando a qualidade da distribuição da luz em detrimento do mero aporte quantitativo (Mapelli; Laranja; Alvarez, 2018).

Entretanto, Orlandi *et al.* (2025) ressaltam que, embora a luz natural seja estratégica para a redução do consumo de energia com iluminação artificial, seu ingresso descontrolado, sobretudo por aberturas zenitais em climas tropicais quentes e úmidos, pode resultar em radiação solar direta excessiva, desconforto térmico e ofuscamento. Assim, os autores apontam a integração de dispositivos de sombreamento, como o muxarabi, como solução de alta performance para mediar a interface entre ambiente interno e abóbada celeste, demonstrando que a eficácia desses elementos depende de parâmetros geométricos e ópticos precisos, como a redução da malha para tramas de 10x10 cm e a aplicação de baixos coeficientes de refletância, que se mostram superiores na absorção da radiação excedente e na promoção de iluminância

útil e homogênea. Os autores argumentam que o desempenho ideal é alcançado quando o projeto mitiga níveis de iluminância excessiva (E ≥ 3.000 lx) enquanto mantém níveis de iluminância suficiente (entre 300 lx e 3.000 lx) pela maior parte do período ocupado, recomendando a inclinação estratégica das aletas especificamente a 45º para sul, em latitudes como a de Vitória-ES (Orlandi *et al.*, 2025).

Em consonância com a necessidade de controle da radiação solar, Sá et al. (2023) destacam que a integração com a iluminação natural deve ser tratada com cautela no projeto arquitetônico, uma vez que o uso de fachadas envidraçadas com vidro simples, sem tratamento térmico ou lumínico, pode resultar em entrada excessiva de luz e calor, provocando desconforto visual e térmico aos usuários. Para mitigar esses efeitos, os autores recomendam o uso de dispositivos de controle solar, como brises, associado ao fracionamento dos circuitos de iluminação em múltiplas fases, no mínimo três, permitindo o acendimento parcial das lâmpadas conforme o uso real do ambiente.

3.3.8. Eficiência energética em sistemas de iluminação

Diante da crescente demanda por recursos naturais e do risco de escassez, a eficiência energética nas edificações consolidou-se como um pilar fundamental para o desenvolvimento sustentável. No Brasil, essa avaliação é balizada pela Instrução Normativa Inmetro para a classificação de eficiência energética de edificações comerciais, de serviços e públicas, que utiliza o consumo de energia primária como métrica para a obtenção da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (Barros *et al.*, 2025).

Nesse contexto, Barros et al. (2025) ressaltam que a substituição de lâmpadas por tecnologias mais eficientes, como o LED, não é, por si só, suficiente para garantir eficiência máxima. A ausência de projeto luminotécnico fundamentado e a falta de integração sinérgica entre os sistemas de iluminação artificial e natural resultam em classificações inferiores, sendo imprescindível, para a elegibilidade ao nível de eficiência superior, a incorporação de estratégias de controle dinâmico, como fotossensores em zonas primárias e sistemas de desligamento automático.

Castro e Barros (2019) caracterizam a iluminação como subsistema crítico para a racionalização do consumo de energia elétrica, especialmente em edifícios públicos e educacionais, ancorando sua análise nos critérios do Programa Brasileiro de Etiquetagem e nos Requisitos Técnicos da Qualidade, que classificam o desempenho luminotécnico por meio da

Densidade de Potência de Iluminação. As autoras enfatizam a relevância da contribuição de luz natural e dos sistemas de desligamento automático como prerrogativas normativas essenciais para a obtenção de classificações superiores.

Quanto à modernização dos sistemas existentes, Corrêa et al. (2024) apontam que os sistemas convencionais, baseados predominantemente em lâmpadas fluorescentes, apresentam desvantagens como elevado consumo energético, altos custos operacionais e vida útil reduzida em comparação a tecnologias modernas como o LED, além de manutenção onerosa decorrente da alta frequência de falhas. Os autores destacam a conformidade com a NBR ISO 8995 como aspecto fundamental para garantir o conforto visual e a eficiência nas atividades laborais, apontando a ausência de automação, sensores de presença e controles de dimmer como fator que contribui para o desperdício energético. Segundo os autores, projetos de *retrofit* que associam a substituição por luminárias LED à adoção de tecnologias de controle, como o desligamento programado via CLP, apresentam alto potencial de economia: enquanto a literatura técnica indica redução de cerca de 30% no consumo energético, estudos de caso aplicados mostram reduções superiores a 68%, permitindo a obtenção do Nível A de eficiência na INI-C (Corrêa *et al.*, 2024).

Ampliando a análise para a integração entre iluminação e projeto arquitetônico, Vieira (2025) destaca que a eficiência de um sistema de iluminação artificial deve ser considerada de forma integrada ao projeto arquitetônico, buscando maximizar o aproveitamento da luz natural por meio da orientação estratégica das fachadas e do uso de dispositivos de controle solar, o que reduz substancialmente a dependência de luz artificial. O autor destaca que a implementação de lâmpadas LED, aliada a controles de automação, sensores de presença e reguladores de intensidade, permite ajustar o sistema às necessidades reais de ocupação. Em comparação com lâmpadas fluorescentes tradicionais, os sistemas LED oferecem maior vida útil, redução nos custos de manutenção e menor impacto ambiental, podendo a economia direta no consumo de energia atingir 50% na substituição de lâmpadas tubulares fluorescentes; a menor dissipação de calor dessa tecnologia ainda contribui para a redução das cargas térmicas internas, otimizando a eficiência energética global e resultando em tempo de retorno do investimento frequentemente inferior a dois anos (Vieira, 2025).

Sob a perspectiva do potencial de economia energética, Costa e Andrade Junior (2021), em sua revisão bibliográfica, destacam que a iluminação é responsável por aproximadamente 23% do consumo total de energia em prédios públicos voltados a atividades educacionais,

apontando o *retrofit* como uma das principais estratégias de otimização energética. Os autores sinalizam que a substituição de lâmpadas fluorescentes por tecnologia LED apresenta potencial de redução no consumo de energia de quase 50%, mantendo o nível de iluminância necessário com potência elétrica significativamente reduzida, além de superioridade em fluxo luminoso, eficiência luminosa e vida útil. Do ponto de vista econômico, tais intervenções apresentariam tempo de retorno do investimento estimado em aproximadamente três anos, sendo destacada, ainda, a importância do aproveitamento da luz natural e da relação janela-parede como fatores determinantes para a eficiência global das edificações (Costa; Andrade Junior, 2021).

Por fim, Sá *et al.* (2023) identificam que a gestão da iluminação em edificações institucionais é fator determinante para a eficiência energética, sobretudo diante do desperdício decorrente de hábitos de uso e de deficiências projetuais nos sistemas de controle, como a permanência de luzes acesas em ambientes desocupados e a ausência de divisão de circuitos nos interruptores, que impede o acionamento parcial das luminárias conforme a necessidade real do espaço.

3.4.Certificações ambientais na construção civil

A busca por práticas sustentáveis na arquitetura e na construção civil tem se intensificado nas últimas décadas, impulsionada por organizações, entidades políticas, gestores, arquitetos e engenheiros que visam incorporar princípios de proteção ambiental e desenvolvimento responsável ao setor. Nesse cenário, as certificações ambientais, conhecidas como “selos verdes”, surgem como resposta concreta às demandas da construção civil, com o objetivo de promover meios mais acessíveis para a assimilação do conceito de sustentabilidade. Nesse contexto, a emissão de certificações tem se tornado uma prática comum no setor de construções, influenciando o consumo de energia nos edifícios (Abreu, 2015). Dessa maneira, projetos tendem a apresentar o seu impacto para o setor energético, sendo possível comparar diferentes soluções construtivas entre as edificações (Procel, 2022).

A certificação ambiental é concedida a empreendimentos que cumprem requisitos legais e critérios definidos por órgãos certificadores ao longo das fases de projeto e construção. Pode ser aplicada tanto a obras quanto a serviços voltados à sustentabilidade, avaliando todo o ciclo da construção, da concepção ao término da obra. Mais do que uma ação pontual, trata-se de um processo contínuo que envolve a adoção de normas técnicas, a difusão da cultura da qualidade dentro das organizações e a integração com o meio ambiente e a sociedade. Inicialmente voltada

para destacar produtos com bom desempenho ambiental, a certificação passou a considerar também o processo produtivo, desde a origem dos materiais até a destinação dos resíduos.

Além de estabelecer critérios para a avaliação dos empreendimentos, as certificações ambientais buscam assegurar seu desempenho sustentável, minimizando os impactos negativos da construção civil. Atualmente, sua aplicação tornou-se essencial, visto que consumidores estão cada vez mais atentos à procedência e ao desempenho ambiental das edificações. Dessa forma, os selos funcionam como uma forma de comprovar que o projeto atende a critérios sustentáveis previamente estabelecidos. Além de atestar o compromisso ambiental das empresas, a certificação tem se tornado um critério relevante para consumidores conscientes, que buscam imóveis com práticas sustentáveis comprovadas (Sousa *et al.,* 2021).

Em uma perspectiva mais ampla, relacionada à gestão ambiental das organizações, destaca-se a implementação de Sistemas de Gestão Ambiental, sendo a certificação ISO 14001 a mais reconhecida internacionalmente, com ampla adoção em diversos países. Essa norma estabelece requisitos para que as empresas alinhem suas práticas sustentáveis à estratégia corporativa, promovendo melhorias no desempenho ambiental. Contudo, seu principal entrave refere-se aos custos envolvidos na certificação e implementação, o que demanda uma avaliação criteriosa dos benefícios esperados, especialmente em contextos de recursos limitados. Diante disso, muitas organizações recorrem a outras certificações, não apenas para demonstrar compromisso com a sustentabilidade, mas também como recurso de valorização institucional e estratégica (Gomes *et al.*, 2024).

Esses instrumentos de avaliação contribuem para a promoção da sustentabilidade e o bem-estar em edificações, tanto do ponto de vista de estratégias e metas, como para a economia de recursos naturais, de água potável e de energia elétrica. Diversos modelos de certificações vêm ganhando espaço no Brasil, tanto de origem nacional, quanto internacional. Os principais modelos abordados no presente estudo dividem-se em dois grupos: (i) Certificações nacionais: Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica para edificações (PROCEL); Selo de Alta Qualidade Ambiental (AQUA); Certificação *Green Building Council Brasil* (GBC) e suas quatro variações (Casa, Condomínio, *Life e Zero Energy*); (ii) Certificações internacionais/estrangeiras: norte-americana *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED); inglesa *Building Research Establishment Environmental Assessment Method* (BREEAM); norte-americana *WELL Building Standard* (Klein *et al.*, 2022).

Segundo Silva (2003), as certificações ambientais atendem à necessidade de avaliar o desempenho ambiental de edificações, inclusive em países considerados referência em construção sustentável, mas que não dispunham de mecanismos para atestar o grau de sustentabilidade de suas obras. Pinheiro (2006) ressalta que os sistemas de avaliação ambiental foram inicialmente estruturados a partir de conhecimentos já consolidados, dispensando a necessidade de novas pesquisas aprofundadas. Um marco importante foi o lançamento do BREEAM no Reino Unido, em 1990, considerado o primeiro método de certificação ambiental para edificações, sintetizando os objetivos sustentáveis a serem incorporados ao setor (Leite, 2011).

O avanço das certificações ambientais resultou na criação de metodologias próprias em diversos países, impulsionando a arquitetura sustentável e fomentando o desenvolvimento de edificações mais eficientes e ambientalmente corretas. Gebrim (2013) destaca que a sustentabilidade é alcançada por meio da coletividade, sendo fundamental que as decisões em projetos envolvam financiadores, consultores, arquitetos, projetistas, fornecedores, executores e usuários. Para o autor, os selos ambientais têm como objetivo inserir, desde a concepção do projeto, princípios de redução de impactos ambientais e otimização do uso de recursos, promovendo a conscientização de todos os envolvidos. Pinheiro (2006) reforça a importância dos sistemas de certificação para a efetivação dos princípios sustentáveis (Alves, 2019).

Desde 2001, o Brasil integra o sistema de etiquetagem de eficiência energética de edifícios, com o Procel Edifica, atualmente denominado Etiqueta PBE Edifica. Contudo, a avaliação ambiental de edificações no país depende majoritariamente de metodologias importadas, como o LEED, ou adaptadas, como o AQUA-HQE. As certificações são um meio para avaliar e aprimorar o desempenho ambiental de empreendimentos, levando em conta desde o planejamento do projeto até a construção e sua operação. Ao estabelecerem critérios e padrões rigorosos para a sustentabilidade, essas certificações incentivam a adoção de práticas mais eficientes, como a redução de desperdícios e a incorporação de tecnologias limpas e inovadoras.

Como resultado desse processo de consolidação, diferentes sistemas de certificação passaram a ser utilizados para avaliar e validar o desempenho ambiental das edificações. No cenário global, destacam-se a certificação LEED e a BREEAM. A primeira é uma das mais reconhecidas internacionalmente e analisa múltiplos critérios, como eficiência energética e qualidade do ar interno, enquanto a segunda, originária do Reino Unido, também adota uma avaliação ampla que inclui aspectos como saúde, bem-estar e resiliência climática. No contexto brasileiro, foram criadas certificações adaptadas à realidade nacional, como a AQUA, que se

tornou referência no país por sua análise de 14 categorias, e o Selo Casa Azul. Este último, uma iniciativa da Caixa Econômica Federal, é direcionado especificamente para incentivar a sustentabilidade em empreendimentos habitacionais (Broggio; Xavier; Serra, 2023).

Apesar da ampla difusão desses sistemas, Bueno e Rossignolo (2010) apontam que a utilização de sistemas de avaliação como o LEED pode resultar em edificações ambientalmente ineficientes, devido à inadequação de certos parâmetros à realidade brasileira, evidenciando a necessidade de metodologias mais regionalizadas. Silva, V., Silva, M. e Agoypan (2003) observam que métodos internacionais, como o LEED e o BREEAM, apresentam critérios detalhados que nem sempre se ajustam ao contexto nacional. Para esses autores, um método brasileiro mais eficiente deveria:

- Permitir uma implementação inicial gradual, contemplando os principais aspectos ambientais e incluindo a dimensão social do mercado;
- Bonificar iniciativas que demonstrem elevado comprometimento ambiental e aderência ao contexto regional;
- Realizar revisões periódicas para transformar gradualmente bonificações em requisitos obrigatórios, elevando metas e níveis de exigência;
- Incorporar o aspecto social por meio de ações socioeducativas, como treinamentos e especialização da mão de obra (Alves, 2019).

No contexto brasileiro, a avaliação da eficiência energética de edificações está inserida no Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações, desenvolvido a partir da atuação conjunta do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro) e do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. A iniciativa está relacionada à Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, estabelecida pela Lei nº 10.295/2001, que atribuiu ao poder público a responsabilidade de estabelecer mecanismos voltados à promoção da eficiência energética. Nesse contexto, o desenvolvimento dos procedimentos de avaliação das edificações passou a ser estruturado pelo Inmetro e pelo Grupo Técnico de Edificações, resultando na criação dos regulamentos específicos para edificações comerciais, de serviços e públicas (PBE Edifica, 2026).

A evolução do processo de avaliação da eficiência energética no Brasil está associada ao desenvolvimento de instrumentos normativos destinados à caracterização e à classificação do desempenho energético das edificações (Brasil, 2022). Esse processo está relacionado à consolidação do PBE Edifica, que estabeleceu procedimentos para avaliação e classificação da

eficiência energética de edificações comerciais, de serviços e públicas. Nesse contexto, destacam-se o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas, instituído pela Portaria Inmetro nº 372, de 17 de setembro de 2010, e, posteriormente, a Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (INI-C).

A evolução dessas normativas representa um processo de aprimoramento dos procedimentos de avaliação da eficiência energética no país. Enquanto o RTQ-C constituiu um marco inicial para a implantação da etiquetagem de edificações, estabelecendo critérios específicos para a avaliação da envoltória, da iluminação e do condicionamento de ar, a INI-C introduziu uma abordagem baseada no desempenho energético e na comparação do consumo de energia primária entre a edificação avaliada e uma condição de referência (Brasil, 2022).

Do ponto de vista metodológico, o RTQ-C admitia duas vias de avaliação: o método prescritivo, fundamentado em equações de regressão que relacionavam parâmetros construtivos a um desempenho estimado, e o método de simulação computacional, que permitia modelar o comportamento térmico e energético da edificação de forma mais detalhada. Em ambos os casos, cada um dos três sistemas avaliados recebia um equivalente numérico (EqNum), numa escala de 1 a 5, que era posteriormente ponderado por pesos distintos, usualmente da ordem de 30% para a envoltória, 30% para a iluminação e 40% para o condicionamento de ar, de modo a compor a pontuação geral que definia a letra final da etiqueta.

Apesar de sua relevância histórica como primeiro instrumento nacional de etiquetagem energética de edificações, o RTQ-C apresentava uma limitação estrutural relevante: o EqNum, embora suficiente para posicionar a edificação numa escala classificatória de A a E, não expressava uma grandeza física de consumo. Em outras palavras, o indicador não permitia que o proprietário, o projetista ou o próprio consumidor final soubesse, em termos absolutos, quanto de energia a edificação efetivamente consumiria, tampouco qual seria a economia gerada por determinada medida de eficiência. Essa lacuna entre classificação e quantificação real de consumo tornou-se, ao longo do tempo, um dos principais motores para a revisão do modelo regulatório (Brasil, 2022).

Para o sistema de iluminação, o RTQ-C estabelecia requisitos relacionados à potência instalada, à densidade de potência de iluminação e às características das atividades desenvolvidas nos ambientes. A Densidade de Potência de Iluminação (DPI) constituía um dos

principais indicadores utilizados para verificar o desempenho energético do sistema, permitindo relacionar a potência instalada à área iluminada e comparar os resultados obtidos com valores de referência estabelecidos para diferentes atividades (PBE Edifica, 2026).

Paralelamente ao desenvolvimento dos critérios técnicos de avaliação, o processo de conformidade das edificações no âmbito do PBE Edifica foi complementado pelos Requisitos de Avaliação da Conformidade para Eficiência Energética de Edificações (RAC), estabelecidos pela Portaria Inmetro nº 50, de 1º de fevereiro de 2013. O documento estabeleceu procedimentos relacionados ao processo de avaliação da conformidade e à obtenção da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE), contribuindo para a operacionalização do sistema de etiquetagem (Brasil, 2013).

O processo de revisão da metodologia de etiquetagem foi desenvolvido no âmbito do PBE Edifica, envolvendo estudos e pesquisas voltados ao aprimoramento da avaliação do desempenho energético das edificações. Esse processo resultou na elaboração de uma nova abordagem metodológica, posteriormente incorporada à regulamentação brasileira de eficiência energética de edificações. A mudança foi consolidada pela Portaria Inmetro nº 309, de 6 de setembro de 2022, que estabeleceu as Instruções Normativas Inmetro para a Eficiência Energética de Edificações. Entre os instrumentos definidos pela regulamentação encontram-se a INI-C, destinada às edificações comerciais, de serviços e públicas, e a INI-R, destinada às edificações residenciais (Brasil, 2022).

A INI-C representa uma evolução metodológica em relação ao RTQ-C ao adotar uma abordagem baseada no desempenho energético da edificação, tendo o consumo de energia primária como um dos principais indicadores da avaliação. A metodologia estabelece uma edificação de referência, associada à classe D, que serve como parâmetro para comparação com a edificação avaliada. A partir dessa relação, o desempenho energético é determinado considerando a diferença entre os consumos de energia primária estimados para as duas condições, permitindo expressar de maneira mais direta a redução do consumo energético em relação à referência (Brasil, 2022).

Essa mudança amplia a capacidade de interpretação dos resultados. Em vez de considerar somente o atendimento a requisitos específicos ou a obtenção de determinado Equivalente Numérico, a INI-C permite relacionar o desempenho da edificação ao consumo energético estimado. A utilização da energia primária possibilita ainda que diferentes formas

de energia utilizadas na edificação sejam consideradas em uma base comum, favorecendo uma avaliação integrada do desempenho energético.

A INI-C também apresenta diferentes possibilidades de aplicação, incluindo métodos que permitem avaliar o desempenho energético das edificações de acordo com suas características e disponibilidade de informações. Para determinadas situações, o Método Simplificado possibilita a avaliação a partir de procedimentos e parâmetros previamente estabelecidos, tornando possível a aplicação da metodologia sem necessariamente recorrer a modelos computacionais complexos (Brasil, 2025).

As principais diferenças entre as abordagens metodológicas do RTQ-C e da INI-C são sintetizadas a seguir. No RTQ-C, a avaliação estava estruturada principalmente no atendimento de requisitos e parâmetros específicos relacionados aos sistemas de envoltória, iluminação e condicionamento de ar, especialmente quando utilizado o método prescritivo. Os resultados eram convertidos em Equivalentes Numéricos e utilizados para estabelecer a classificação da edificação (PBE Edifica, 2026). Na INI-C, por sua vez, a avaliação passa a apresentar uma abordagem mais integrada, considerando o consumo de energia primária como indicador fundamental do desempenho energético. A edificação avaliada é comparada a uma condição de referência, permitindo determinar o desempenho a partir da diferença entre os consumos estimados.

Outra diferença importante está na ampliação do escopo da avaliação. A INI-C considera, além da envoltória, iluminação e condicionamento de ar, outros usos finais de energia aplicáveis à edificação, como o sistema de aquecimento de água. A metodologia também apresenta procedimentos específicos para consideração da geração local de energia renovável, possibilitando avaliar sua contribuição para o desempenho energético da edificação (Brasil, 2022).

A nova metodologia também amplia as possibilidades de análise do desempenho energético, permitindo que diferentes características arquitetônicas, sistemas prediais e estratégias de eficiência sejam consideradas de maneira integrada. O resultado passa, assim, a apresentar maior relação com o desempenho energético esperado da edificação. Essas diferenças evidenciam a evolução da forma de avaliação e representação do desempenho energético, conforme sintetizado na Tabela 1.

Tabela 1 – Principais diferenças entre o RTQ-C e a INI-C

Característica	RTQ-C (Regulamento Técnico)	INI-C (Instrução Normativa)
Indicador de Desempenho	EqNum (Equivalente Numérico): uma pontuação de 1 a 5.	Energia Primária: consumo real expresso em kWh/m².ano.
Sistemas Avaliados	Envoltória, Iluminação e Condicionamento de Ar.	Envoltória, Iluminação, Condicionamento de Ar e Aquecimento de Água.
Método de Classificação	Média Ponderada: pesos fixos de 30% para envoltória/iluminação e 40% para ar-condicionado.	Edificação de Referência: comparação do consumo real com uma base de Classe D.
Escala de Eficiência	De A (mais eficiente) a E (menos eficiente).	Escala ampliada, incluindo a classe A+.
Fatores de Conversão	Não utilizava grandeza física de energia primária.	Usa fatores como 1,6 para eletricidade e 1,1 para energia térmica.
Dados Ambientais	Não detalhados na etiqueta principal.	Informa estimativa de emissões de CO2 e uso racional de água.
Vigência para Projetos	Válido para projetos novos até 31/10/2024.	Obrigatório para novas ENCEs de projeto desde 01/11/2024.

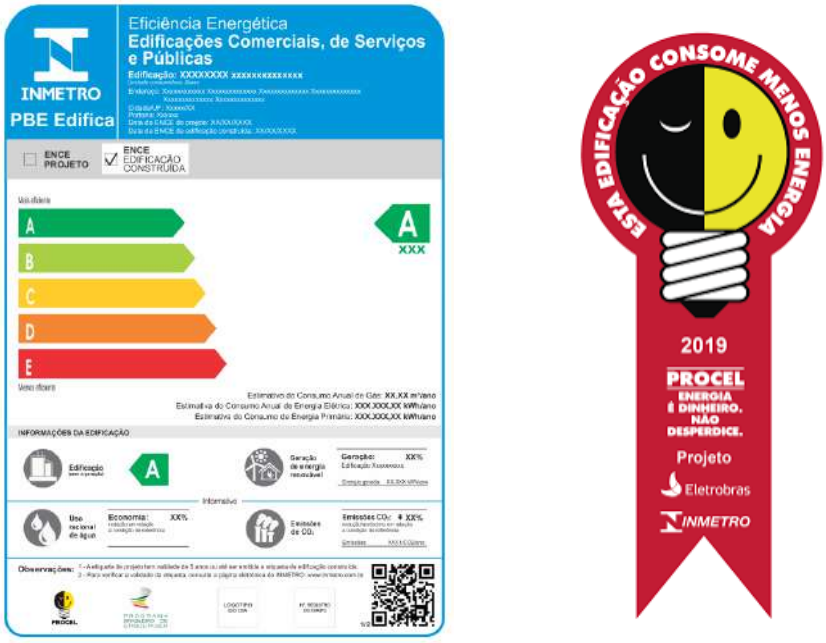
Fonte: Elaborado pelo autor com base em PBE Edifica, 2022.

A classificação da edificação é formalizada por meio da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia. O processo de etiquetagem envolve a análise das características da edificação e, conforme a etapa de avaliação, a verificação da documentação técnica e das condições efetivamente construídas (PBE Edifica, 2026). A avaliação pode ocorrer na etapa de projeto e posteriormente na etapa da edificação construída. Na primeira situação, são verificadas as características previstas para o empreendimento, enquanto a avaliação da edificação construída busca verificar a correspondência entre as características efetivamente executadas e aquelas consideradas no processo de etiquetagem. Os procedimentos de avaliação da conformidade são estabelecidos pelos documentos específicos do PBE Edifica e pelos requisitos correspondentes (PBE Edifica, 2026).

É importante diferenciar a ENCE do Selo Procel Edificações. A ENCE é o documento que atesta formalmente o nível de eficiência energética da edificação, numa escala de A a E,

podendo ser emitida em caráter geral, quando contempla todos os sistemas avaliados, ou parcial, quando se restringe a um ou alguns deles. Sua obtenção é obrigatória para edificações públicas federais e voluntária para as demais tipologias. Distinto da ENCE, o Selo Procel Edificações, instituído em 2014, constitui um reconhecimento de adesão voluntária concedido às edificações que atingem as melhores classificações, via de regra, a classe A, em sua respectiva categoria, funcionando como elemento de diferenciação mercadológica para empreendimentos que buscam evidenciar seu desempenho energético superior (PBE Edifica, 2026).

Figura 19 – Imagem à esquerda: Etiqueta e, à direita, Selo Procel Edificações



Fonte: PBE Edifica, 2026.

A evolução metodológica do RTQ-C para a INI-C possui relação direta com o objeto desta pesquisa, uma vez que o sistema de iluminação permanece como um componente relevante para o desempenho energético das edificações. Embora a INI-C apresente uma abordagem integrada do desempenho energético, a avaliação do sistema de iluminação continua utilizando indicadores específicos, entre eles a Densidade de Potência de Iluminação (DPI). Esse indicador expressa a relação entre a potência instalada do sistema de iluminação e a área iluminada, sendo utilizado para caracterizar o desempenho energético da instalação (Brasil, 2025).

Na INI-C, entretanto, a análise do sistema de iluminação está inserida em uma metodologia que considera as características das atividades desenvolvidas nos ambientes e os

parâmetros de referência estabelecidos para cada situação. O Manual INI-C – Método Simplificado apresenta os procedimentos e parâmetros necessários para aplicação da metodologia, enquanto o documento de Definições estabelece conceitos e critérios utilizados ao longo do processo de avaliação (Brasil, 2025).

Essa característica é particularmente relevante em edificações públicas com diversidade de usos, como bibliotecas, nas quais diferentes espaços apresentam necessidades distintas de iluminação. Áreas de leitura, circulação, acervo, administração e espaços de permanência podem apresentar diferentes exigências de iluminância, padrões de ocupação e características de utilização. Nesse contexto, a avaliação energética deve ser articulada aos parâmetros de desempenho luminoso estabelecidos pelas normas técnicas aplicáveis. A análise da eficiência do sistema de iluminação não deve considerar exclusivamente a potência instalada, mas também sua adequação às atividades desenvolvidas e às condições de iluminação requeridas para os usuários.

No caso desta pesquisa, a adoção da INI-C permite avaliar o sistema de iluminação da BPED considerando as características das atividades desenvolvidas em seus ambientes e os parâmetros de eficiência estabelecidos pela metodologia. A análise da DPI, associada aos parâmetros de desempenho luminoso, possibilita identificar os ambientes que apresentam maior ou menor desempenho energético e verificar sua adequação aos valores de referência.

Em síntese, essa evolução metodológica representa uma etapa importante no processo de amadurecimento dos instrumentos brasileiros de avaliação da eficiência energética de edificações. A mudança de uma abordagem predominantemente baseada em requisitos e indicadores específicos para uma metodologia orientada ao desempenho e ao consumo de energia primária amplia a capacidade de interpretação dos resultados e possibilita uma análise mais integrada da edificação.

Para esta pesquisa, essa evolução metodológica constitui a base para a avaliação do sistema de iluminação da BPED, permitindo relacionar a potência instalada, a área dos ambientes, as atividades desenvolvidas e os parâmetros de eficiência estabelecidos pela INI-C. Dessa forma, a análise desenvolvida não se limita à quantificação da potência instalada, mas busca compreender o desempenho energético do sistema de iluminação em relação às condições de referência estabelecidas pela metodologia e às necessidades luminosas dos ambientes avaliados.

4. METODOLOGIA

Este capítulo apresenta os procedimentos metodológicos adotados para o desenvolvimento da dissertação, estabelecendo as etapas e os métodos empregados na avaliação do sistema de iluminação da BPED. A metodologia foi estruturada de modo a integrar o diagnóstico do desempenho energético, realizado segundo os critérios da Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (INI-C), e a avaliação do desempenho luminoso dos ambientes, fundamentada nos requisitos da ABNT NBR ISO/CIE 8995-1. A partir dessa abordagem, buscou-se caracterizar as condições existentes, identificar limitações no sistema de iluminação e, posteriormente, avaliar um cenário otimizado, considerando simultaneamente eficiência energética, qualidade da iluminação e adequação às características arquitetônicas da edificação.

4.1.Caracterização da pesquisa

Este trabalho caracteriza-se como uma pesquisa exploratória, de abordagem predominantemente quantitativa. A pesquisa exploratória é adotada com o propósito de ampliar a compreensão acerca do desempenho energético e luminoso do sistema de iluminação da BPED, considerando os critérios e parâmetros estabelecidos pelas normas INI-C e ABNT NBR ISO/CIE 8995-1. A abordagem quantitativa está relacionada à obtenção, organização e análise de dados referentes ao sistema de iluminação, possibilitando sua avaliação e classificação quanto à eficiência energética. A fundamentação teórica foi desenvolvida por meio de revisão bibliográfica e documental, detalhada na seção seguinte.

A pesquisa foi desenvolvida em cinco etapas metodológicas sequenciais: (I) Revisão bibliográfica e documental; (II) Levantamento arquitetônico e do sistema de iluminação da BPED; (III) Avaliação da eficiência energética do sistema de iluminação segundo a aplicação do Método Simplificado da INI-C; (IV) Avaliação do desempenho luminoso dos ambientes da biblioteca, com base na ABNT NBR ISO/CIE 8995-1; e (V) Proposição do cenário otimizado da eficiência energética e desempenho luminoso.

A definição do estudo de caso foi consolidada a partir do Trabalho de Conclusão de Curso do autor, defendido em 2019, que analisou a arquitetura e funcionalidade da BPED, culminando em uma proposta de *retrofit* e modernização do *layout* e do mobiliário, alinhada aos parâmetros contemporâneos de bibliotecas públicas. Esse estudo serviu como base

conceitual e técnica para o aprofundamento da pesquisa atual, voltada agora à avaliação energética e ambiental do edifício.

Para a avaliação da eficiência energética do sistema de iluminação, a metodologia fundamenta-se na aplicação da Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (INI-C), no âmbito do Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações (PBE Edifica). Adotou-se o Método Simplificado da INI-C para avaliar o desempenho energético do sistema de iluminação da BPED, considerando as características das atividades desenvolvidas nos diferentes ambientes, a potência instalada e os parâmetros de referência estabelecidos pela metodologia. A aplicação abrangeu os ambientes e usos contemplados na avaliação, permitindo determinar a classificação de eficiência energética do sistema de iluminação e subsidiar a proposição de melhorias voltadas à otimização de seu desempenho.

Além da análise segundo a INI-C, foi realizada a avaliação do desempenho luminoso dos ambientes da biblioteca, tendo como referência os critérios estabelecidos pela ABNT NBR ISO/CIE 8995-1 para iluminação de ambientes de trabalho internos. Essa avaliação foi conduzida por meio de simulações computacionais no software DIALux, contemplando a análise dos níveis de iluminância, da uniformidade da iluminação, do ofuscamento e das condições de conforto visual. Os resultados obtidos subsidiaram a elaboração do diagnóstico do desempenho luminoso da edificação, servindo de base para a proposição de melhorias e para a avaliação do cenário otimizado, visando ao atendimento dos requisitos estabelecidos pela norma.

4.2.Revisão bibliográfica e documental

A revisão bibliográfica e documental constituiu a primeira etapa da pesquisa e teve como finalidade fundamentar teoricamente os temas e conceitos abordados nesta dissertação. Entre os principais temas abordados, destacam-se a BPED, a eficiência energética em edificações, a arquitetura modernista e sua relação com a eficiência energética, o desempenho luminoso de ambientes internos e os instrumentos de avaliação energética aplicados à construção civil, com ênfase na Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas e na normativa ABNT NBR ISO/CIE 8995-1.

Inicialmente, foi realizado um levantamento histórico da BPED, abrangendo sua criação, as mudanças de sede, as principais intervenções arquitetônicas e o processo de ocupação do edifício atual. Essa análise permitiu compreender a evolução da biblioteca e identificar características arquitetônicas que influenciam diretamente o desempenho ambiental da edificação.

Na sequência, foram estudados os conceitos relacionados à eficiência energética em edificações, considerando a relação entre a redução do consumo de energia e a melhoria das condições de conforto ambiental. A literatura consultada abordou aspectos referentes às políticas públicas voltadas ao desempenho energético e à iluminação natural e artificial, assim como às estratégias arquitetônicas utilizadas para reduzir a demanda energética, conciliando eficiência, funcionalidade e preservação do patrimônio construído.

Também foram analisadas as características dos edifícios modernistas, especialmente aquelas relacionadas ao aproveitamento dos recursos naturais. As soluções arquitetônicas empregadas nesse período, como brises, grandes vãos, superfícies envidraçadas, elementos de sombreamento e ventilação natural, foram estudadas sob a perspectiva do desempenho energético atual. Essa discussão mostrou-se particularmente relevante para a BPED, cujo edifício preserva diversas dessas estratégias projetuais, embora apresente limitações decorrentes do envelhecimento dos materiais e das adaptações realizadas ao longo de sua vida útil.

4.3. Estudos correlatos sobre a aplicação do RTQ-C e da INI-C na avaliação da eficiência energética de bibliotecas

Na etapa de seleção de bibliografia, também foi conduzida uma revisão de estudos correlatos com o objetivo de investigar o estado da arte relacionado à eficiência energética em bibliotecas no contexto brasileiro, com foco na aplicação dos regulamentos RTQ-C e INI-C. O levantamento foi organizado com base no protocolo PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*), conforme sistematizado por Page *et al.* (2021), o qual orienta a condução e o relato de revisões sistemáticas por meio de etapas estruturadas de identificação, triagem e inclusão dos estudos, de modo a conferir transparência e reprodutibilidade ao processo de seleção da literatura.

A busca por publicações correlatas foi realizada em seis bases de dados: *Scopus, Web of Science*, ScienceDirect, Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD),

Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES (CTD) e Google Acadêmico, no período de 2011 a 2026. Em cada base, foram empregadas *strings* de busca ou combinações de termos, conforme sistematizado na Tabela 2.

Tabela 2 – Bases de dados, strings e termos de busca

Bases	String de busca ou termos
Scopus	TITLE-ABS-KEY (("RTQ-C" OR "INI-C") AND (library))
Web of Science	TS=("RTQ-C" OR "INI-C" OR "PBE Edifica") AND TS=(library)
Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações	(“RTQ-C” OR “INI-C”) AND (library)
Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES	RTQ-C; Eficiência energética em edifícios; biblioteca
Science Direct	("RTQ-C" OR "INI-C") AND (library)
Google Acadêmico	RTQ-C; INI-C; Biblioteca

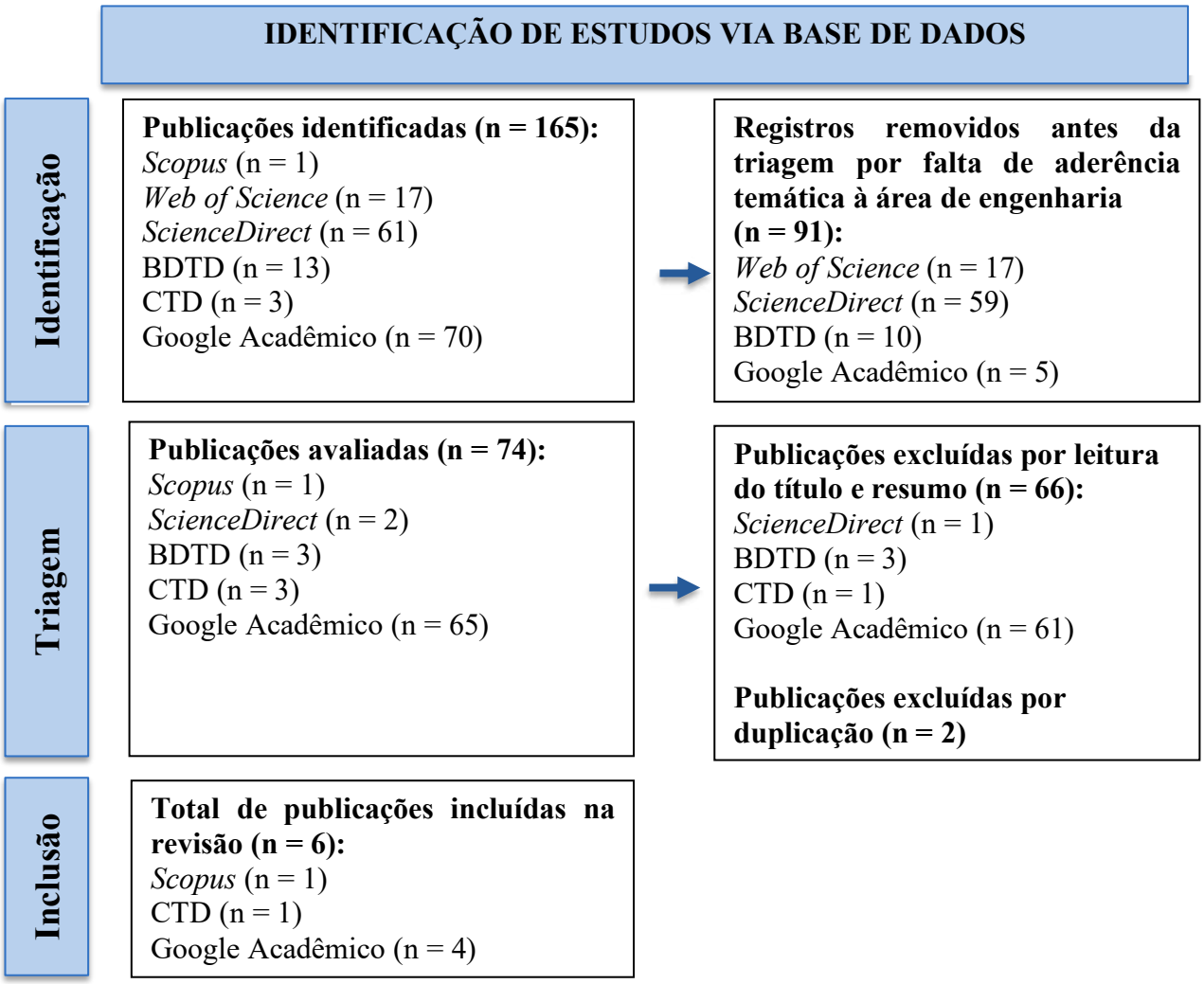
Fonte: Elaborado pelo autor

Além da revisão sistemática de estudos correlatos, outro tema abordado na revisão bibliográfica foi a etiquetagem energética de edificações, com ênfase no Programa Brasileiro de Etiquetagem e na Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas. Foram estudados os critérios, procedimentos e indicadores utilizados para a classificação da eficiência energética, com especial atenção ao Método Simplificado da INI-C, adotado nesta pesquisa para a avaliação do sistema de iluminação da BPED.

A aplicação dos procedimentos de busca e seleção descritos anteriormente permitiu identificar os estudos correlatos sobre a avaliação da eficiência energética de bibliotecas a partir do RTQ-C e da INI-C, cujos resultados são apresentados a seguir. A etapa de identificação resultou na obtenção de 165 registros, distribuídos entre Scopus (n = 1), Web of Science (n =

17), ScienceDirect (n = 61), BDTD (n = 13), CTD (n = 3) e Google Acadêmico (n = 70). Antes da etapa de triagem, 91 registros foram removidos por não apresentarem aderência à temática da pesquisa, sendo essa remoção concentrada nas bases Web of Science (n = 17), ScienceDirect (n = 59), BDTD (n = 10) e Google Acadêmico (n = 5). Os 74 registros restantes, Scopus (n = 1), ScienceDirect (n = 2), BDTD (n = 3), CTD (n = 3) e Google Acadêmico (n = 65), foram então submetidos à triagem por leitura de título e resumo, etapa em que 66 publicações foram excluídas por não atenderem aos critérios de elegibilidade da revisão (ScienceDirect, n = 1; BDTD, n = 3; CTD, n = 1; Google Acadêmico, n = 61), e mais 2 registros foram excluídos por duplicação entre bases. Ao final do processo, foram incluídas na revisão 6 publicações, provenientes de Scopus (n = 1), CTD (n = 1) e Google Acadêmico (n = 4), cujo fluxo completo é apresentado na Figura 20, elaborada com base no diagrama de fluxo PRISMA (Page *et al*., 2021).

Figura 20 – Fluxograma das etapas de identificação de estudos correlatos via base de dados



Fonte: Adaptado de Page *et al.,* 2021.

As seis publicações incluídas na revisão de estudos correlatos compreendem: o estudo de Lopes, Barreto e Flores-Colen (2024), indexado no Scopus, sobre a Biblioteca Comunitária da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar); a dissertação de Simionovski (2018), recuperada via CTD, sobre a biblioteca do Campus Bento Gonçalves do Instituto Federal do Rio Grande do Sul (IFRS); e, via Google Acadêmico, o trabalho de conclusão de curso de Lerco (2015) sobre a Biblioteca Municipal de Campo Mourão-PR, o estudo de Castro, Barros e Zilli (2022) sobre uma biblioteca universitária em Santa Bárbara d'Oeste-SP, e o trabalho de Monteiro et al. (2025a; 2025b) sobre a integração da luz natural pela INI-C na Biblioteca de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), sendo o primeiro publicado em periódico e o segundo em anais de evento científico.

A convergência metodológica entre essas publicações, predominantemente estudos de caso aplicados a edificações de biblioteca, sob a ótica do RTQ-C ou da INI-C, evidencia a delimitação temática relativamente recente e ainda pouco consolidada da literatura brasileira sobre etiquetagem de eficiência energética voltada especificamente a esse tipo de edificação, o que reforça a pertinência de uma investigação aprofundada sobre o tema, conforme desenvolvido nas seções seguintes.

4.3.1. Aplicações do método prescritivo do RTQ-C em bibliotecas

Três estudos aplicam diretamente o método prescritivo do RTQ-C a edifícios de biblioteca com propósitos distintos. Lerco (2015) utilizou o método prescritivo do RTQ-C, em sua versão de 2013, para avaliar os três sistemas então contemplados pelo regulamento (envoltória, iluminação e condicionamento de ar) na Biblioteca Municipal de Campo Mourão-PR, a partir de dados coletados em projetos e medições locais. A edificação foi classificada globalmente no nível C, com os sistemas de iluminação e os materiais da envoltória (cobertura) identificados como os principais responsáveis por indicadores de consumo elevados. O autor relata, como limitação metodológica relevante, a dificuldade em obter junto a fabricantes de revestimentos os dados técnicos de absortância necessários à avaliação da envoltória, e conclui que o desenho original da edificação restringe significativamente as medidas de eficiência passíveis de adoção imediata.

Já o trabalho de Simionovski (2018) mudou o foco da avaliação de desempenho para a análise de viabilidade econômica, aplicando o método prescritivo do RTQ-C, por meio da ferramenta WebPrescritivo, a um projeto padronizado de biblioteca do Instituto Federal do Rio Grande do Sul (IFRS). Ao comparar os orçamentos do projeto original com uma versão

adaptada ao nível de eficiência A, a autora constatou um incremento de custos de construção entre 11,21% e 11,47%, o qual, em função da economia operacional de energia projetada ao longo da vida útil da edificação, foi considerado economicamente viável. O estudo aponta, contudo, que o modelo prescritivo utilizado não considera elementos como brises em determinadas fachadas, incidência de chuva e vento, tampouco o comportamento real dos usuários, e que a análise se concentrou predominantemente no sistema de envoltória, sem abranger de forma equivalente os demais sistemas avaliados pelo RTQ-C.

Ainda nesse âmbito, Castro, Barros e Zilli (2022) aplicaram o método prescritivo do RTQ-C à avaliação da eficiência energética de uma biblioteca universitária localizada em Santa Bárbara d'Oeste-SP, reforçando, junto aos estudos de Lerco (2015) e Simionovski (2018), o padrão metodológico predominante entre os trabalhos conduzidos sob a vigência do RTQ-C anteriormente à publicação da INI-C.

4.3.2. Integração da luz natural sob a INI-C: do método simplificado à simulação

A seleção de estudos mais recentes, conduzidos por Monteiro e colaboradores, volta-se especificamente à avaliação da luz natural sob a ótica da INI-C, contrapondo o método simplificado previsto na norma à simulação computacional. Monteiro *et al*. (2025a) estruturaram sua investigação em quatro procedimentos: levantamento de características por meio de projetos e visitas técnicas, aplicação do método simplificado da INI-C, simulação computacional no software ClimateStudio e comparação entre os resultados obtidos por ambas as abordagens. Os autores constataram que a simulação revelou um potencial de integração da luz natural 27% superior àquele indicado pelo método simplificado, além de observarem que a distribuição espacial da luz decai em profundidade de forma irregular, o que exigiria a adoção de circuitos de iluminação independentes para um aproveitamento mais eficiente. Como limitações, os autores destacam o caráter estático e generalista do método simplificado, a maior exigência de especialização técnica associada à simulação computacional e a existência de lacunas normativas na INI-C quanto à avaliação de áreas de circulação e à integração efetiva entre luz natural e artificial.

Em trabalho correlato, apresentado no XIII Encontro de Sustentabilidade em Projeto (ENSUS), Monteiro et al. (2025b) retomaram essa comparação metodológica (método simplificado por zonas primárias versus simulação computacional com uso dos indicadores EAS e ALNE), tomando como objeto de estudo a Biblioteca de Engenharia da Universidade

Federal de Minas Gerais. Os resultados corroboraram o achado anterior, com a simulação apontando um potencial de integração da luz natural 27% superior ao indicado pelo método simplificado, e acrescentaram a constatação de que a divisão de circuitos sugerida pela norma pode não corresponder à configuração mais eficiente para o uso cotidiano do ambiente. Os autores assinalam, como limitação prática, a necessidade de sistemas de sombreamento dinâmico, como persianas automatizadas, para evitar ofuscamento e desconforto visual em áreas destinadas ao estudo.

4.3.3. Melhoria de classificação e retrofit sob o PBE Edifica

Em uma abordagem distinta, voltada à melhoria de classificação por meio de retrofit, Lopes, Barreto e Flores-Colen (2024) investigaram a possibilidade de elevação da classificação de eficiência energética de uma edificação existente por meio da aplicação dos critérios estabelecidos pelo PBE Edifica. Utilizando o método prescritivo do RTQ-C e as ferramentas on-line WebPrescritivo e ProjetEEE para a obtenção de dados de transmitância térmica, os autores avaliaram a Biblioteca Comunitária da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), inicialmente classificada no nível C. A partir de propostas de melhorias relacionadas aos sistemas de iluminação e de elevadores, os pesquisadores demonstraram ser possível elevar a classificação global da edificação para o nível B. O estudo aponta, como limitação, que o projeto arquitetônico original e o sistema construtivo da biblioteca, datada de 1995, impedem que a edificação alcance tecnicamente o nível A de eficiência, evidenciando os limites que condicionantes de projeto preexistentes impõem a intervenções no sistema energético.

4.3.4. Síntese da revisão

Nenhum dos estudos revisados avalia, de forma integrada, os quatro sistemas atualmente contemplados pela INI-C: envoltória, iluminação, condicionamento de ar e aquecimento de água, para uma mesma edificação, tampouco confronta a classificação obtida pelo indicador de energia primária com dados de consumo real monitorado, lacunas que estruturam o problema de pesquisa desenvolvido nas seções subsequentes deste trabalho.

Mais especificamente quanto ao sistema de iluminação artificial, objeto central desta dissertação, a lacuna identificada é ainda mais delimitada. Os únicos estudos do corpus voltados à avaliação da iluminação sob a ótica da INI-C, Monteiro *et al.* (2025a, 2025b), concentram-se na integração da luz natural, comparando o método simplificado da norma à simulação computacional para fins de aproveitamento da luz do dia, sem isolar a avaliação do sistema de

iluminação artificial propriamente dito, tal como preconizado pela INI-C para a obtenção do indicador do sistema. Os demais estudos que contemplam a iluminação como um dos sistemas avaliados, como Lerco (2015), Simionovski (2018) e Castro, Barros e Zilli (2022), fazem-no sob a metodologia do RTQ-C, anterior à publicação da INI-C, tratando a iluminação de forma agregada aos demais sistemas, sem isolamento metodológico do sistema de iluminação artificial. Não foi identificado, no corpus da literatura revisada, estudo que aplique especificamente os critérios da INI-C à avaliação do sistema de iluminação artificial de uma biblioteca.

A essa lacuna metodológica soma-se uma lacuna geográfica e tipológica. Os seis estudos revisados foram conduzidos em bibliotecas localizadas nas regiões Sul e Sudeste do Brasil: Campo Mourão-PR (Lerco, 2015), Caxias do Sul-RS – cidade de referência para o projeto padronizado analisado, ainda que o estudo trate especificamente do Campus Bento Gonçalves do IFRS – (Simionovski, 2018), Santa Bárbara d'Oeste-SP (Castro; Barros; Zilli, 2022), São Carlos-SP (Lopes; Barreto; Flores-Colen, 2024), Belo Horizonte-MG (Monteiro *et al.*, 2025a; 2025b), todas em zonas bioclimáticas distintas daquela característica do litoral nordestino. Nenhum dos estudos foi conduzido na região Nordeste do Brasil ou teve como objeto uma biblioteca pública estadual. A ausência de estudos sobre eficiência energética de sistemas de iluminação sob a INI-C, somada à inexistência de avaliações desse tipo no estado de Sergipe, reforça a relevância da presente dissertação, que se propõe a avaliar o sistema de iluminação artificial da BPED, em Aracaju-SE, à luz dos critérios da INI-C, contribuindo para ampliar as evidências empíricas identificadas na literatura revisada sobre o tema.

Complementarmente à revisão dos estudos correlatos, foram analisados os requisitos estabelecidos pela ABNT NBR ISO/CIE 8995-1, que define os parâmetros de iluminância, uniformidade, controle de ofuscamento e conforto visual para ambientes de trabalho internos. O estudo dessa norma forneceu os critérios técnicos utilizados na avaliação luminotécnica dos ambientes da biblioteca e na elaboração das propostas de melhoria.

O referencial teórico foi desenvolvido a partir da consulta de artigos científicos, dissertações, teses, normas técnicas e documentos institucionais relacionados aos temas da pesquisa. A revisão bibliográfica subsidiou a construção do referencial teórico apresentado nesta dissertação, enquanto a análise documental forneceu suporte à definição dos critérios e procedimentos normativos adotados na pesquisa. Esse conjunto também orientou a análise desenvolvida nesta pesquisa, estabelecendo uma relação entre os aspecto arquitetônicos da

biblioteca, seu desempenho energético e luminoso e os critérios previstos na INI-C e na ABNT NBR ISO/CIE 8995-1 para a proposição de melhorias no sistema de iluminação.

4.4. Levantamento arquitetônico e do sistema de iluminação da BPED

Nesta etapa, foi realizado o levantamento arquitetônico da BPED, por meio da análise dos projetos arquitetônicos originais, registros de reformas, fotografias e demais documentos técnicos disponibilizados pela administração da biblioteca. Em complemento à análise documental, foram realizadas visitas técnicas para conferência das informações obtidas e atualização do levantamento cadastral. Nessas visitas, foram executados registros fotográficos e medições dos principais elementos da edificação, contemplando as dimensões dos ambientes, a orientação das fachadas, as características das esquadrias e das claraboias, os elementos de proteção solar e outros aspectos relacionados ao aproveitamento da iluminação natural.

A análise da BPED permitiu a identificação de heranças modernistas integradas a características estéticas do brutalismo. Essa caracterização fundamentou o recorte metodológico: a investigação considerou tanto os princípios formais e funcionais do modernismo (racionalidade, organização espacial e atenção ao clima) quanto a materialidade, a expressividade dos materiais e os volumes monolíticos associados ao brutalismo.

Entre os elementos identificados, destacam-se os brises verticais em concreto pré-moldado e as fachadas envidraçadas. Como parte dessa caracterização, resultados de um levantamento desenvolvido anteriormente foram publicados no artigo *Estratégias de conforto luminoso na Biblioteca Pública Epiphanio Dória em Aracaju/SE*, em coautoria com o orientador desta pesquisa. Nesse trabalho, foram analisadas as estratégias de proteção solar da edificação por meio da elaboração de máscaras de sombra no software TropMask, cujos resultados são utilizados nesta dissertação como complemento à caracterização das condições de proteção solar e de aproveitamento da iluminação natural da edificação. Complementarmente ao levantamento arquitetônico, foram realizados o levantamento e o mapeamento do sistema de iluminação da biblioteca. Para esse levantamento, os ambientes foram inicialmente identificados conforme sua função e, em seguida, foi elaborado o inventário do sistema de iluminação. Para cada ambiente, foram registrados o tipo e a quantidade de luminárias, a potência instalada, o fluxo luminoso, a distribuição das luminárias e os sistemas de acionamento existentes.

4.5. Avaliação da eficiência energética do sistema de iluminação segundo a aplicação do Método Simplificado da INI-C

Nesta etapa da pesquisa, foi realizada a avaliação da eficiência energética do sistema de iluminação da BPED por meio do Método Simplificado da Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas. A avaliação contemplou toda a edificação e, no âmbito do Método Simplificado, foi conduzida pelo método das atividades, de acordo com os procedimentos estabelecidos pelo PBE Edifica.

Inicialmente, foram identificados todos os ambientes da biblioteca, suas respectivas áreas úteis e as atividades desenvolvidas em cada espaço. Em seguida, foram utilizados os dados obtidos no levantamento do sistema de iluminação, incluindo o tipo e a quantidade de luminárias, a potência instalada, o fluxo luminoso, os sistemas de acionamento e controle e as demais informações exigidas pela INI-C.

A aplicação do método foi realizada por meio das equações, tabelas e critérios estabelecidos pela instrução normativa, utilizando-se também a planilha eletrônica disponibilizada pelo PBE Edifica, em sua versão revisada de outubro de 2025. Os valores referentes à potência instalada de cada ambiente foram calculados previamente, a partir do inventário das luminárias, e posteriormente inseridos na planilha juntamente com as demais informações exigidas pela metodologia.

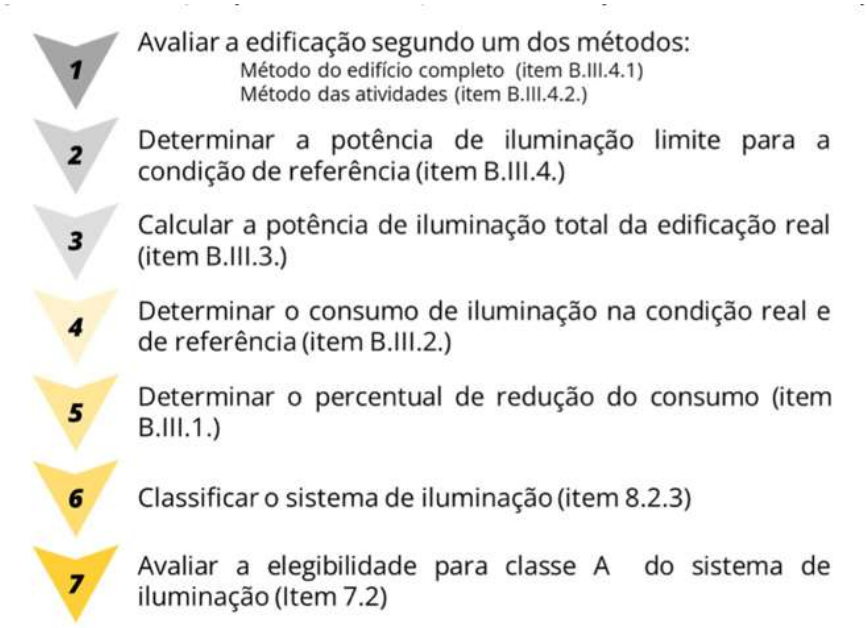
Concluída a avaliação do sistema existente, foram identificados os fatores que limitavam o desempenho energético do sistema de iluminação da biblioteca. A partir desse diagnóstico, foram elaboradas propostas de melhoria visando à redução do consumo de energia e à adequação do sistema de iluminação aos critérios estabelecidos pela INI-C. Por fim, foi realizada uma nova aplicação do método, considerando o cenário proposto, para verificar a alteração da classificação de eficiência energética do sistema de iluminação e o atendimento aos requisitos necessários à obtenção da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia com classificação A.

Os resultados desta pesquisa foram apresentados combinando diferentes formas de representação, de modo a possibilitar uma análise mais clara e abrangente do desempenho do sistema de iluminação da edificação. Para os dados numéricos obtidos a partir da aplicação do Método Simplificado da INI-C, foram utilizadas tabelas, incluindo a planilha fornecida pelo PBE Edifica, contemplando indicadores como potência instalada, densidade de potência de

iluminação (DPI) e classificação energética. Complementarmente, foram elaborados gráficos para permitir a comparação entre o cenário atual e o cenário proposto de eficiência energética.

Os procedimentos técnicos empregados nesta pesquisa estão alinhados com os critérios estabelecidos pela Instrução Normativa INI-C, publicada pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Brasil, 2025), e pelos manuais complementares do PBE Edifica, com ênfase no Manual INI-C, adotando o Método Simplificado. A utilização desses parâmetros visa avaliar o desempenho energético do sistema de iluminação da BPED. A avaliação da eficiência energética do sistema de iluminação foi conduzida conforme as etapas apresentadas no fluxograma da Figura 21.

Figura 21– Fluxo de aplicação do método simplificado de avaliação



Fonte: PBE (2025) adaptado pelo autor (2026).

4.5.1. Avaliação da edificação segundo a divisão de usos e escolha do método

Inicialmente, foi realizada a caracterização funcional da edificação, com a identificação e classificação de todos os ambientes da BPED de acordo com suas respectivas atividades. A partir dessa análise, adotou-se o método das atividades, previsto na INI-C. Esse método estabelece valores de referência para a Densidade de Potência de Iluminação Limite (DPIL) específicos para cada tipo de atividade desenvolvida nos ambientes. Sua escolha justifica-se pela adequação a edificações com múltiplos usos, que apresentam espaços com diferentes funções, tais como salas de leitura, acervos, áreas administrativas, auditório e setores de circulação. Dessa forma, a avaliação energética do sistema de iluminação pôde ser realizada

considerando as particularidades de cada ambiente, conforme os critérios estabelecidos pelo PBE Edifica.

4.5.2. Determinação da potência da iluminação limite para a condição de referência

Para o cálculo da potência limite correspondente às classes A e D, consideram-se as áreas agrupadas de acordo com as atividades desenvolvidas. Em seguida, a área total correspondente a cada atividade é multiplicada pela respectiva Densidade de Potência de Iluminação Limite (DPIL) para as classes A e D. O cálculo deve ser realizado de acordo com os critérios estabelecidos, utilizando a equação [1]:

$$PI_L = \sum_{i=1}^{n=3} (A_i \times DPI_{Li}) \qquad [1]$$

Onde:

PIL = potência limite

n = quantidade de atividades

A1 = área iluminada para cada uma das atividades

DPIL = densidade de potência limite para cada atividade. Nesse método não é necessário realizar o ajuste de potência.

4.5.3. Cálculo da potência de iluminação total da edificação

Definidos os valores de potência limite para as condições de referência, procede-se à determinação da potência de iluminação total da edificação, obtida por meio da equação [2]:

$$PIT = \sum(PIU) + \sum(PI) + PASP \qquad [2]$$

Onde:

PIT = potência de iluminação total (W);

PI_U = potência de iluminação em uso (W);

PI = potência de iluminação sem controle automatizado (W);

P_{ASP} = potência de iluminação de ambientes sem projeto luminotécnico.

A Potência de Iluminação em Uso (PIU) refere-se à potência efetivamente demandada pelas luminárias em funcionamento, considerando a presença de dispositivos de controle, como sensores de presença e fotossensores. Esse parâmetro pode ser obtido por meio do método simplificado ou por simulação da iluminação natural, conforme a disponibilidade de recursos e as características do edifício analisado.

No método simplificado, a PIU é calculada pela soma das potências das luminárias controladas, ponderadas pelo fator de ajuste de potência correspondente ao tipo de controle adotado. A PIU é obtida através da equação [3]:

$$PIU=\sum(PIC\times FAP) \quad [3]$$

Onde:
PIU = potência de iluminação em uso, em W;
PIC = potência de iluminação controlada por sensores, em W;
F_{AP} = fator de ajuste de potência conforme o tipo de controle empregado.

Nesse procedimento, o ajuste de potência é considerado apenas para as luminárias que possuem sensores, sendo o fator de correção definido de acordo com o tipo de dispositivo instalado. Para ambientes que não dispõem de dispositivos de controle de iluminação, utiliza-se o cálculo da potência de atendimento ao sistema de referência (PASP), atribuindo-se às luminárias a potência limite correspondente à classe D, acrescida de 50%:

$$PASP = \sum (1{,}5\times PILD) \quad [4]$$

em que:
PASP = potência de atendimento ao sistema de referência;
PILD = potência limite para a classe D.

Alternativamente ao método simplificado, a INI-C prevê o método de simulação para a determinação da PIU nos casos aplicáveis. Nesse procedimento, a PIU é obtida a partir da redução da utilização da iluminação artificial em função da disponibilidade de luz natural. Nesse caso, a análise considera a exposição anual à radiação solar direta e segue os critérios de modelagem estabelecidos nos anexos da INI-C, incluindo malha de pontos, volumetria da edificação e aberturas destinadas à entrada de luz natural.

Nesse método, o resultado da simulação corresponde ao consumo anual do sistema de iluminação com controle, e a PIU é determinada pela relação entre esse consumo, o número de horas de uso diário e o número de dias de ocupação anual, através da equação [5]:

$$PIU = (CILU \times 1000) / h \times Nano \qquad [5]$$

CILU = consumo anual do sistema de iluminação com o uso de controles (kWh/ano);
h = horas de uso da edificação por dia, conforme tipologia;
Nano = número de dias de ocupação ao ano (dias), conforme tipologia.

Assim, a determinação da PIU permite quantificar o desempenho do sistema de iluminação em uso, seja por controle automático de ocupação, seja pelo aproveitamento da iluminação natural. Esse resultado constitui uma etapa fundamental para a classificação energética do ambiente, pois subsidia a comparação entre o consumo real e os valores de referência estabelecidos pela metodologia da INI-C.

4.5.4. Determinação do consumo de iluminação

O consumo real de iluminação é calculado a partir da potência instalada total do sistema, considerando o número de horas de funcionamento diário e o número de dias de operação anual da biblioteca. Para a estimativa do consumo anual do sistema de iluminação, considerou-se um período de funcionamento de 10 horas diárias, durante 260 dias por ano, correspondente ao horário oficial de funcionamento da BPED (segunda a sexta-feira, das 7h às 17h). Esse parâmetro foi adotado de forma uniforme para todos os ambientes da edificação, não contemplando eventuais variações no padrão real de uso e ocupação entre os diferentes espaços da biblioteca ao longo do dia, uma vez que o método simplificado da INI-C não prevê a diferenciação do período de funcionamento por ambiente. Esse procedimento permite estimar o consumo energético anual do sistema de iluminação artificial da edificação, conforme a equação [6]:

$$C_{IL,Real} = \frac{P_{IT} \times h \times N_{ano}}{1000} \qquad [6]$$

Onde:

CIL,real = consumo real de iluminação (kWh/ano);

PIT = potência instalada total (W);

PIL = potência de iluminação limite para a classificação D (kW);

h = horas de funcionamento por dia (anexo A);

Nano = número de dias de funcionamento ao ano (anexo A);

1000= fator de conversão de Wh para kWh;

Esse cálculo fornece a base para a comparação com o consumo de referência da classe D, possibilitando posteriormente a determinação do percentual de redução de consumo e a classificação energética do sistema de iluminação.

4.5.5. Determinação do percentual de redução do consumo de iluminação

O percentual de redução do consumo de iluminação é determinado por meio da comparação entre o consumo real do sistema de iluminação da edificação e o consumo de referência correspondente à classificação D. Esse indicador permite avaliar o desempenho energético do sistema analisado em relação ao padrão mínimo de referência adotado pela metodologia.

A redução do consumo é determinada a partir da equação [7]:

$$RedCIL = \left[\frac{C_{IL,ref\ D} - C_{IL,Real}}{C_{IL,ref\ D}}\right] \times 100 \quad [7]$$

$$CIL,real = PIT^{*}\ (h^{*}\ Nano) \quad [8]$$

$$CIL,ref\ D = PILD^{*}\ (h^{*}\ Nano) \quad [9]$$

Onde:

CIL,ref = consumo de iluminação na sua condição de referência (kWh/ano);

CIL,real = consumo de iluminação da edificação real (kWh/ano);

PIT = potência de iluminação total instalada (kW);

PIL = potência de iluminação limite para a classificação D (kW);

h = horas de uso da edificação por dia (anexo A);

Nano = número de dias de ocupação ao ano (anexo A).

A classificação final do sistema é então definida a partir da redução de consumo obtida, comparando-se o desempenho do ambiente com os limites estabelecidos pela escala de referência da INI-C. Dessa forma, o sistema é enquadrado em uma das classes de eficiência energética, evidenciando seu grau de desempenho e subsidiando a proposição de medidas de atualização voltadas à melhoria da classificação.

4.5.6. Classificação do Sistema de iluminação

Determinado o percentual de redução do consumo de iluminação, procede-se à classificação do sistema conforme os intervalos estabelecidos pela INI-C, permitindo seu enquadramento em uma das classes de eficiência energética previstas na escala de A a E. A classificação energética é definida com base na redução do consumo do sistema em relação aos limites estabelecidos para as classes A e D. Para isso, elabora-se inicialmente a escala de classificação, utilizada como referência para o enquadramento do sistema de iluminação. O coeficiente que define os intervalos entre as classes é calculado pela equação [10].

$$i = \frac{((C_{IL,refD} - C_{IL,refA})/C_{IL,refD}) \times 100}{3} \qquad [10]$$

onde:

i = coeficiente que representa os intervalos entre as classificações;

CIL,ref D = consumo do sistema de iluminação para a classificação D (kWh/ano);

CIL,ref A = consumo do sistema de iluminação para a classificação A (kWh/ano).

A partir desse coeficiente, verifica-se em qual faixa a redução de consumo do sistema se encontra.

Após o cálculo do coeficiente de intervalo, elabora-se a escala de classificação, que estabelece os limites correspondentes às classes de eficiência energética. Em seguida, compara-se a redução percentual do consumo do sistema de iluminação com os intervalos definidos pela INI-C, permitindo enquadrar a edificação em uma das classes de eficiência energética, variando de A a E, conforme ilustrado na Figura 22.

Figura 22– Escala de classificação

A	$RedC_{IL} \geq 3i$	$RedC_{IL} \geq 48,4\%$
B	$3i > RedC_{IL} \geq 2i$	$48,4\% > RedC_{IL} \geq 32,3\%$
C	$2i > RedC_{IL} \geq i$	$32,3\% > RedC_{IL} \geq 16,1\%$
D	$i > RedC_{IL} \geq 0$	$16,1\% > RedC_{IL} \geq 0\%$
E	$0 > RedCIL$	$0\% > RedCIL$

Fonte: PBE (2025) adaptado pelo autor (2026).

A classificação obtida para o sistema de iluminação existente constitui a base para a elaboração das propostas de melhoria da edificação. Após a definição das intervenções, os cálculos são reaplicados utilizando a mesma metodologia, possibilitando avaliar o impacto das medidas propostas sobre o consumo de energia elétrica.

4.5.7. Avaliação da elegibilidade para a Classe A do sistema de iluminação

Além da classificação energética do sistema de iluminação, avalia-se a elegibilidade da edificação para obtenção da Classe A, conforme os critérios estabelecidos pela INI-C. As condições de elegibilidade constituem requisitos obrigatórios para o enquadramento na Classe A e são verificadas independentemente do resultado obtido nos cálculos de eficiência energética. Caso esses requisitos não sejam atendidos, a edificação não pode ser classificada como Classe A, sendo enquadrada, no máximo, na Classe B.

Para essa verificação, analisam-se os seguintes requisitos:

- **Contribuição da luz natural**:

O requisito de contribuição da luz natural verifica se a edificação dispõe de estratégias que permitam o aproveitamento da iluminação natural, reduzindo a necessidade de utilização da iluminação artificial durante o período de ocupação. Para o atendimento desse requisito, considera-se a existência de dispositivos de controle capazes de reduzir ou desligar automaticamente as luminárias em função da disponibilidade de luz natural, como fotossensores, ou, quando aplicável, os resultados provenientes da simulação de autonomia da luz natural previstos pela metodologia da INI-C.

- **Controle local da iluminação:**

O requisito de controle local da iluminação refere-se à possibilidade de acionamento independente das luminárias de cada ambiente ou zona de iluminação, permitindo que os usuários utilizem apenas a iluminação necessária às atividades desenvolvidas. A existência de interruptores setorizados ou sistemas equivalentes contribui para a redução do consumo de energia, evitando o funcionamento simultâneo de luminárias em áreas desocupadas ou que disponham de iluminação natural suficiente.

- **Desligamento automático do sistema de iluminação:**

O requisito de desligamento automático do sistema de iluminação consiste na utilização de dispositivos capazes de interromper automaticamente o funcionamento das luminárias quando os ambientes não estão em uso ou em horários programados. Entre esses dispositivos incluem-se sensores de presença, temporizadores e sistemas automatizados de gerenciamento da iluminação, cuja finalidade é eliminar o consumo desnecessário de energia elétrica decorrente do acionamento permanente das luminárias.

A avaliação é realizada por ambiente, considerando a potência instalada associada a cada requisito. Para que a edificação seja considerada elegível à Classe A, a soma das potências dos ambientes que atendem aos três critérios deve corresponder a, no mínimo, 90% da potência total do sistema de iluminação. A verificação das condições de elegibilidade permite identificar eventuais adequações necessárias ao sistema de iluminação da BPED, subsidiando a proposição de melhorias voltadas ao atendimento dos requisitos da INI-C e à obtenção da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) com classificação A.

4.5.8. Inserção dos dados na planilha eletrônica do PBE Edifica

Para operacionalizar os procedimentos de cálculo e classificação descritos anteriormente, utilizou-se a planilha eletrônica disponibilizada pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações (PBE Edifica), desenvolvida para auxiliar na avaliação da eficiência energética de edificações. Nesta pesquisa, adota-se a versão mais recente da planilha, revisada em outubro de 2025, sendo utilizada exclusivamente a aba destinada à avaliação do sistema de iluminação, por corresponder ao objeto de estudo deste trabalho.

A planilha possui uma interface composta por campos de preenchimento e células de processamento automático. As informações levantadas na BPED são inseridas nos campos destinados à entrada de dados, enquanto as opções de seleção permitem definir parâmetros da edificação, como a tipologia, o método de avaliação e as características dos ambientes. Após o preenchimento dessas informações, a própria planilha processa automaticamente os dados conforme os procedimentos estabelecidos pela INI-C, gerando os indicadores necessários para a classificação energética.

Entre os resultados obtidos destacam-se a potência total instalada, a densidade de potência de iluminação (DPI), a área iluminada, o consumo anual do sistema de iluminação e os demais parâmetros utilizados para a determinação da classe de eficiência energética da

edificação. Esses resultados subsidiam a análise do desempenho energético do sistema de iluminação e permitem identificar sua conformidade com os critérios estabelecidos pela INI-C.

A ferramenta também contempla a verificação dos requisitos de elegibilidade para a obtenção da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia com classificação A, permitindo registrar informações referentes ao aproveitamento da iluminação natural, ao controle local da iluminação e ao desligamento automático do sistema. Quando aplicável, a planilha disponibiliza ainda um campo para inserção dos resultados da simulação de autonomia da luz natural.

Como a planilha não realiza o cálculo da potência instalada de cada ambiente, essa etapa é desenvolvida previamente a partir do inventário do sistema de iluminação realizado durante o levantamento de campo. Para cada ambiente da biblioteca são determinadas a quantidade de luminárias, a potência nominal das fontes luminosas e a potência total instalada. Esses valores são posteriormente inseridos na planilha, possibilitando a realização dos cálculos e a determinação da classificação energética do sistema de iluminação. Após as análises e cálculos, será elaborada uma etapa de propostas de melhorias. Essa fase terá o objetivo de sugerir intervenções e ajustes nos sistemas. As propostas buscarão otimizar o desempenho energético da BPED, garantindo conforto ambiental, preservação arquitetônica e viabilidade técnica.

Essas propostas também consideram os parâmetros exigidos pela INI-C e pelo PBE Edifica, de modo a favorecer a obtenção da ENCE. Assim, os resultados poderão orientar futuras adequações que elevem a classificação da edificação e possibilitem a conquista da etiqueta de eficiência energética, total ou parcial, consolidando a biblioteca como um exemplo de requalificação sustentável do patrimônio público.

A fase de interpretação dos resultados visa consolidar e analisar os dados coletados nas etapas anteriores da pesquisa, permitindo a compreensão do desempenho energético e lumínico da BPED, considerando os parâmetros estabelecidos pela INI-C e pelo PBE Edifica. Este momento representa uma síntese crítica, na qual os resultados numéricos e observacionais são integrados para evidenciar o comportamento real do edifício e suas potencialidades de aprimoramento.

Inicialmente, os valores da DPIL, da potência instalada (PIT) e do CIL,real serão comparados aos CIL,ref correspondentes às classes A e D. Essa comparação possibilitará a identificação do nível de eficiência energética do sistema de iluminação em operação na BPED. Os percentuais de RedCIL serão calculados e interpretados conforme os limites estabelecidos

pela norma, permitindo o enquadramento da edificação na respectiva classe de eficiência energética, de acordo com o intervalo de desempenho alcançado.

Em seguida, os resultados serão analisados em relação aos critérios de elegibilidade da INI-C, verificando se o edifício atende aos requisitos adicionais para a obtenção do selo de eficiência energética, tais como o aproveitamento da luz natural, o acionamento independente de circuitos, o controle local interno e o desligamento automático em áreas amplas. A análise criteriosa desses aspectos permitirá avaliar o grau de conformidade da biblioteca com as práticas contemporâneas de eficiência energética e identificar medidas prioritárias para aprimorar seu desempenho, respeitando sua integridade arquitetônica e valor cultural.

A análise não se restringirá à interpretação numérica dos resultados obtidos; também serão realizadas análises qualitativas dos fatores que explicam o desempenho observado, estabelecendo relações entre estes e as características arquitetônicas originais, bem como com as condições atuais de uso da biblioteca. Entre os aspectos a serem considerados, destacam-se: o impacto das soluções de sombreamento e dos brises de concreto na redução da incidência solar direta; a eficiência da integração entre iluminação natural e artificial; a adequação das potências instaladas às demandas de uso e o comportamento dos usuários em relação ao acionamento e controle da iluminação. A conjugação entre dados técnicos e observações de campo permitirá avaliar em que medida as estratégias modernistas originais ainda contribuem para o conforto e a economia de energia.

Posteriormente, será realizada uma análise comparativa entre o desempenho atual da BPED e os parâmetros de edificações de referência, considerando exemplos de bibliotecas públicas e de edifícios modernistas avaliados em estudos anteriores. Essa comparação permitirá situar o edifício em um contexto mais amplo, destacando suas características distintivas e as oportunidades de melhoria que podem ser exploradas em futuros projetos de atualização do sistema de iluminação. Ademais, a comparação contribuirá para a verificação da adequação do método da INI-C às características de edifícios de valor histórico e arquitetônico, reforçando a relevância da aplicação prática do instrumento em edificações existentes.

A etapa de interpretação incluirá, também, a análise dos resultados, com o intuito de verificar a influência de variáveis operacionais, tais como tempo de uso da iluminação, níveis de ocupação e variação de potência em ambientes controlados por sensores. Essa análise visa garantir a consistência e a robustez dos dados, permitindo a compreensão do comportamento energético da edificação sob diferentes condições de uso. Os resultados serão apresentados em

forma de tabelas, gráficos e diagramas, de modo a facilitar a visualização dos padrões de consumo e de desempenho.

Nesse sentido, a etapa de interpretação dos resultados representa a convergência entre o diagnóstico técnico e a leitura arquitetônica da edificação. Mais do que quantificar o desempenho energético, busca-se compreender como as soluções projetuais, as transformações ao longo do tempo e o uso cotidiano impactam a eficiência e o conforto da BPED. Essa compreensão servirá de base para a formulação de recomendações que conciliam a conservação patrimonial, a atualização tecnológica e a sustentabilidade, reafirmando a relevância do edifício como referência cultural e ambiental para a cidade de Aracaju. Espera-se que os resultados sirvam de base técnica e metodológica para futuras ações de reabilitação e para políticas de eficiência energética aplicadas a edifícios públicos em Sergipe e em outras regiões, reforçando a importância de conciliar a preservação do patrimônio com os princípios de sustentabilidade.

4.6. Avaliação do desempenho luminoso dos ambientes da biblioteca, com base na ABNT NBR ISO/CIE 8995-1.

Segundo a ABNT NBR ISO/CIE 8995-1 (2013), a qualidade da iluminação de um ambiente não depende exclusivamente da quantidade de luz fornecida, mas também de fatores como o ofuscamento, o índice de reprodução de cor e a maneira como a luz é distribuída no espaço, elementos que, em conjunto, possibilitam que os usuários executem suas tarefas visuais com segurança, eficiência e conforto, sem o desenvolvimento de fadiga visual. A norma destaca ainda que os valores de iluminância recomendados buscam um equilíbrio entre os requisitos de saúde, segurança e desempenho eficiente das atividades, podendo ser alcançados por meio de soluções energeticamente eficientes. Além disso, o documento ressalta que fatores ergonômicos visuais, como as características da tarefa e a capacidade perceptiva do usuário, também influenciam diretamente a qualidade visual e o desempenho, podendo, em determinadas situações, dispensar o aumento dos níveis de iluminância em favor de melhorias no contraste da tarefa ou no uso de sistemas de iluminação direcionais.

A avaliação experimental do desempenho luminoso e do conforto visual nos ambientes da BPED será realizada para diagnosticar a qualidade da iluminação artificial e o potencial de integração com a luz natural. O procedimento metodológico baseia-se nos requisitos técnicos e critérios de desempenho estabelecidos pela norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1 (Iluminação de ambientes de trabalho). A metodologia adotada combina levantamento do projeto luminotécnico in loco com simulações computacionais desenvolvidas no software DIALux evo,

permitindo avaliar as condições atuais de iluminação da edificação e analisar o desempenho de cenários de intervenção.

O procedimento metodológico é estruturado em cinco etapas consecutivas: (I) caracterização dos ambientes e definição das atividades visuais; (II) levantamento do projeto luminotécnico; (III) modelagem no software SketchUp e simulação no DIALux evo do cenário existente; (IV) avaliação conforme a ABNT NBR ISO/CIE 8995-1 e diagnóstico luminotécnico; e (V) proposição e avaliação do cenário otimizado.

4.6.1. Caracterização dos ambientes e definição das atividades visuais

Nesta primeira etapa, os ambientes da BPED foram mapeados e classificados de acordo com as atividades e tarefas visuais neles desenvolvidas (salas de leitura, áreas de acervo, balcões de atendimento, zonas de circulação, entre outros). Para cada tipologia funcional identificada, foram extraídos da Seção 5 da ABNT NBR ISO/CIE 8995-1 os respectivos requisitos mínimos de desempenho: E_m = iluminância média mantida; UGR_l = índice de ofuscamento unificado; R_a = índice de reprodução de cor, sistematizados na Tabela 3.

Tabela 3 – Requisitos de iluminação para diferentes ambientes, tarefas e atividades

Ambiente, tarefa ou atividade	**E_m (lux)**	**UGR_l**	**R_a**	**Observações**
Áreas gerais da edificação				
Saguão de entrada	100	22	60	—
Sala de espera	200	22	80	—
Áreas de circulação e corredores	100	28	40	Nas entradas e saídas, estabelecer uma zona de transição, a fim de evitar mudanças bruscas.
Escadas, escadas rolantes e esteiras rolantes	150	25	40	—
Refeitório/Cantinas	200	22	80	—
Depósito, estoques, câmara fria	100	25	60	200 lux, se forem continuamente ocupados.
Vestiários, banheiros, toaletes	200	25	80	—
Cozinha	500	22	80	—
Restaurante, sala de jantar, sala de eventos	200	22	80	Recomenda-se que a iluminação seja projetada para criar um ambiente íntimo.
Arquivamento, cópia, circulação etc.	300	19	80	—
Escrever, teclar, ler, processar dados	500	19	80	Para trabalho com VDT, ver 4.10.
Desenho técnico	750	16	80	—
Estações de projeto assistido por computador	500	19	80	Para trabalho com VDT, ver 4.10.
Salas de reunião e conferência	500	19	80	Recomenda-se que a iluminação seja controlável.
Recepção	300	22	80	—
Arquivos	200	25	80	—

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

Para fins de verificação da uniformidade da iluminância (U_0), adotam-se os critérios estabelecidos no item 4.3.4 da norma: $U_0 \geq 0,7$ nas áreas de tarefa e $U_0 \geq 0,5$ nas áreas do entorno imediato.

4.6.2. Levantamento do projeto luminotécnico

Nesta etapa, foi realizado o levantamento das luminárias presentes no projeto, considerando sua quantidade, localização, distribuição espacial e características elétricas e fotométricas. Foram identificados, para cada ambiente, o tipo e modelo das luminárias, a quantidade de equipamentos instalados, a potência elétrica, o fluxo luminoso, a temperatura de cor e demais informações técnicas disponíveis. A distribuição das luminárias foi analisada a partir das plantas do projeto elaborado após o levantamento, considerando sua disposição e espaçamento nos ambientes.

4.6.3. Modelagem luminotécnica no DIALux evo e simulação do cenário existente

Paralelamente às coletas de campo, foi desenvolvido o modelo luminotécnico da BPED para reproduzir as condições reais de iluminação da edificação e subsidiar a avaliação de cenários de intervenção. Inicialmente, a modelagem tridimensional da biblioteca foi elaborada no software SketchUp, a partir das plantas arquitetônicas e do levantamento cadastral realizado na edificação. Posteriormente, o modelo foi exportado no formato Industry Foundation Classes (IFC) para o software DIALux evo, onde foram realizadas as simulações luminotécnicas. O modelo contemplou a geometria da edificação, incluindo as dimensões dos ambientes, pé-direito, layout, mobiliário fixo, esquadrias, elementos de proteção solar e demais componentes que interferem na distribuição da luz. Foram atribuídas às superfícies internas as propriedades ópticas correspondentes aos materiais de acabamento existentes.

Na sequência, foi inserido o sistema de iluminação artificial existente, utilizando as informações obtidas no inventário realizado durante o levantamento de campo. Para cada luminária foram cadastrados sua localização, potência nominal, fluxo luminoso, temperatura de cor correlata, índice de reprodução de cor (IRC) e, quando disponíveis, os arquivos fotométricos nos formatos IES ou LDT fornecidos pelos fabricantes. Na ausência desses arquivos, foram adotadas luminárias com características fotométricas equivalentes às instaladas na edificação, de forma a representar adequadamente o comportamento do sistema existente.

A superfície de cálculo foi estabelecida conforme os critérios da ABNT NBR ISO/CIE 8995-1. Nos ambientes destinados à leitura, estudo e atividades administrativas, foi considerado o plano horizontal de trabalho situado a 0,75 m do piso acabado. Nas áreas de acervo, além das avaliações no plano horizontal, foram realizadas análises complementares no plano vertical, permitindo verificar os níveis de iluminância incidentes sobre as estantes.

A distribuição dos pontos de medição foi definida conforme as recomendações da ABNT NBR ISO/CIE 8995-1, considerando a malha de medição e a altura do plano de trabalho correspondente às atividades desenvolvidas em cada ambiente, cujo espaçamento (p) é determinado em função da maior dimensão do recinto (d), conforme a equação [11] recomendada no Anexo B da norma:

$$p = 0{,}2 \times 5^{\log_{10}(d)} \qquad [11]$$

Onde:
p é o tamanho da malha, expresso em metros (m);
d é a maior dimensão da superfície de referência, expressa em metros (m);
n é o número de pontos de cálculo considerando a malha p.
O número de pontos (n) é então estabelecido pelo número inteiro mais próximo da relação entre d e p.

Os pontos de medição foram distribuídos de forma uniforme na área útil dos ambientes, mantendo-se um afastamento mínimo de 0,50 m das paredes, conforme estabelece a norma.

4.6.4. Avaliação conforme a ABNT NBR ISO/CIE 8995-1 e diagnóstico luminotécnico

Após a conclusão da modelagem, foi simulado o cenário correspondente às condições atuais da biblioteca. Os resultados obtidos incluíram mapas de iluminância, curvas isolux e relatórios técnicos contendo os principais parâmetros luminotécnicos, entre eles a iluminância média mantida (Em), a iluminância mínima (Emin), a iluminância máxima (Emax), a uniformidade da iluminação (U_0), o Índice Unificado de Ofuscamento (UGR) e o Índice de Reprodução de Cor (IRC).

Para a realização das simulações no software DIALux evo, foram definidas as propriedades ópticas das superfícies de acordo com os materiais e acabamentos identificados na edificação. A refletância das superfícies foi considerada na modelagem por influenciar a distribuição da luz nos ambientes e, consequentemente, os valores de iluminância obtidos nos

planos de trabalho. Os coeficientes de refletância (ρ) adotados foram definidos com base em Tregenza e Loe (2015) e nas características dos materiais identificados durante o levantamento da BPED.

O concreto aparente, predominante na edificação e presente em pilares, paredes e tetos, foi configurado com refletância de 40% (ρ = 0,40). Nas salas com rebaixo em gesso branco, foi adotada refletância de 80% (ρ = 0,80). Para as divisórias e portas em MDF cinza-claro, adotou-se refletância de 68% (ρ = 0,68), enquanto as portas em madeira escura foram configuradas com 10% (ρ = 0,10). Nas janelas, os caixilhos em alumínio foram definidos com refletância de 45% (ρ = 0,45) e os vidros transparentes simples com 10% (ρ = 0,10).

Em relação aos pisos, o mármore branco, predominante na biblioteca e nas áreas de circulação, foi configurado com refletância de 70% (ρ = 0,70). Nos ambientes com piso vinílico azul-claro, foi adotada refletância de 35% (ρ = 0,35), enquanto, no auditório, o carpete bordô foi configurado com 18% (ρ = 0,18).

A partir das simulações computacionais realizadas no software DIALux evo, foi efetuada a avaliação do desempenho luminoso dos ambientes da BPED, tomando como referência os critérios estabelecidos pela ABNT NBR ISO/CIE 8995-1 para iluminação de ambientes de trabalho internos. Os resultados obtidos foram comparados aos valores de referência definidos pela norma para cada atividade desenvolvida na biblioteca, permitindo verificar a conformidade das condições de iluminação dos diferentes ambientes.

A iluminância média mantida foi determinada pela média aritmética dos valores obtidos na malha de pontos de medição, conforme expresso na Equação [12]:

$$E_m = \Sigma\, E_i / n \quad [12]$$

onde:
Em = iluminância média mantida, expressa em lux (lx);
Ei = iluminância medida em cada ponto da malha, expressa em lux (lx);
n = número total de pontos de medição.

A uniformidade da iluminação foi determinada pela relação entre a iluminância mínima e a iluminância média mantida, conforme estabelecido na Equação [13]:

$$U_0 = E_{min} / E_m \quad [13]$$

onde:
U0 = uniformidade da iluminação no plano de trabalho;
Emin = iluminância mínima obtida na malha de medição, expressa em lux (lx);
Em = iluminância média mantida, expressa em lux (lx).

O Índice Unificado de Ofuscamento (UGR) foi obtido a partir das simulações realizadas no DIALux evo e comparado aos limites estabelecidos pela ABNT NBR ISO/CIE 8995-1 para cada ambiente avaliado. Da mesma forma, foi verificado o Índice de Reprodução de Cor (IRC) das fontes luminosas utilizadas, considerando os valores mínimos recomendados pela norma para as diferentes atividades desenvolvidas na biblioteca.

Os valores medidos em campo foram comparados aos resultados das simulações computacionais, permitindo verificar a representatividade do modelo desenvolvido no DIALux evo. Em seguida, esses resultados foram confrontados com os requisitos da ABNT NBR ISO/CIE 8995-1. A partir dos resultados obtidos, foi elaborado o diagnóstico luminotécnico da BPED, e os ambientes foram classificados quanto ao atendimento aos critérios estabelecidos pela ABNT NBR ISO/CIE 8995-1, identificando-se aqueles que apresentam conformidade e aqueles que necessitam de intervenções no sistema de iluminação.

O diagnóstico compreendeu a análise da distribuição espacial da iluminância, permitindo identificar ambientes com deficiência ou excesso de iluminação, baixa uniformidade, condições de ofuscamento e demais fatores que possam comprometer o conforto visual dos usuários. Também foi analisada a influência da iluminação natural sobre o desempenho luminoso dos ambientes, considerando a orientação das fachadas, as dimensões das aberturas, os dispositivos de proteção solar, como brises, e os demais elementos arquitetônicos que interferem na entrada e na distribuição da luz natural no interior da edificação. Os resultados foram apresentados por meio de tabelas, gráficos, mapas de iluminância, curvas isolux e relatórios emitidos pelo DIALux evo, possibilitando a visualização da distribuição da luz e a identificação dos ambientes que apresentam desempenho insatisfatório.

Por fim, foi analisada a relação entre o desempenho luminoso e a eficiência energética do sistema de iluminação, buscando compreender como as condições de conforto visual influenciam o consumo de energia elétrica da biblioteca. Esse diagnóstico serviu de base para a elaboração das propostas de melhoria, que foram posteriormente avaliadas por meio de novas

simulações luminotécnicas e da reaplicação do método, visando à obtenção de um cenário com desempenho luminoso adequado.

4.6.5. Proposição do cenário otimizado

Como etapa final do método, as vulnerabilidades apontadas no diagnóstico subsidiaram o desenvolvimento de proposições para adequação do novo projeto luminotécnico para a biblioteca. Foi concebido um cenário otimizado que contempla o redimensionamento do sistema, a redistribuição espacial e a inserção de sistemas automatizados de controle (sensores de presença e fotossensores para dimerização em função da luz natural).

Este novo layout proposto foi reinserido no DIALux evo, sendo submetido a uma nova simulação sob as mesmas condições climáticas e operacionais aplicadas ao modelo base. A comparação entre o cenário existente e o cenário proposto permitiu quantificar os ganhos obtidos em termos de desempenho luminoso, evidenciando a contribuição das intervenções para a melhoria das condições de conforto visual dos usuários e para a redução do consumo de energia elétrica da biblioteca.

5. RESULTADOS

Este capítulo apresenta os resultados obtidos a partir do levantamento e da avaliação do sistema de iluminação artificial da BPED. Os resultados foram organizados de acordo com as etapas estabelecidas no procedimento metodológico, contemplando a caracterização da edificação e do sistema de iluminação, a aplicação do método das atividades previsto pela INI-C, a determinação das potências e do consumo de energia, a classificação do sistema de iluminação e a verificação dos critérios de elegibilidade para a classificação energética. Paralelamente à análise do desempenho energético, são apresentados os resultados relacionados às condições luminotécnicas dos ambientes, considerando os parâmetros de iluminância, uniformidade e ofuscamento estabelecidos pela ABNT NBR ISO/CIE 8995-1.

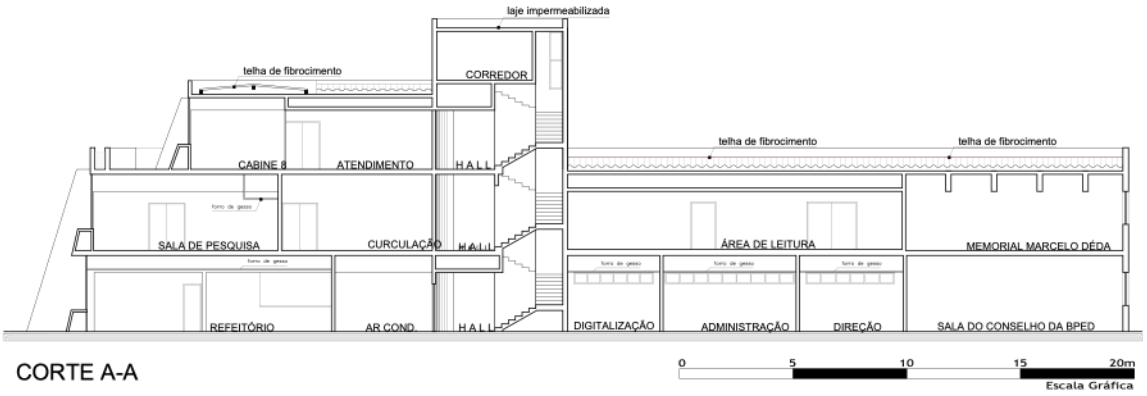
5.1. Aplicação do INI-C na avaliação do sistema de iluminação da BPED

Nesta etapa, são apresentados os resultados referentes à caracterização do objeto de estudo, ao levantamento do sistema de iluminação, à classificação dos ambientes segundo suas atividades, ao cálculo das potências de iluminação e do consumo energético e, posteriormente, à determinação da classe de eficiência energética. Também são apresentados os resultados referentes aos critérios de elegibilidade necessários à obtenção da classificação A, permitindo verificar não apenas o desempenho energético calculado, mas também as condições de controle e aproveitamento da iluminação natural na edificação.

5.1.1. Dados do levantamento cadastral e caracterização do objeto de estudo

A BPED é composta por três pavimentos (Figura 23) e apresenta organização espacial que abriga, além das funções típicas de suas tipologias, funções culturais, administrativas e institucionais. O acesso principal foi preservado conforme a concepção original do edifício, antecedido por uma ampla área externa que conduz diretamente às portas de entrada. Esse espaço frontal estabelece relação direta com o entorno urbano e reforça o caráter público do equipamento.

Figura 23– CORTE A-A



Fonte: elaborado pelo autor (2026).

Ao adentrar a edificação, o usuário encontra um *hall* que antecede o balcão de atendimento. A partir desse espaço é possível acessar, de forma independente, o auditório e a galeria de arte. A entrada ocorre por meio de acesso único, sendo o balcão de informação o primeiro ponto de contato e o elemento de controle da edificação. Nesse setor concentram-se orientações sobre os serviços oferecidos, incluindo consulta aos acervos, exposições, eventos e demais ambientes.

A plástica do edifício é definida por uma fachada rítmica, em que elementos pré-moldados em concreto exercem dupla função: estrutural e de controle solar (*brise-soleil*). A alternância entre esses componentes e os panos de vidro não apenas confere ritmo à composição, mas também qualifica a entrada de luz natural. Observa-se uma clara filiação à estética brutalista, evidenciada pelo uso do concreto aparente e pela exaltação da estrutura como recurso expressivo. Paralelamente, a herança modernista manifesta-se na racionalidade formal e na integração entre o esqueleto estrutural e os sistemas de vedação.

No pavimento térreo, o salão central destaca-se como o coração da edificação, caracterizado por um jardim interno e um pé-direito duplo de aproximadamente 6,92 m, que potencializa a amplitude visual e a articulação entre os setores. Este nível abriga uma diversidade de programas, incluindo o acervo infantil, setores administrativos e consultivos (Conselhos Estaduais de Educação e Cultura), além de áreas de suporte como o laboratório de digitalização e o refeitório.

O segundo pavimento é dedicado primordialmente à pesquisa e permanência, concentrando o acervo circulante, a hemeroteca e o Memorial Marcelo Déda, além de áreas técnicas. Já o terceiro pavimento apresenta uma volumetria singular, com destaque para o

acervo da Coordenadoria de Ciência e Pesquisa, que usufrui de pé-direito duplo e mezanino. Nesse nível, estão alocadas ainda as obras raras, a coordenação da Galeria J. Inácio e o setor de HQs, evidenciando uma setorização que isola atividades de maior concentração nos níveis superiores.

A materialidade do edifício é marcada pela sobriedade: o concreto aparente estende-se até o forro, dialogando com o mármore branco das circulações e o piso vinílico de alto tráfego das salas de leitura. As esquadrias em alumínio e as divisórias internas em alvenaria com acabamento branco completam a paleta básica de materiais. As características físicas da biblioteca estão ilustradas nas Figuras 24 e 25 do levantamento fotográfico.

Figura 24– Levantamento fotográfico, mostrando as características físicas da biblioteca



Fonte: elaborado pelo autor (2026).

Embora a configuração volumétrica e o uso de aberturas zenitais e pés-direitos duplos sugiram um elevado potencial para o aproveitamento da iluminação natural, a efetividade desse sistema permanece condicionada à profundidade das plantas e à disposição do mobiliário. Tais variáveis serão objeto de análise detalhada nas etapas subsequentes deste estudo. Neste levantamento, foi identificada uma descontinuidade entre o projeto arquitetônico e o mobiliário existente. Verifica-se uma heterogeneidade excessiva em mesas, estantes e assentos, que muitas vezes necessitam de adequação ergonômica ou compatibilidade formal com a proposta do edifício. A percepção é de uma ocupação assistemática, com peças incorporadas de diferentes períodos, resultando em uma fragmentação visual que compromete a unidade estética dos espaços de uso.

Figura 25– Características da iluminação artificial



Fonte: elaborado pelo autor (2026).

Para além da questão estética, a disposição desse mobiliário interfere diretamente no desempenho lumínico. A altura e o posicionamento das estantes, por exemplo, podem atuar como barreiras à propagação da luz, gerando zonas de sombra nas superfícies de trabalho. Portanto, a compreensão do mobiliário não é tratada aqui como um dado acessório, mas como uma variável fundamental para a avaliação do conforto ambiental e da funcionalidade global da biblioteca.

5.1.2. Avaliação da edificação segundo a divisão de usos e escolha do método

O levantamento do sistema de iluminação artificial da edificação identificou a existência de nove tipologias distintas de luminárias, com potências nominais de 8 W, 10 W, 12 W, 18 W, 24 W e 36 W. A tipologia abrange painéis de LED (*plafons*) quadrados, luminárias decorativas do tipo globo, sistemas tubulares, trilhos eletrificados, refletores e pendentes. A distribuição detalhada por pavimento revela as especificidades técnicas do sistema instalado.

No primeiro pavimento, observa-se a predominância de painéis de LED quadrados em quatro dimensões e potências distintas: 15x15 cm (12 W), 21x21 cm (18 W), 28x28 cm (24 W) e 40x40 cm (36 W). A temperatura de cor predominante é de 6.500 K (luz fria), com ocorrências pontuais de 3.000 K (luz quente). Exceções a este padrão são verificadas na escada e na circulação, que utilizam globos com lâmpadas bulbo de 8 W, e na sala de arquivo do conselho, onde foram instalados refletores de 10 W, como mostra a Figura 26.

Figura 26– Layout das luminárias no pavimento térreo



Fonte: elaborado pelo autor (2026).

No segundo pavimento, mantém-se a predominância dos painéis quadrados observada no nível inferior. Contudo, o Memorial Marcelo Déda apresenta uma configuração distinta, composta por 13 trilhos eletrificados com três spots de 10 W cada, além do uso de luminárias pendentes de 10 W, configurando solução voltada ao destaque expositivo e à iluminação de acervo específico (Figura 27).

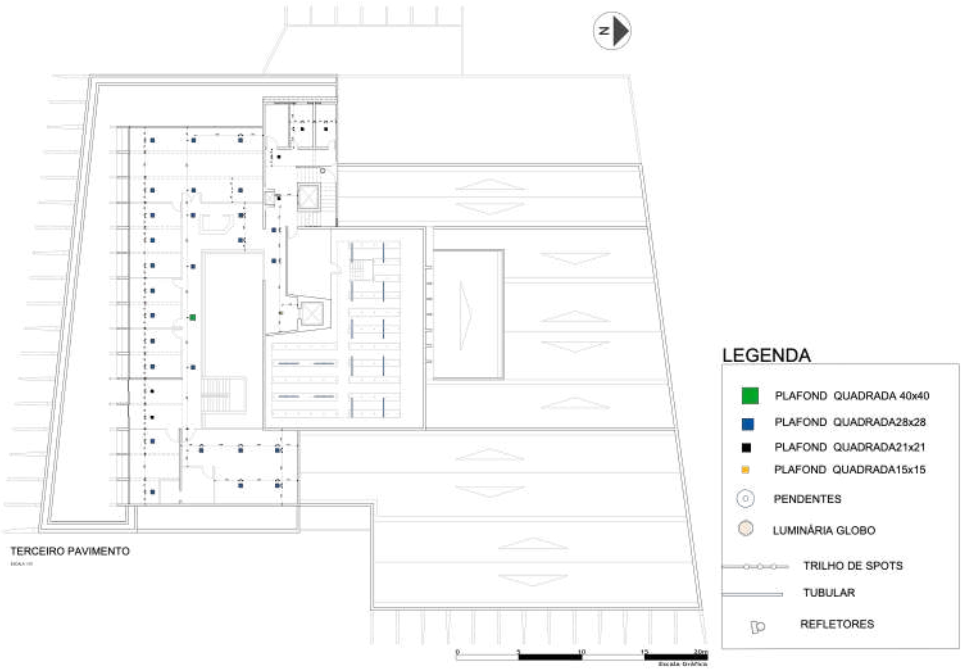
Figura 27– Layout das luminárias no segundo pavimento



Fonte: elaborado pelo autor (2026).

No terceiro pavimento, nota-se a prevalência dos painéis quadrados de LED de 28 × 28 cm (24 W), distribuídos de forma regular nas áreas de leitura e acervo geral (Figura 28). Como exceção, o acervo da Coordenadoria de Ciência e Pesquisa apresenta luminárias tubulares com comprimento aproximado de 1,20 m e potência de 36 W, instaladas de modo linear no forro, adequadas à configuração espacial do ambiente.

Figura 28– Layout das luminárias no terceiro pavimento



Fonte: elaborado pelo autor (2026).

De modo geral, verifica-se que a distribuição das luminárias seguiu uma lógica racional, com distribuição ortogonal predominante em todos os pavimentos. No entanto, observa-se a ausência de uniformidade quanto aos formatos e, principalmente, quanto à temperatura de cor das lâmpadas instaladas. A presença pontual de unidades com 3.000 K, em contraste com a predominância de 6.500 K, conforme ilustrado na Figura 28, sugere substituições realizadas ao longo do tempo, possivelmente em decorrência de manutenções corretivas, sem observância de padronização da temperatura de cor.

Figura 29– Algumas tipologias de luminárias encontradas na biblioteca

FOTO	IDENTIFICAÇÃO	FABRICANTE / MODELO	POTÊNCIA NOMINAL	TEMPERATURA DE COR (CCT)	IRC (Ra)	OUTRAS INFORMAÇÕES
(1) 	Luminária LED de sobrepor quadrada (1)	ECONOMAX 24W 50-75V--- 300mA	24 W	6500 K (luz branca)	≥ 80	Necessita de adaptador CA/CC para o correto funcionamento.
(2) 	Luminária LED de sobrepor quadrada (2)	LLUM® 18W –127V~ 220V (bivolt)	18 W	6500 K (luz branca)	≥ 80	Bivolt (127V~ / 220V~) Data de fabricação: 07/2018.
(3) 	Luminária LED de sobrepor quadrada (3)	NITROLUX® PLAFON LED EMBUTIR Modelo: NT-PL-040A	36 W	6500 K (luz branca)	> 70	Modelo: NT-PL-040A Data de fabricação: 2018-07.

Fonte: elaborado pelo autor (2026).

Em contato com a direção da biblioteca, com o objetivo de obter o projeto luminotécnico mais recente, foi informado que não houve elaboração de projeto específico para a atualização do sistema de iluminação. Segundo relato institucional, a substituição das luminárias foi realizada pela equipe de engenharia responsável pela última reforma do edifício, ocorrida no ano de 2019, possivelmente sem desenvolvimento de projeto luminotécnico formal.

No processo de levantamento das luminárias, constatou-se que a intervenção realizada na reforma anterior não foi precedida por um planejamento sistemático ou por um projeto luminotécnico devidamente elaborado. Tal constatação torna-se evidente a partir da observação das fotografias apresentadas anteriormente e das plantas luminotécnicas, nas quais se verifica que a disposição das luminárias parece ter se adaptado à estrutura preexistente dos pontos elétricos e às limitações impostas pela configuração plástica das estruturas de teto. Em outras palavras, a lógica de implantação da iluminação não decorreu de um estudo técnico voltado à qualidade ambiental ou ao desempenho luminoso dos espaços, mas de uma adaptação às condições já estabelecidas pela infraestrutura instalada.

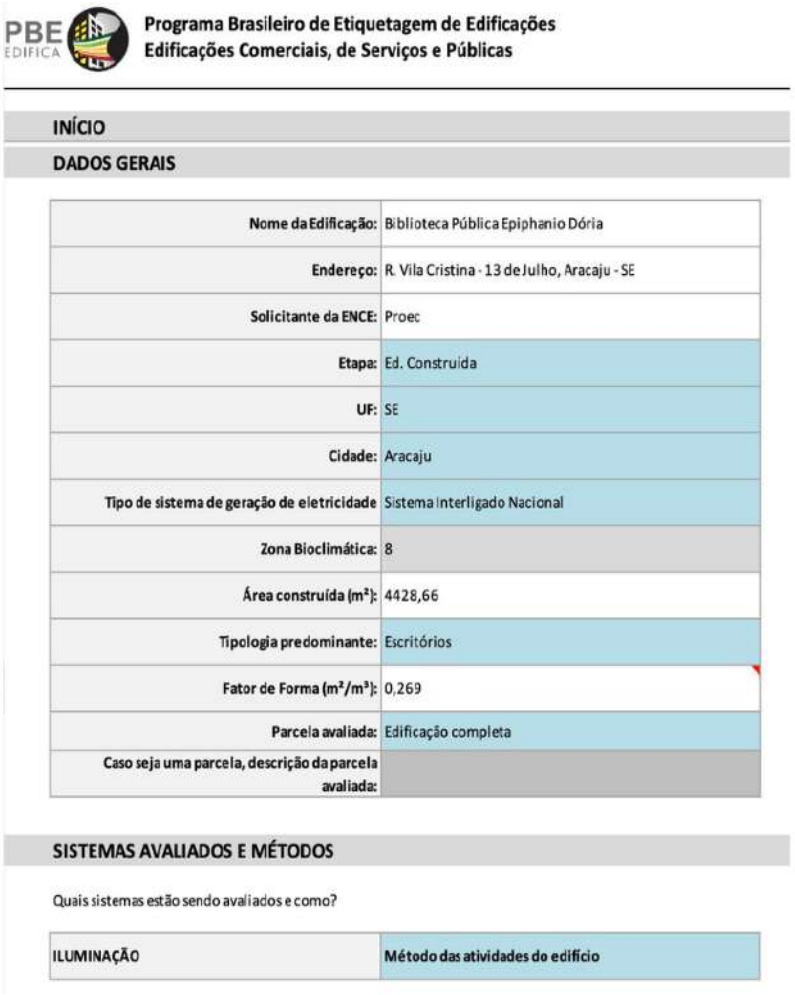
Esse cenário revela a ausência de uma revisão mais ampla do sistema, que poderia considerar aspectos como níveis adequados de iluminância, uniformidade luminosa, eficiência energética e conforto visual dos ambientes. Dessa forma, observa-se que a intervenção se

limitou à atualização pontual dos equipamentos, sem a realização prévia de um estudo luminotécnico ou a elaboração de um projeto de reabilitação de iluminação, que possibilitasse reavaliar e reorganizar o sistema de forma mais adequada às demandas atuais do edifício. O mapeamento permitiu sistematizar a localização e os tipos de equipamentos de iluminação instalados na edificação, constituindo uma base para a compreensão do sistema de iluminação atual e para as análises desenvolvidas nas etapas seguintes da pesquisa.

Para a análise do sistema de iluminação, adotou-se o método das atividades, abordagem que permite relacionar as condições de iluminação com as funções desempenhadas nos diferentes ambientes da edificação. Esse procedimento parte do entendimento de que cada atividade desenvolvida em um espaço possui exigências específicas de iluminação, tanto em termos de iluminância quanto de condições de conforto visual, o que torna necessária a classificação prévia dos ambientes segundo seus usos predominantes.

As informações gerais da edificação e os parâmetros adotados para a avaliação do sistema de iluminação foram inseridos na planilha de cálculo do PBE Edifica, conforme apresentado na Figura 30, que sintetiza dados como a identificação da edificação, localização, área construída, tipologia predominante e o método de avaliação aplicado ao sistema de iluminação, neste caso baseado no método das atividades do edifício.

Figura 30– Planilha de cálculo do PBE Edifica.



PBE EDIFICA — Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações
Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas

INÍCIO

DADOS GERAIS

Nome da Edificação:	Biblioteca Pública Epiphanio Dória
Endereço:	R. Vila Cristina - 13 de Julho, Aracaju - SE
Solicitante da ENCE:	Proec
Etapa:	Ed. Construída
UF:	SE
Cidade:	Aracaju
Tipo de sistema de geração de eletricidade	Sistema Interligado Nacional
Zona Bioclimática:	8
Área construída (m²):	4428,66
Tipologia predominante:	Escritórios
Fator de Forma (m²/m³):	0,269
Parcela avaliada:	Edificação completa
Caso seja uma parcela, descrição da parcela avaliada:	

SISTEMAS AVALIADOS E MÉTODOS

Quais sistemas estão sendo avaliados e como?

ILUMINAÇÃO	Método das atividades do edifício

Fonte: Adaptado pelo autor (2026).

A definição das categorias de atividades utilizadas nesta pesquisa foi baseada na Tabela B.III.3 da Instrução Normativa para Classificação de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas, que estabelece um conjunto de tipologias de referência para a caracterização funcional dos ambientes. A partir dessa referência, os ambientes da biblioteca foram associados às categorias de atividades correspondentes, considerando as funções efetivamente desempenhadas em cada espaço. Em seguida, a planilha foi preenchida com os elementos do levantamento que compõem o sistema de iluminação, especialmente o número de luminárias e de lâmpadas instaladas em cada ambiente. Os resultados desse levantamento encontram-se sistematizados na Figura 31, que apresenta a distribuição desses equipamentos segundo os pavimentos da edificação e as atividades identificadas.

Figura 31 Quantitativo de atividades, luminárias e lâmpadas por pavimento

Pavimento	Atividade	Nº de luminárias	Nº de lâmpadas
Térreo	Hall de entrada - vestíbulo - Outros	8	8
	Hall de entrada - vestíbulo - Salas de espetáculos	5	5
	Sala de espera, convivência	20	20
	Escritórios	29	29
	Banheiros	9	9
	Auditórios e Anfiteatros - Auditório	20	20
	Biblioteca - Área de estantes	13	13
	Sala de reuniões, conferência, multiuso	13	13
	Biblioteca - Área de arquivamento	10	10
	Circulação	10	10
	Laboratórios - para salas de aula	4	4
	Escadas	1	1
	Refeitório - Salão	7	7
	Refeitório	1	1
	Cozinhas	4	4
Total parcial	15	154	154
2º Pavimento	Circulação	23	23
	Biblioteca - Área de leitura	21	21
	Biblioteca - Área de arquivamento	15	15
	Escritórios	3	3
	Banheiros	14	14
	Museus - Sala de exibição	34	59
	Hall de entrada - vestíbulo - Outros	1	1
	Escadas	2	2
	Biblioteca - Área de estantes	23	23
Total parcial	9	136	161
3º Pavimento	Biblioteca - Área de estantes	25	25
	Circulação	11	11
	Escadas	1	1
	Banheiros	2	2
	Museus - Sala de exibição	2	2
	Biblioteca - Área de leitura	2	2
	Sala de reuniões, conferência, multiuso	2	2
	Laboratórios - para salas de aula	5	5
Total parcial	8	50	50
Total Geral	31	311	336

Fonte: elaborado pelo autor (2026).

A distribuição do sistema de iluminação aponta uma concentração significativa de pontos de luz nos dois primeiros pavimentos da edificação. O pavimento térreo reúne ambientes administrativos, de apoio e de uso coletivo, demandando uma grande diversidade de atividades e, consequentemente, diferentes necessidades de iluminação. Já o segundo pavimento apresenta

o maior quantitativo de luminárias e lâmpadas instaladas, fato associado à predominância de áreas de leitura, estantes e espaços de permanência prolongada dos usuários, ambientes que exigem condições de iluminância mais rigorosas.

Por outro lado, o terceiro pavimento possui uma menor densidade de equipamentos de iluminação, reflexo da reduzida quantidade de ambientes e da predominância de espaços de apoio e circulação. Essa distribuição demonstra que o sistema de iluminação da biblioteca não é homogêneo entre os pavimentos, mas está diretamente relacionado às funções desempenhadas em cada setor da edificação.

No total, foram identificadas 311 luminárias e 336 lâmpadas distribuídas em 31 categorias de atividades. Esse levantamento permite compreender o perfil de consumo potencial do sistema de iluminação e constitui uma etapa fundamental para a avaliação da eficiência energética da edificação. Além de subsidiar os cálculos previstos pelo INI-C, a caracterização quantitativa e funcional dos ambientes possibilita identificar setores potencialmente mais intensivos em consumo de energia e verificar se o sistema instalado está compatível com as exigências de iluminância e desempenho energético estabelecidas pela regulamentação brasileira.

Com base no levantamento do sistema de iluminação e na classificação das atividades desenvolvidas nos ambientes da biblioteca, procedeu-se à aplicação dos procedimentos estabelecidos pela INI-C para a determinação da eficiência energética do sistema de iluminação. Para o tratamento dos dados e a realização dos cálculos, foi utilizado o software Microsoft Excel, que possibilitou a organização das informações obtidas e a aplicação das equações necessárias à análise. Os resultados dessa etapa são apresentados nos subtópicos a seguir, em conformidade com os procedimentos metodológicos descritos no fluxograma apresentado na página 74 (Figura 16), por meio de tabelas e imagens das planilhas elaboradas durante o processo de cálculo.

5.1.3. Levantamento da potência limite

Após o cálculo da Potência de Iluminação Total (PIT) instalada no edifício, etapa que permitiu quantificar a carga real do sistema de iluminação a partir do levantamento das luminárias existentes, o procedimento metodológico da INI-C prevê o cálculo da Potência Limite de Iluminação (PIL). Para obtenção do valor, foi inicialmente realizado o levantamento das áreas correspondentes aos diferentes ambientes da edificação. Essas áreas correspondem às

superfícies internas de piso atendidas por iluminação artificial e, portanto, são consideradas como área iluminada no processo de avaliação energética de iluminação.

Na sequência, os ambientes foram organizados segundo o método das atividades, conforme estabelecido pela Instrução Normativa para Classificação de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas, o que permitiu identificar 18 atividades distintas no objeto de estudo, refletindo a diversidade de atividades presente no edifício. Essa caracterização é relevante, pois o regulamento estabelece limites de densidade de potência de iluminação específicos para cada tipo de atividade, o que reforça a pertinência da adoção desse método para a análise do sistema de iluminação.

As áreas correspondentes a cada uma das atividades identificadas encontram-se sistematizadas na Figura 32, totalizando 3.411,12 m² de área iluminada. A partir dessas informações, foram aplicados os valores de densidade de potência de iluminação limite estabelecidos na Tabela B.III.4 da INI-C, que define os limites de referência para diferentes classes de eficiência energética de acordo com o tipo de atividade desempenhada em cada ambiente.

Para a estimativa do consumo anual de referência, adotou-se o regime de uso indicado pelo regulamento para edificações enquadradas na categoria Escritórios, considerando 10 horas de operação diária e 260 dias de utilização ao longo do ano. Com base nesses parâmetros e na área total iluminada da edificação, foram obtidos os valores de potência limite para o sistema de iluminação. Todos os parâmetros utilizados no cálculo são especificados nas tabelas do Anexo A da INI-C, sendo automaticamente atribuídos pela planilha de cálculo do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), conforme os critérios definidos na instrução normativa (PBE, 2022), considerando a tipologia da edificação e as atividades identificadas em cada ambiente.

Figura 32– Área Iluminada Total para cada atividade principal da Biblioteca

	Parte da Edificação	Área iluminada
1	Auditórios e Anfiteatros - Auditório	177,13
2	Banheiros	126,89
3	Biblioteca - Área de arquivamento	190,44
4	Biblioteca - Área de estantes	819,89
5	Biblioteca - Área de leitura	256,27
6	Depósitos	8,70
7	Circulação	454,42
8	Cozinhas	23,54
9	Escadas	41,70
10	Escritórios	399,24
11	Hall de entrada - vestíbulo - Outros	89,94
12	Hall de entrada - vestíbulo - Salas de espetáculos	61,14
13	Laboratórios - para salas de aula	78,3
14	Museus - Sala de exibição	193,32
15	Refeitório	10,70
16	Refeitório - Salão	50,65
17	Sala de espera, convivência	327,5
18	Sala de reuniões, conferência, multiuso	102,35
	Total área iluminada =	3.411,12

Fonte: elaborado pelo autor (2026).

Os resultados indicam um consumo limite de iluminação de 160.280 W para a classe D e 89.431 W para a classe A. Esses valores representam os limites máximos de potência permitidos pelo regulamento para cada nível de eficiência energética e constituem o parâmetro de referência para a análise do desempenho do sistema de iluminação da edificação.

5.1.4. Potência de iluminação total PIT

Seguindo a sequência de etapas definida no fluxograma metodológico, foi realizada a determinação da Potência de Iluminação Total da edificação, indicador que corresponde à soma das potências das luminárias instaladas no sistema de iluminação. A biblioteca foi organizada em ambientes com funções semelhantes, considerando que cada tipo de atividade possui exigências próprias de iluminância e limites de potência distintos, conforme previsto no método

do INI-C. A partir do levantamento realizado na biblioteca, foram identificadas 17 atividades distintas, o que reforça a pertinência da adoção do método das atividades como estratégia de análise, uma vez que a diversidade funcional da edificação exige a consideração de diferentes parâmetros de iluminação para cada tipo de uso.

Em seguida, foi realizado o levantamento das potências das lâmpadas utilizadas nas luminárias e da quantidade de equipamentos presentes em cada ambiente da biblioteca. Essas informações foram organizadas em uma planilha auxiliar no Microsoft Excel, na qual foram registrados o tipo de luminária, sua potência nominal e a quantidade de unidades instaladas em cada espaço. A sistematização desses dados permitiu determinar a potência instalada em cada ambiente da edificação. A tabela completa desse levantamento encontra-se apresentada no Apêndice 1. Com base nesses dados, foi possível calcular a potência de iluminação correspondente a cada categoria de atividade. Os resultados obtidos encontram-se apresentados na Figura 33, que reúne os valores da Potência de Iluminação Total Real (PITreal) para as distintas atividades analisadas.

Figura 33– Resultados da Potência de Iluminação Total, agrupados por atividade

	Parte da Edificação	Potência de Iluminação Total Real (PITreal)[W]
1	Hall de entrada - vestíbulo - Outros	112
2	Hall de entrada - vestíbulo - Salas de espetáculos	120
3	Sala de espera, convivência	600
4	Escritórios	1134
5	Banheiros	356
6	Auditórios e Anfiteatros - Auditório	536
7	Biblioteca - Área de estantes	1356
8	Sala de reuniões, conferência, multiuso	264
9	Biblioteca - Área de arquivamento	1370
10	Circulação	776
11	Laboratórios - para salas de aula	216
12	Escadas	32
13	Refeitório - Salão	168
14	Refeitório	24
15	Cozinhas	72
16	Biblioteca - Área de leitura	396
17	Museus - Sala de exibição	890
TOTAL		8166

Fonte: elaborado pelo autor (2026).

O sistema de iluminação da biblioteca apresenta potência total instalada de 8.166 W. Entre os ambientes analisados, as maiores potências foram observadas na área de arquivamento da biblioteca (1.370 W), na área de estantes (1.356 W) e nos escritórios (1.134 W). Também se destacam as salas de exibição do museu (890 W) e as áreas de circulação (776 W). Ambientes de menor dimensão ou com menor demanda de iluminação apresentaram valores inferiores de potência instalada, como escadas (32 W), refeitório de apoio (24 W) e cozinhas (72 W).

5.1.5. Consumo da iluminação na condição real e de referência

Com a determinação da Potência de Iluminação Total (PIT) instalada e dos valores de Potência Limite de Iluminação (PIL) definidos pelo regulamento, foi possível calcular o consumo anual de energia associado ao sistema de iluminação da edificação. Essa etapa corresponde ao cálculo do consumo na condição real da edificação (CIL,real) e nas condições de referência associadas às classes de eficiência energética (CIL,ref) estabelecido pela metodologia da Instrução Normativa para Classificação de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (INI-C).

Para a realização desse cálculo, foram considerados a quantidade de horas de uso diário do sistema de iluminação (h) e o número de dias de operação ao longo do ano (N_{ano}). Esses valores foram definidos automaticamente pela planilha de cálculo do Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações (PBE Edifica), a partir da tipologia da edificação e das atividades selecionadas, conforme os parâmetros estabelecidos nas tabelas do Anexo A da INI-C (PBE, 2022). No caso da edificação analisada, adotou-se o regime de uso correspondente à tipologia predominante de escritórios, considerando um horário de funcionamento das 7h às 17h (10 horas diárias). Para a determinação do número de dias anuais de operação, foram desconsiderados os períodos em que a biblioteca não funciona, excluindo-se os sábados e domingos, resultando em 260 dias de utilização por ano, conforme apresentado na Figura 33.

Figura 34– Valores automaticamente especificados pela planilha, Anexo A da (PBE, 2022).

Especificar Tipologia [Anexo A]	Atividade [Tabela B.III.3]	Previsão de projeto luminotécnico	Horas de Ocupação	Número de dias	Densidade de Potência de Iluminação Limite para D (DPI ref) [W/m²]	Densidade de Potência de Iluminação Limite para A [W/m²]
Escritórios	Hall de entrada - vestíbulo - Outros	Com projeto	10,00	260,00	12,07	10,80
Escritórios	Sala de espera, convivência	Com projeto	10,00	260,00	9,60	7,55
Escritórios	Hall de entrada - vestíbulo - Salas de espetáculos	Com projeto	10,00	260,00	20,50	18,30
Escritórios	Banheiros	Com projeto	10,00	260,00	13,73	9,15
Escritórios	Banheiros	Com projeto	10,00	260,00	13,73	9,15
Escritórios	Auditórios e Anfiteatros - Auditório	Com projeto	10,00	260,00	13,60	11,50
Escritórios	Biblioteca - Área de estantes	Com projeto	10,00	260,00	29,44	12,90
Escritórios	Escritório	Com projeto	10,00	260,00	19,04	10,00
Escritórios	Escritório	Com projeto	10,00	260,00	19,04	10,00
Escritórios	Banheiros	Com projeto	10,00	260,00	13,73	9,15
Escritórios	Banheiros	Com projeto	10,00	260,00	13,73	9,15
Escritórios	Escritório	Com projeto	10,00	260,00	19,04	10,00

Fonte: elaborado pelo autor (2026).

Com base nesses parâmetros, foi estimado o consumo anual de energia associado ao sistema de iluminação artificial. Os resultados indicam um consumo anual de referência de 256.447 kWh/ano, enquanto o consumo estimado para a condição real da edificação foi de 34.070 kWh/ano. Esses valores consideram apenas o sistema de iluminação artificial, sem incluir a potencial contribuição da iluminação natural, que é um critério de elegibilidade na classificação energética.

5.1.6. Determinação do percentual de redução do consumo de iluminação

A partir dos resultados anteriores, foi possível determinar o percentual de redução do consumo energético do sistema de iluminação em relação à condição de referência, indicador utilizado pelo método da INI-C para a classificação do desempenho energético. No caso da edificação analisada, a comparação entre o consumo real e o consumo de referência resultou em uma redução de 86,7% no consumo de energia, evidenciando um desempenho significativamente superior ao cenário de referência estabelecido pelo regulamento (Figura 35).

Figura 35– Resultados da redução do consumo de energia do sistema de iluminação

Sistema	Condição de Referência (kWh/ano)	Condição Real (kWh/ano)	% de Redução
Iluminação	256.447	34.070	86,7%

Fonte: Adaptado pelo autor (2026).

5.1.7. Classificação do Sistema de Iluminação

A etapa subsequente consiste na definição da escala de classificação energética, a qual é definida a partir do coeficiente “i”, parâmetro que determina a diferença percentual entre os limites de cada classe de eficiência. Para a edificação analisada, o coeficiente calculado foi de 0,16, valor utilizado para a geração automática da escala de classificação pela planilha do PBE Edifica, conforme procedimento estabelecido pela INI-C (Figura 36).

Figura 36– Resultados de consumo de energia e classificação gerados diretamente através da planilha

Escalas da Classificação Geral

CRCepd-a	47,0%	Consumo limite Classe D (W):	160.280
Coeficiente "i"	0,16	Consumo limite Classe A (W):	89.431

	A	B	C	D	E
Limite Superior	-	47,0%	31,3%	15,7%	0,0%
Limite Inferior	47,0%	31,3%	15,7%	0,0%	-

Classificação dos Sistemas

Sistema	Condição de Referência (kWh/ano)	Condição Real (kWh/ano)	% de Redução	Classificação
Iluminação	256.447	34.070	86,7%	A

Fonte: Adaptado pelo autor (2026).

Conforme a escala apresentada, o limite mínimo para enquadramento na Classe A corresponde a uma redução de 47,0% no consumo de energia em relação ao consumo de referência. As demais classes são definidas por intervalos sucessivos determinados pelo coeficiente “i”. Considerando que a redução obtida para o sistema de iluminação da BPED foi de 86,7%, valor significativamente superior ao limite mínimo exigido para a Classe A, conclui-se que o sistema de iluminação da edificação enquadra-se na classificação energética A, indicando elevado nível de eficiência no desempenho do sistema avaliado. Ressalta-se que este resultado não considera os critérios de elegibilidade que serão apresentados a seguir, tais como

Contribuição da Luz Natural, Controle Local e Desligamento Automático do Sistema de Iluminação.

5.1.8. Critérios de elegibilidade

Embora os resultados obtidos indiquem que o sistema de iluminação da edificação apresenta redução de consumo suficiente para enquadramento na classe A de eficiência energética, a metodologia estabelecida pela Instrução Normativa para Classificação de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas prevê uma etapa adicional de verificação dos critérios de elegibilidade para esse nível de classificação.

De acordo com a normativa, a atribuição da classe A está condicionada não apenas ao desempenho energético calculado, mas também ao atendimento de um conjunto de requisitos técnicos relacionados às características do sistema de iluminação da edificação. No caso específico do método das atividades, tais requisitos devem ser verificados nos ambientes cuja potência instalada de iluminação, quando somada, represente pelo menos 90% da potência total de iluminação instalada na edificação ou na parcela analisada. Esse procedimento assegura que a classificação obtida represente efetivamente o desempenho predominante do sistema avaliado. Caso algum dos requisitos estabelecidos pela normativa não seja atendido nos ambientes considerados na verificação, a classificação do sistema de iluminação fica limitada ao nível máximo B, independentemente do desempenho energético previamente calculado.

5.1.9. Contribuição da luz natural

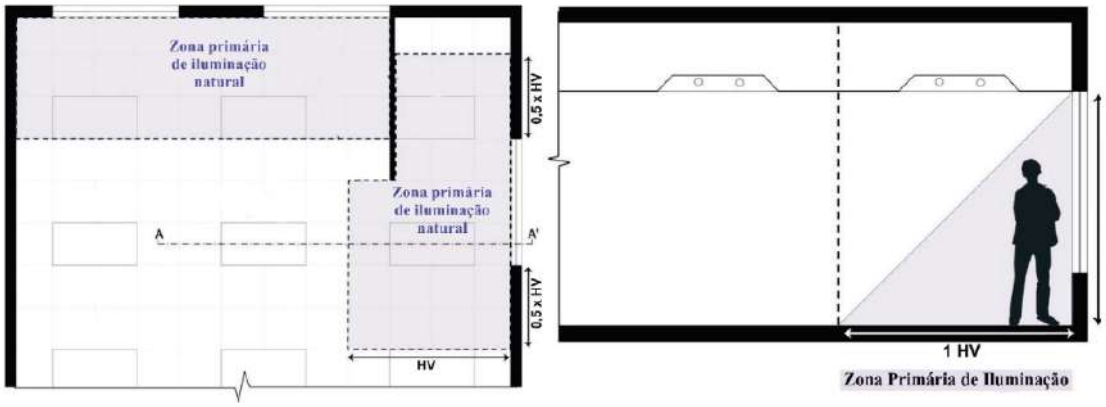
O primeiro critério considerado na verificação da elegibilidade para a classificação energética do sistema de iluminação refere-se à contribuição da iluminação natural nos ambientes da edificação. A metodologia da INI-C estabelece que, em espaços que possuem aberturas voltadas para o exterior, átrios descobertos ou coberturas translúcidas, deve ser assegurada a possibilidade de aproveitamento da luz natural incidente.

A normativa estabelece que as luminárias instaladas nas denominadas zonas primárias de iluminação natural devem ser desligadas de forma independente das demais. Esse controle pode ser realizado por meio de dispositivos manuais ou automáticos, possibilitando a redução ou o desligamento da iluminação artificial quando os níveis de iluminância natural forem adequados para as atividades desenvolvidas no ambiente.

A definição das zonas primárias de iluminação natural associadas às aberturas laterais é realizada diretamente em planta, considerando a geometria das janelas e sua posição na fachada.

Conforme os procedimentos estabelecidos pela INI-C, a profundidade dessa zona corresponde à altura da verga da abertura, enquanto sua largura é definida pela largura do plano translúcido da janela acrescida de metade da altura da verga em cada extremidade lateral. Esse procedimento permite estimar a área potencialmente influenciada pela iluminação natural proveniente das aberturas verticais (Figura 37).

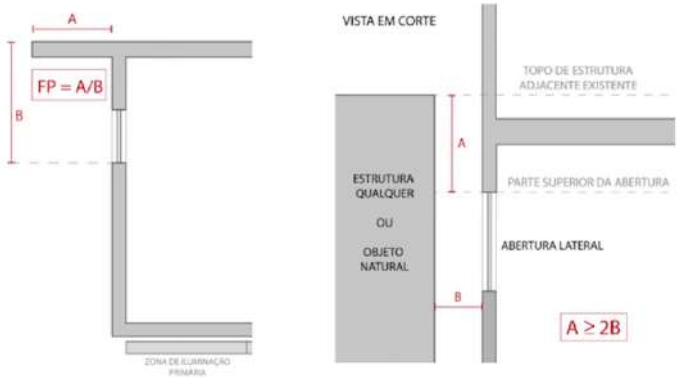
Figura 37– Exemplos de zonas primárias para o cálculo das Zonas Primárias



Fonte: LabEEE, 2023.

Entretanto, nem todas as aberturas devem ser consideradas na delimitação dessas zonas: devem ser desconsideradas aquelas cuja área envidraçada seja inferior a 1,86 m², bem como aberturas que se encontrem permanentemente obstruídas por elementos construtivos ou que possuam dispositivos externos de sombreamento com fator de projeção superior a 1, uma vez que tais condições limitam significativamente a penetração da luz natural nos ambientes internos (Figura 38).

Figura 38– Exemplos de situações nas quais as aberturas serão desconsideradas.



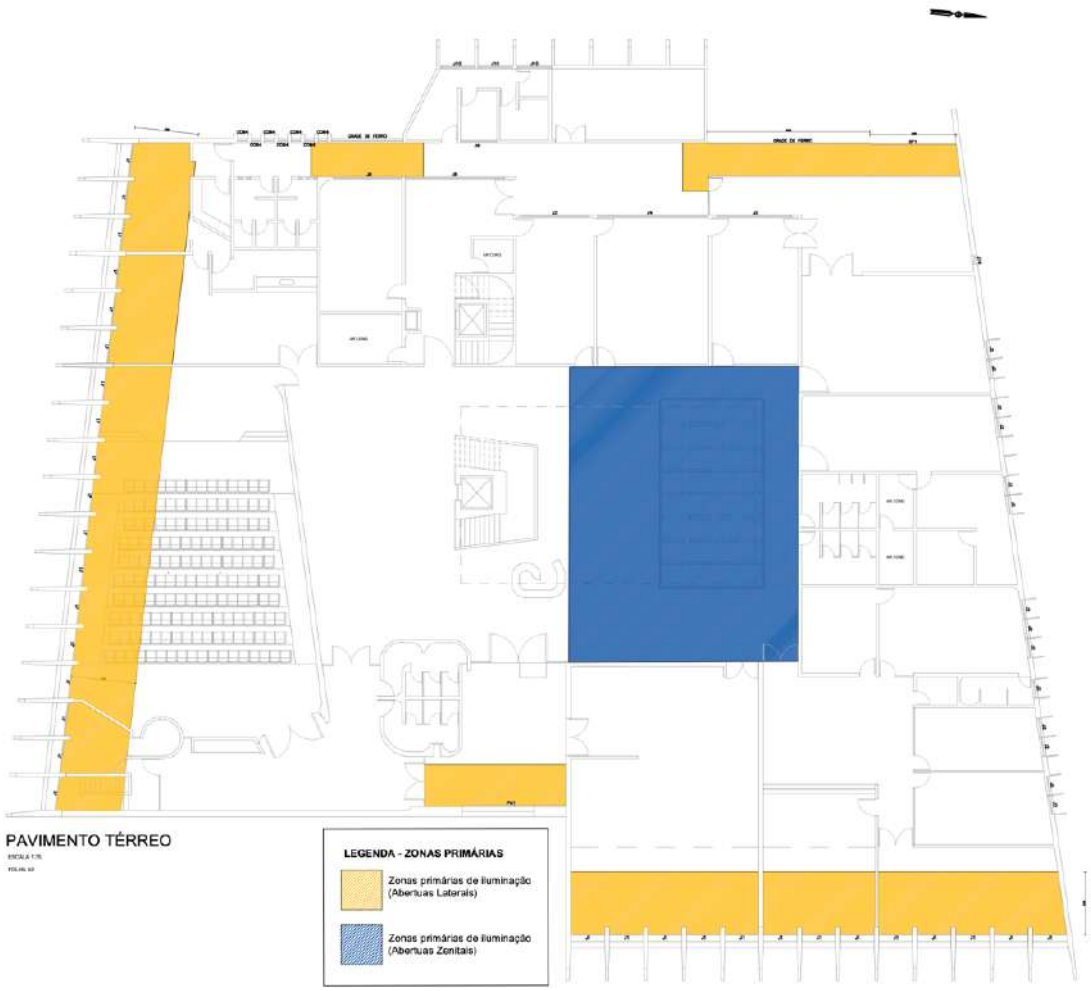
Fonte: LabEEE, 2023.

No caso da BPED, verificou-se que a altura das vergas das aberturas laterais corresponde a 3,35 m, identificadas em planta pela tipologia J1. A partir desse valor, adotou-se a mesma dimensão como profundidade das zonas primárias de iluminação natural, conforme os critérios

estabelecidos pela metodologia de avaliação. A largura dessas zonas foi definida com base na dimensão do plano translúcido das janelas, acrescida de 1,675 m para cada extremidade, valor correspondente à metade da altura da verga. Esse procedimento permitiu delimitar, em planta, as áreas potencialmente influenciadas pela incidência de luz natural proveniente das aberturas laterais.

A identificação dessas zonas foi realizada por meio da sobreposição das áreas calculadas sobre as plantas arquitetônicas dos três pavimentos da edificação, utilizando o software *AutoCAD*. O resultado dessa etapa está representado nas Figuras 39, 40 e 41, nas quais as zonas primárias de iluminação natural são destacadas em amarelo, enquanto as demais áreas dos ambientes são diferenciadas por outra tonalidade, a fim de facilitar a leitura gráfica e a compreensão da distribuição espacial dessas regiões no interior da edificação.

Figura 39– Zonas primárias de iluminação natural do pavimento térreo



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Os cobogós localizados na fachada oeste e as janelas da fachada norte foram desconsiderados na determinação da Zona Primária de Iluminação Natural (ZPI), em

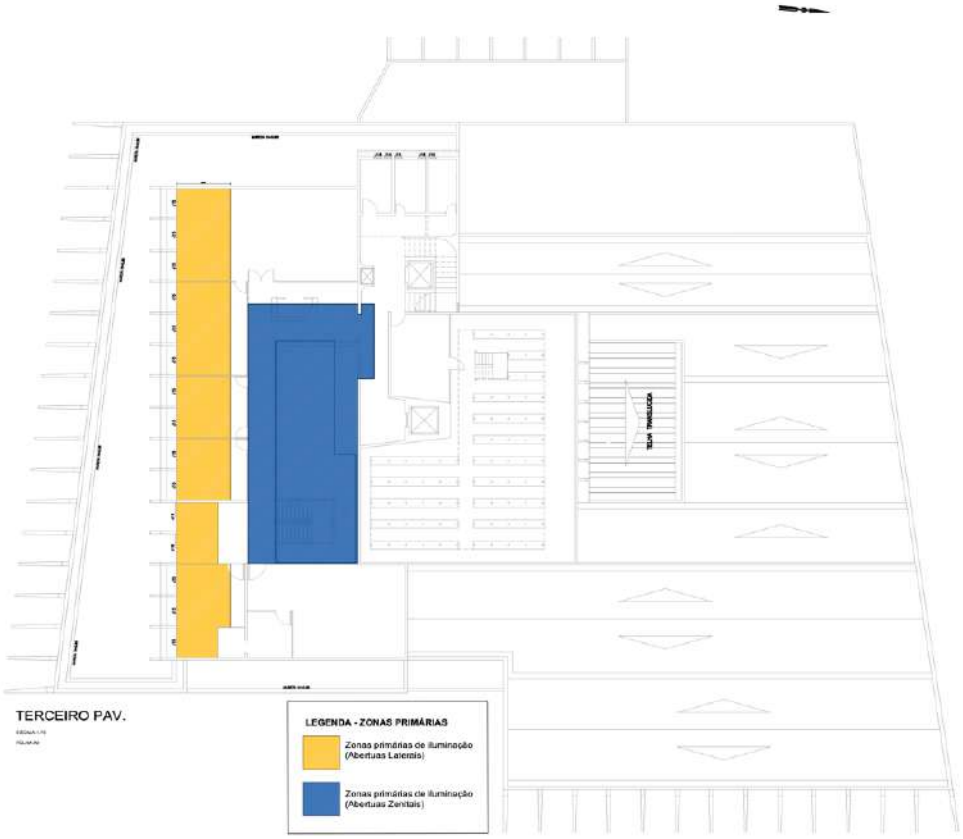
conformidade com os critérios estabelecidos pela INI-C. Os cobogós, com dimensões de 0,50 m × 2,10 m, apresentam área de 1,05 m², enquanto as janelas da fachada norte, com dimensões de 1,00 m × 1,45 m, possuem área de 1,45 m². Em ambos os casos, as áreas das aberturas são inferiores ao limite de 1,86 m² estabelecido pela norma para a contabilização do potencial de integração entre o sistema de iluminação artificial e a luz natural disponível. Dessa forma, tais aberturas não foram consideradas na delimitação das Zonas Primárias de Iluminação Natural da edificação.

Figura 40– Zonas primárias de iluminação natural do 2º Pavimento



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Figura 41– Zonas primárias de iluminação natural do 3º Pavimento



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Além das zonas primárias de aberturas laterais, a metodologia também considera a contribuição da iluminação natural proveniente de aberturas zenitais. Nesses casos, a delimitação das zonas de iluminação natural corresponde à área imediatamente localizada abaixo dessas aberturas, sendo sua configuração definida em planta a partir da projeção do elemento translúcido.

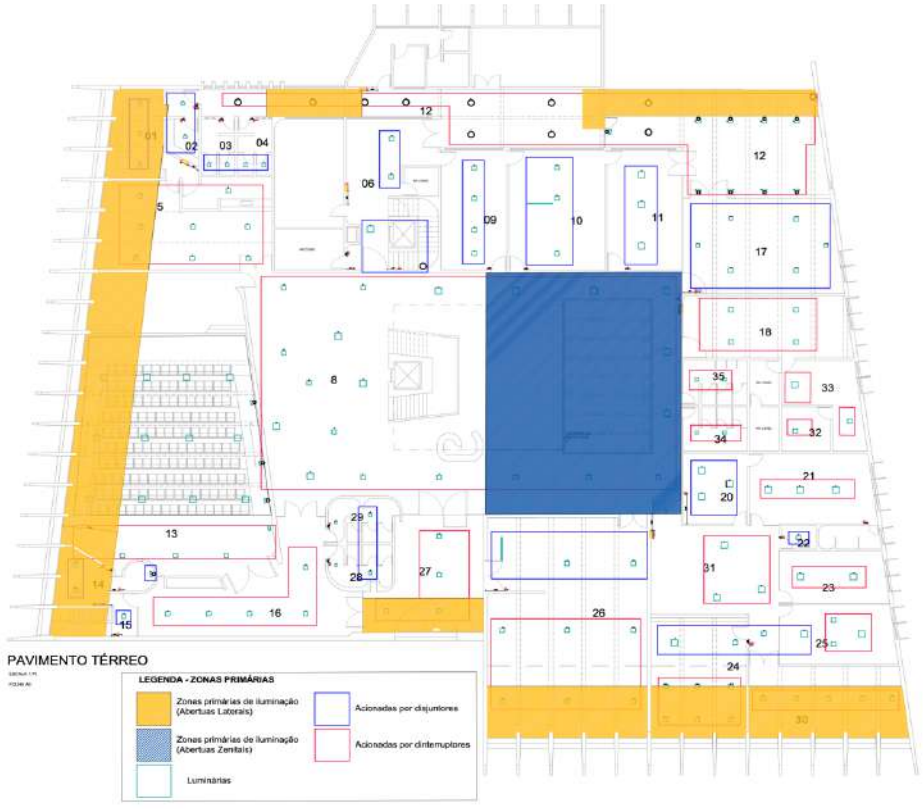
A dimensão dessas zonas resulta da área de projeção da abertura zenital acrescida de uma extensão adicional em todas as direções, determinada em função da altura média do espaço interno. Para esse procedimento, considera-se uma faixa equivalente a 0,7 vezes a altura média do teto, aplicada a partir dos limites da projeção da abertura. A geometria resultante mantém a forma da abertura observada em planta, permitindo identificar as regiões potencialmente beneficiadas pela incidência direta da luz natural. Na edificação analisada, foram identificadas três aberturas zenitais. A primeira encontra-se localizada no salão central do pavimento térreo, caracterizado por pé-direito duplo de 6,90 m. Aplicando-se o fator estabelecido em norma, obteve-se uma projeção de 4,83 m para cada direção a partir da abertura zenital.

A segunda abertura localiza-se na porção superior da edificação, também associada a um espaço com pé-direito duplo de 6,72 m, resultando em uma projeção de 4,70 m em torno da abertura. Como essa abertura atende simultaneamente mais de um pavimento, sua área de influência também se estende ao nível superior. No terceiro pavimento, onde o pé-direito apresenta 3,15 m, a projeção da zona de iluminação natural foi definida em 2,20 m para cada direção.

A representação gráfica dessas zonas foi realizada em planta, sendo a projeção das aberturas zenitais e das aberturas laterais do pavimento superior destacadas nas Figuras 42, 43e 44, utilizando a cor amarela para aberturas laterais e azul para aberturas zenitais. Após a delimitação dessas áreas, foi realizada a sobreposição do *layout* aproximado das luminárias do sistema de iluminação artificial, procedimento que permitiu identificar quais dispositivos encontram-se inseridos nas zonas primárias de iluminação natural e, consequentemente, devem possibilitar controle independente de acionamento.

Com base nas informações obtidas durante a visita técnica realizada na edificação, foi elaborado um esquema aproximado de setorização dos circuitos de acionamento do sistema de iluminação.

Figura 42– Zonas primárias de iluminação e luminárias do Pavimento Térreo



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

O levantamento priorizou os ambientes que apresentam aberturas diretamente voltadas para o exterior ou para elementos zenitais, uma vez que esses espaços apresentam maior potencial de aproveitamento da iluminação natural e, portanto, se enquadram nas zonas primárias definidas pela metodologia adotada.

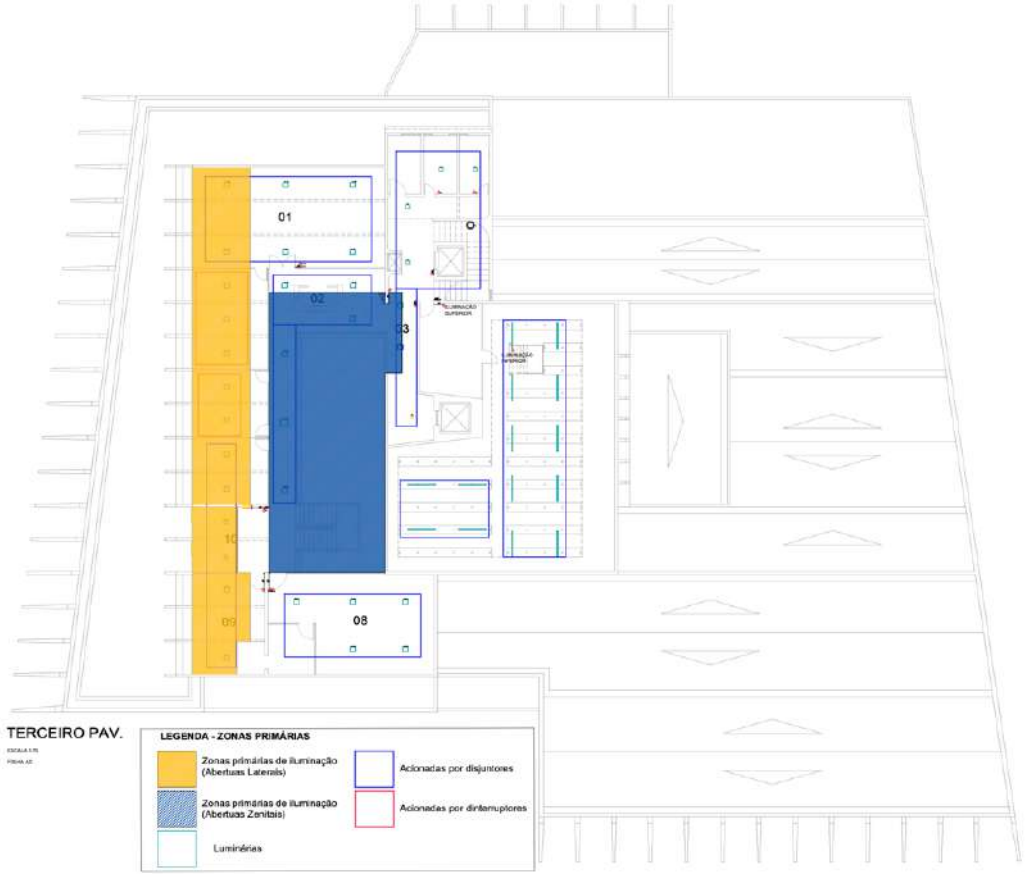
Figura 43– Zonas primárias de iluminação e luminárias do 2º Pavimento



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

O resultado dessa análise encontra-se apresentado nas Figuras 41, 42 e 43, que sintetizam a organização dos circuitos em relação às áreas influenciadas pela iluminação natural.

Figura 44– Zonas primárias de iluminação e luminárias do 3º Pavimento



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Como apresentado na Figura 42, é possível observar a relação entre as áreas influenciadas pela iluminação natural e a distribuição das luminárias existentes. A sobreposição desses elementos permite identificar quais luminárias estão inseridas nas zonas primárias de iluminação e quais estão associadas aos circuitos que atendem a essas áreas. De acordo com os critérios estabelecidos pela INI-C, em ambientes que possuem aberturas voltadas para o exterior ou iluminação zenital, a organização do sistema de iluminação deve possibilitar o aproveitamento da luz natural disponível. Isso implica que as luminárias localizadas nas regiões mais próximas dessas aberturas, ou seja, aquelas inseridas nas zonas primárias de iluminação (ZPI), possam ser acionadas de forma independente em relação às demais.

No pavimento térreo da BPED, a análise evidenciou que atendem a esse requisito os ambientes da sala da assessoria de legislação e assessoria técnica, secretaria geral, sala de projeção, cozinha, além de parte do salão central, este último diretamente influenciado pela abertura zenital.

A área total correspondente a essas zonas primárias de iluminação soma 251,61 m², indicando que, nesses espaços, há condições para o atendimento do pré-requisito relacionado

ao controle independente das luminárias e ao aproveitamento da iluminação natural. No segundo pavimento, verificou-se que as zonas primárias de iluminação compreendem os ambientes da sala das bibliotecárias, área de leitura 02 e áreas de circulação, totalizando 220,97 m². Já no terceiro pavimento, as áreas contempladas correspondem à sala de apoio ao acervo geral, Memorial Epiphanio Dória, setor de HQs, área de leitura, coordenação da Galeria de Arte J. Inácio e circulação, no total de 211,17 m² de zonas primárias de iluminação. Considerando os três pavimentos analisados, as zonas primárias de iluminação natural totalizam 683,75 m². Quando relacionado à área total iluminada da edificação, correspondente a 3.411,12 m², esse valor representa aproximadamente 20,04% da área.

Esse resultado mostra que, embora exista presença significativa de áreas com potencial de aproveitamento da iluminação natural, sua distribuição espacial é limitada quando comparada à totalidade da edificação. Observa-se que, embora existam pontos em que as luminárias coincidem com as zonas primárias e apresentam acionamento independente, essa condição não decorre de uma estratégia de projeto, mas ocorre de forma aleatória, sem a adoção de um padrão claro de setorização voltado ao aproveitamento da iluminação natural.

Os resultados obtidos foram organizados na planilha da INI-C, contemplando tanto os ambientes que atendem aos critérios estabelecidos quanto aqueles que não os atendem, além da indicação dos casos em que os requisitos não se aplicam. Esse procedimento permitiu sistematizar a análise, evidenciando o grau de conformidade do sistema de iluminação em relação às exigências para a classificação energética. Conforme apresentado na Figura 45, extraída da própria planilha de cálculo, observa-se a síntese dessa análise, na qual são explicitados os percentuais de atendimento relacionados à contribuição da luz natural, ao controle local e ao desligamento automático, bem como a classificação de cada critério quanto ao seu atendimento.

Figura 45– Condição de elegibilidade classificação “A”

SISTEMA DE ILUMINAÇÃO	
Condição	**Verificação**
Contribuição da luz natural (7.2.1)	Não Atende
Controle local (7.2.2)	Atende
Desligamento automático do sistema de iluminação (7.2.3)	Atende
O Sistema de Iluminação é elegível para classificação A?	**Não**

Fonte: Adaptado pelo autor (2026).

Mesmo com a presença de ambientes inseridos na zona de contribuição da iluminação natural e com a existência de acionamentos independentes em alguns casos, observa-se que grande parte dos sistemas de iluminação é controlada por disjuntores distribuídos ao longo dos pavimentos da edificação, conforme evidenciado na Figura 46.

Figura 46– Quadros de disjuntores para o acionamento da iluminação



Fonte: elaborado pelo autor (2026).

Dessa forma, o critério de contribuição da luz natural não é plenamente atendido. Isso ocorre porque, embora existam situações pontuais em que as luminárias coincidam com as zonas primárias de iluminação natural e apresentem acionamento independente, tais ocorrências não resultam de uma estratégia projetual intencional, mas sim de disposições ocasionais, sem padronização ou lógica de controle integrada.

Nesse contexto, o sistema mostra-se passível de adequação, especialmente no que se refere à setorização e ao controle da iluminação artificial em função da disponibilidade de luz natural. Considerando que o atendimento a esse critério constitui condição obrigatória para o enquadramento no nível máximo de eficiência, sua não conformidade implica a redução da

classificação do sistema de iluminação, que passa do nível A para o nível B de eficiência energética.

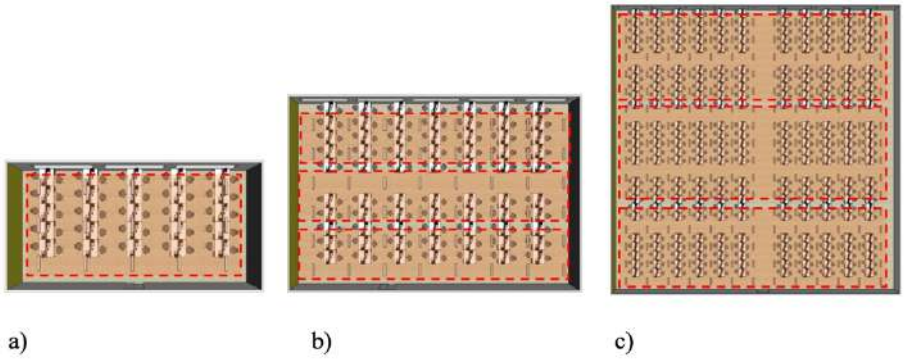
5.1.10. Controle local

De acordo com os critérios estabelecidos pelo INI-C, todo ambiente fechado por paredes ou divisórias até o teto deve dispor de, no mínimo, um dispositivo de controle manual que permita o acionamento independente da iluminação interna. Esse dispositivo deve atender a limites máximos de área controlada, sendo de até 250 m² para ambientes com área total de até 1.000 m² e de até 1.000 m² para ambientes com área superior a esse valor. Além disso, os pontos de controle devem estar posicionados em locais de fácil acesso, de modo que o usuário consiga visualizar o conjunto de luminárias sob seu comando.

No que se refere ao controle local dos ambientes, tal requisito estabelece condições que favorecem o uso mais eficiente da iluminação artificial, permitindo ao usuário uma leitura clara do espaço iluminado e a possibilidade de ajuste conforme suas necessidades específicas. Trata-se, portanto, de um princípio que articula desempenho energético e autonomia do usuário, contribuindo para um uso mais racional da iluminação.

Conforme a normativa, ambientes com área de até 1.000 m² devem possuir controle individualizado da iluminação a cada 250 m², enquanto em ambientes com área superior a esse valor, esse fracionamento pode ocorrer a cada 1.000 m². Já em espaços com área inferior a 250 m², admite-se um único ponto de controle para todo o ambiente. Ressalta-se que, no critério relativo à contribuição da luz natural, o acionamento individual também se faz necessário, devendo estar alinhado a essa lógica de setorização. Na Figura 46, são apresentados exemplos comparativos de divisão de circuitos, evidenciando distintas estratégias de controle em função da área dos ambientes.

Figura 47 –Controle local segundo a área a) 200 m², b) 600 m² e c) 2.500 m²



Fonte: Adaptado pelo autor (2026).

Estima-se que aproximadamente 50% dos ambientes do pavimento térreo apresentem esse tipo de configuração, sendo este o nível em que tal prática se mostra mais evidente. Em diversos casos, os dispositivos de acionamento encontram-se em áreas de circulação, o que dificulta o acesso e limita o uso direto pelos ocupantes. Tal condição compromete não apenas a autonomia dos usuários, mas também a adequação do sistema aos critérios normativos relacionados ao controle local da iluminação.

No entanto, observa-se um cenário que se distancia desses critérios: além da presença recorrente de ambientes cujo acionamento da iluminação é realizado por disjuntores, há também situações em que os espaços não dispõem de dispositivos de controle interno, estando estes posicionados em áreas de circulação. Esse arranjo pode ser observado, por exemplo, no acervo infantil, onde o único interruptor existente aciona apenas uma luminária, enquanto as demais são controladas por disjuntor localizado externamente ao ambiente. Condição semelhante ocorre na área vinculada à Secretaria Estadual de Educação, na qual grande parte dos pontos de iluminação é comandada por disjuntores situados na recepção.

Destaca-se que o único ambiente com área superior a 250 m² é o salão central, com 327,50 m², o qual exigiria mais de um ponto de controle independente. Embora haja mais de um ponto de acionamento, estes se dão por meio de disjuntores instalados no quadro de energia, o que restringe seu uso a pessoal específico, geralmente vinculado à manutenção do edifício. Os próprios funcionários desconhecem a localização desses comandos, evidenciando a inadequação do sistema frente às exigências de acessibilidade e controle.

Essa configuração repercute diretamente no atendimento ao critério de contribuição da luz natural. Ainda que existam ambientes inseridos nas zonas de iluminação natural e, pontualmente, luminárias posicionadas de forma compatível com essas áreas, a ausência de um

sistema de acionamento setorizado e acessível impede o aproveitamento efetivo da luz natural disponível. Assim, mesmo quando as condições físicas são favoráveis, o modo como o sistema de iluminação artificial está organizado inviabiliza sua utilização de forma complementar e eficiente.

Portanto, mesmo após a reforma realizada em 2019, não houve a incorporação de decisões projetuais voltadas à setorização e ao controle adequado da iluminação. Como resultado, a edificação não atende aos pré-requisitos estabelecidos pelo INI-C, tanto no que se refere ao controle local quanto à integração com a iluminação natural, evidenciando a necessidade de intervenções que promovam maior eficiência energética e melhor adequação às condições de uso.

5.1.11. Desligamento automático do sistema de iluminação

O critério de desligamento automático do sistema de iluminação estabelece que ambientes com área superior a 250 m² devem possuir algum tipo de controle capaz de interromper o funcionamento da iluminação na ausência de ocupantes. Entre as alternativas previstas estão o uso de sensores de presença, com desligamento em até 30 minutos após a saída dos usuários, a programação horária do sistema ou a integração com dispositivos que indiquem a desocupação do ambiente.

Para áreas mais extensas, acima de 2.500 m², assim como em edificações com diferentes pavimentos e rotinas de uso, recomenda-se que esses sistemas permitam programações independentes, considerando variações ao longo da semana, incluindo finais de semana e feriados. A norma também prevê exceções, como ambientes com funcionamento contínuo, espaços destinados a repouso ou tratamento, ou ainda situações em que o desligamento automático possa comprometer a segurança dos usuários, desde que devidamente justificadas.

No caso da biblioteca, não foram identificados dispositivos de controle automático da iluminação em nenhum dos ambientes analisados. Ainda que a exigência se aplique diretamente apenas ao salão central, por ser o único espaço com área superior a 250 m², com 327,50 m², observa-se que esse ambiente também não dispõe de qualquer mecanismo de desligamento automático.

Figura 47– Resultados de consumo de energia e classificação

Classificação dos Sistemas

Sistema	Condição de Referência (kWh/ano)	Condição Real (kWh/ano)	% de Redução	Classificação
Iluminação	256.447	34.070	86,7%	B

Fonte: Adaptado pelo autor (2026).

Diante disso, o critério não é atendido na edificação. Ainda assim, conforme apresentado na Figura 47, a biblioteca alcança classificação final nível B, indicando um desempenho intermediário. Tal resultado evidencia a existência de fragilidades, especialmente no que se refere ao controle e à operação do sistema de iluminação, configurando uma condição passível de adequação, a qual será objeto de proposta de intervenção apresentada na sequência.

5.1.12. Comparação entre o cenário atual e o cenário proposto segundo a INI-C

A presente seção dá continuidade à aplicação do Método Simplificado da INI-C já apresentada nas subseções 5.1.1 a 5.1.11, incorporando ao cálculo do cenário atual, já realizado, os resultados obtidos para o cenário proposto, o que permite a comparação direta entre ambos antes da apresentação da avaliação luminotécnica segundo a ABNT NBR ISO/CIE 8995-1, na seção 5.2.

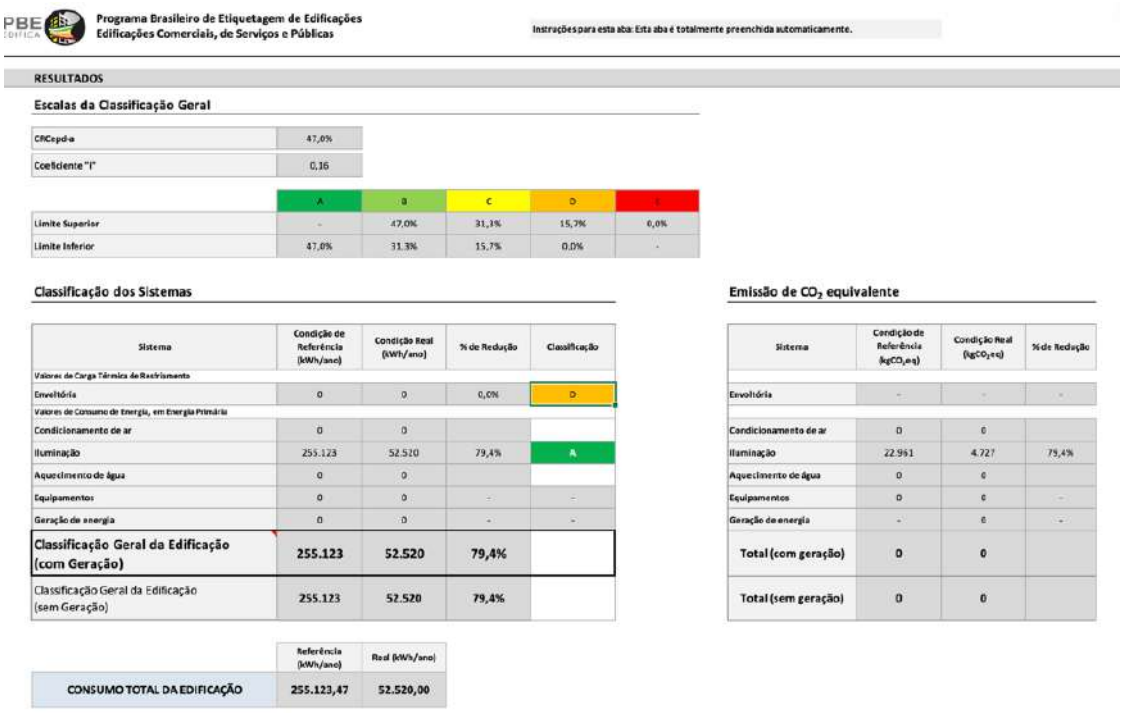
Tabela 4 – Comparação entre o cenário atual (já apresentado na seção 5.1 desta dissertação) e o cenário proposto, segundo o Método Simplificado da INI-C

Indicador (sistema de iluminação)	Cenário Atual (seção 5.1)	Cenário Proposto
Potência total instalada (PIT)	8.166 W	12.561 W
Consumo de referência (CIL,ref)	256.447 kWh/ano	256.447 kWh/ano
Consumo real (CIL,real)	34.070 kWh/ano	52.520 kWh/ano
Redução de consumo (RedCIL)	86,7%	79,4%
Classificação preliminar (antes da elegibilidade)	A	A
Classificação final (após critérios de elegibilidade)	B	A
Conformidade com a NBR ISO/CIE 8995-1 (seção 5.2)	4,4% dos ambientes	97,1% dos ambientes

Fonte: elaborado pelo autor (2026), a partir da planilha eletrônica do PBE Edifica.

A comparação entre os dois cenários mostra que a proposta apresenta maior potência instalada e maior consumo estimado do que o sistema atualmente existente. Ainda assim, ambos alcançam, inicialmente, os valores necessários ao enquadramento na Classe A segundo o indicador de redução de consumo da INI-C. A diferença entre eles torna-se mais evidente quando são considerados os critérios de elegibilidade e o desempenho luminoso dos ambientes.

Figura 48– Resultados de consumo de energia e classificação através da planilha



Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações
Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas

Instruções para esta aba: Esta aba é totalmente preenchida automaticamente.

RESULTADOS

Escalas da Classificação Geral

CAPcpd-a	47,0%
Coeficiente "I"	0,16

	A	B	C	D	E
Limite Superior	-	47,0%	31,3%	15,7%	0,0%
Limite Inferior	47,0%	31,3%	15,7%	0,0%	-

Classificação dos Sistemas

Sistema	Condição de Referência (kWh/ano)	Condição Real (kWh/ano)	% de Redução	Classificação
Valores de Carga Térmica de Resfriamento				
Envoltória	0	0	0,0%	D
Valores de Consumo de Energia, em Energia Primária				
Condicionamento de ar	0	0		
Iluminação	255.123	52.520	79,4%	A
Aquecimento de água	0	0		
Equipamentos	0	0	-	-
Geração de energia	0	0	-	-
Classificação Geral da Edificação (com Geração)	**255.123**	**52.520**	**79,4%**	
Classificação Geral da Edificação (sem Geração)	255.123	52.520	79,4%	

	Referência (kWh/ano)	Real (kWh/ano)
CONSUMO TOTAL DA EDIFICAÇÃO	255.123,47	52.520,00

Emissão de CO_2 equivalente

Sistema	Condição de Referência ($kgCO_2e-q$)	Condição Real ($kgCO_2e-q$)	% de Redução
Envoltória	-	-	-
Condicionamento de ar	0	0	
Iluminação	22.961	4.727	79,4%
Aquecimento de água	0	0	
Equipamentos	0	0	-
Geração de energia	-	0	-
Total (com geração)	**0**	**0**	
Total (sem geração)	**0**	**0**	

Fonte: elaborado pelo autor (2026).

A análise isolada do indicador de redução de consumo favorece o cenário atual em razão de sua menor potência instalada. Esse resultado, entretanto, precisa ser analisado juntamente com as condições de iluminação oferecidas aos usuários, uma vez que o menor consumo não significa, necessariamente, atendimento adequado às atividades desenvolvidas nos ambientes. Essa relação é aprofundada na seção seguinte, a partir da avaliação segundo a ABNT NBR ISO/CIE 8995-1.

Esse contraste evidencia uma limitação relevante do indicador de redução de consumo do Método Simplificado da INI-C quando utilizado de forma isolada. Por se basear exclusivamente na razão entre a potência instalada real e a potência de referência normativa, o indicador tende a favorecer sistemas com menor potência instalada, independentemente de esses sistemas proporcionarem, ou não, iluminância adequada às atividades desenvolvidas nos ambientes. No caso da BPED, o sistema atualmente instalado obtém uma redução percentual mais elevada precisamente por estar subdimensionado frente às exigências da NBR ISO/CIE 8995-1, ou seja, o expressivo percentual de redução de 86,7% do cenário atual não decorre de eficácia luminosa superior, mas de insuficiência de iluminação. Tanto o cenário atual quanto o cenário proposto ultrapassam, isoladamente, o limite quantitativo de 47,0% exigido para a Classe A. No entanto, como discutido no capítulo de metodologia e nas seções 5.1.8 a 5.1.11,

a atribuição efetiva da Classe A permanece condicionada ao atendimento cumulativo dos critérios de elegibilidade (contribuição da luz natural, controle local do acionamento e desligamento automático), os quais são atendidos pelo cenário proposto na BPED, o que eleva a classificação final do sistema de iluminação à Classe A.

Figura 49– Condição de elegibilidade classificação “A”

SISTEMA DE ILUMINAÇÃO	
Condição	**Verificação**
Contribuição da luz natural (7.2.1)	Atende
Controle local (7.2.2)	Atende
Desligamento automático do sistema de iluminação (7.2.3)	Atende
O Sistema de Iluminação é elegível para classificação A?	**Sim**

Fonte: Adaptado pelo autor (2026).

Essa descoberta remete à advertência de Monteiro *et al.* (2024) quanto aos limites de abordagens de eficiência energética centradas exclusivamente na redução do consumo: um indicador de desempenho energético favorável e, no caso da BPED, mais favorável no cenário atual do que no proposto, não é garantia de qualidade luminosa, podendo inclusive mascarar um sistema de iluminação inadequado às atividades da edificação. Reforça-se, assim, a necessidade de que a avaliação de eficiência energética de sistemas de iluminação em edificações existentes seja sempre conduzida de forma conjunta com a avaliação do desempenho luminoso, tal como proposto nos objetivos desta dissertação, e não a partir do indicador de redução de consumo da INI-C isoladamente.

5.2 Avaliação do desempenho luminoso da BPED segundo a ABNT NBR ISO/CIE 8995-1

Esta seção apresenta os resultados da avaliação do desempenho luminoso da BPED obtidos por meio da modelagem e simulação no software DIALux evo, para os três pavimentos que compõem a edificação. Os parâmetros analisados foram a iluminância de manutenção (Em), o índice de ofuscamento unificado (UGR) e a uniformidade (U_0), confrontados com os valores de referência estabelecidos pela ABNT NBR ISO/CIE 8995-1 para cada tipologia de ambiente. Em conformidade com a metodologia descrita na seção 4.6 desta dissertação, os resultados são

apresentados em duas etapas: primeiramente, o diagnóstico luminotécnico do cenário atualmente instalado (subseção 5.2.1) e, em seguida, a proposição do cenário otimizado (subseção 5.2.2).

Os resultados apresentados foram obtidos a partir da simulação luminotécnica realizada no software DIALux evo, tomando como base a volumetria da edificação disponibilizada no formato SKP. Para a modelagem, foram selecionadas luminárias com características técnicas mais próximas às efetivamente existentes na BPED, priorizando-se modelos comercializados no mercado brasileiro por fabricantes como Avant, Stella e Philips. Não foram realizadas alterações na volumetria da edificação nem na disposição original da planta de iluminação. Na volumetria original, modificaram-se apenas os materiais e seus respectivos índices de refletância, uma vez que o modelo disponibilizado em formato IFC apresentava materiais genéricos e configurações incompatíveis com as características reais da edificação.

Em alguns casos, as luminárias especificadas na planta original não possuíam informações técnicas suficientes, dispondo-se apenas do dado de potência. Nesses casos, foram adotados, para efeito de simulação, dispositivos com características físicas próximas, considerando parâmetros como fluxo luminoso e temperatura de cor definidos com base nas especificações das demais luminárias existentes na edificação. Para o cenário proposto, foi realizada a redefinição da quantidade e da distribuição dos pontos de iluminação de acordo com os critérios da ABNT NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013).

Quanto aos materiais, foram definidas no modelo as propriedades ópticas das superfícies de acordo com os materiais e acabamentos identificados durante o levantamento da BPED. A refletância foi considerada na modelagem por influenciar a distribuição da luz nos ambientes e, consequentemente, os valores de iluminância obtidos nos planos de trabalho. Os coeficientes de refletância (ρ) adotados foram definidos com base em Tregenza e Loe (2015) e nas características dos materiais existentes na edificação.

O concreto aparente, predominante na biblioteca e presente em pilares, paredes e tetos, foi configurado com refletância de 40% (ρ = 0,40). Nas salas com rebaixo em gesso branco, foi adotada refletância de 80% (ρ = 0,80). Para as divisórias e portas em MDF cinza-claro, adotou-se refletância de 68% (ρ = 0,68), enquanto as portas em madeira escura foram configuradas com 10% (ρ = 0,10). Nas janelas, os caixilhos em alumínio foram definidos com refletância de 45% (ρ = 0,45) e os vidros transparentes simples com 10% (ρ = 0,10). Em relação aos pisos, o mármore branco, predominante na biblioteca e nas áreas de circulação, foi configurado com

refletância de 70% (ρ = 0,70). Nos ambientes com piso vinílico azul-claro, foi adotada refletância de 35% (ρ = 0,35), enquanto, no auditório, o carpete bordô foi configurado com refletância de 18% (ρ = 0,18).

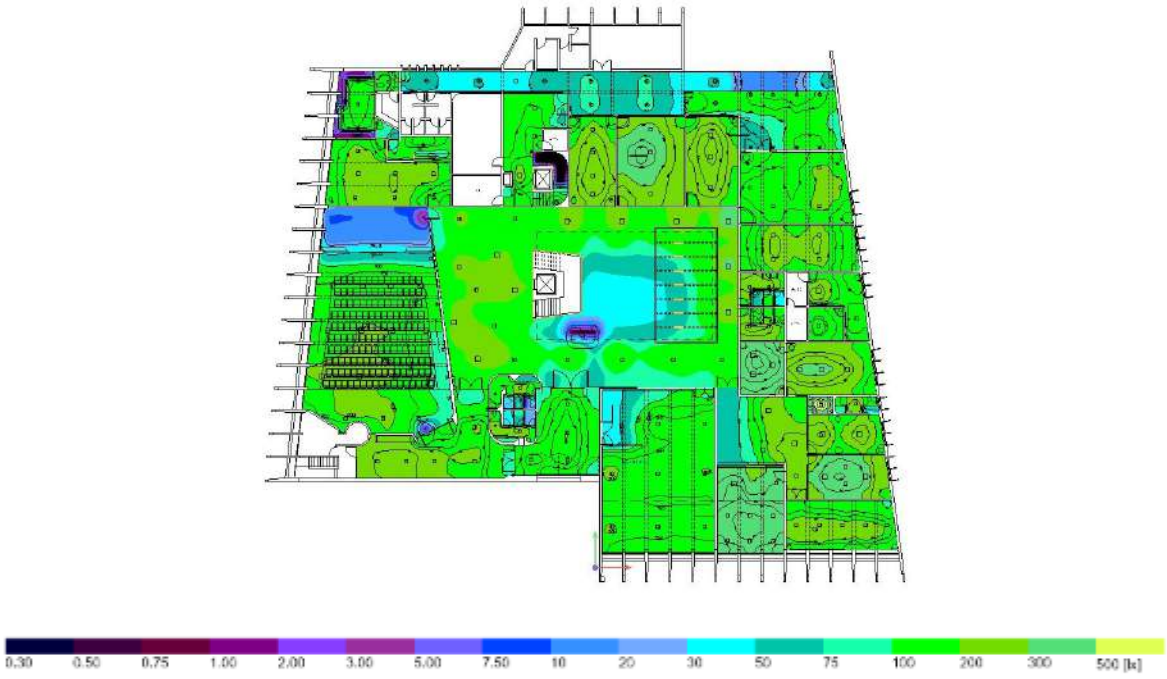
Para a avaliação dos níveis de iluminância, os planos de trabalho foram definidos a uma altura de 0,75 m em relação ao nível do piso, por meio da ferramenta Objetos de Cálculo do DIALux evo, que permite a criação de planos de cálculo em alturas determinadas pelo usuário. Cada plano foi identificado de acordo com o ambiente e o respectivo pavimento, facilitando a organização e a extração dos resultados das simulações.

5.2.1 Diagnóstico luminotécnico do cenário atual

Nesta subseção, apresenta-se o diagnóstico do sistema de iluminação atualmente instalado na BPED, obtido a partir da modelagem do cenário existente no DIALux evo e de sua avaliação segundo os parâmetros da ABNT NBR ISO/CIE 8995-1, para os três pavimentos da edificação. Cada plano de trabalho foi nomeado de acordo com o ambiente e o respectivo pavimento, a fim de facilitar a identificação e a extração dos resultados obtidos na simulação.

As Figuras 50, 51 e 52 apresentam um resumo dos resultados obtidos por meio da simulação computacional, considerando todos os parâmetros e configurações descritos anteriormente.

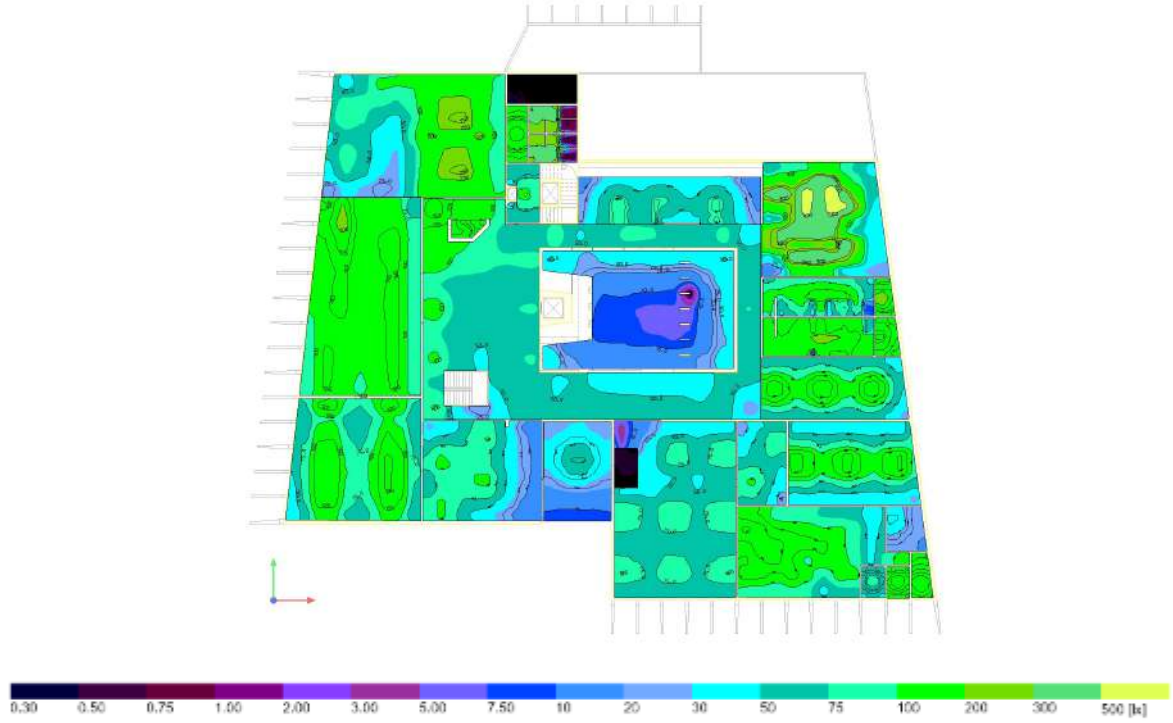
Figura 50– Mapas de isolux obtidos para o pavimento térreo



Fonte: elaborado pelo autor (2026).

No pavimento térreo, composto por 30 ambientes, o levantamento do cenário atual revelou conformidade simultânea aos três critérios normativos (Em, UGR e U_0) em apenas 2 ambientes (6,7% do total). Os ambientes de maior permanência e de atividades técnicas e administrativas, como Secretaria Geral, Assessoria da Legislação e Técnica, Direção, Administração e Laboratório de Digitalização, apresentaram iluminâncias entre 36% e 77% do valor mínimo normativo de 500 lux, insuficientes para as atividades desenvolvidas nesses ambientes. Situação especialmente crítica foi observada na Circulação de Serviço, com iluminância medida de apenas 50,7 lux frente ao mínimo de 100 lux exigido, e uniformidade de 23% frente ao mínimo de 70%.

Figura 51– Mapas de isolux obtidos para o segundo pavimento

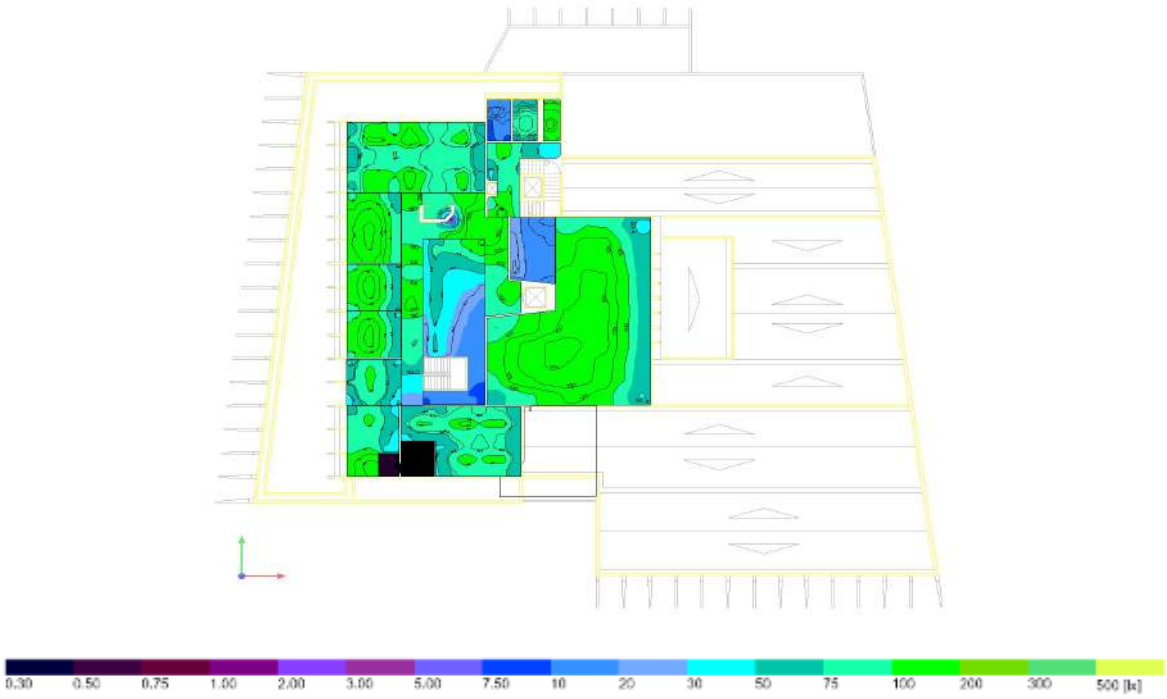


Fonte: elaborado pelo autor (2026).

O segundo pavimento, que concentra parte relevante dos acervos e das áreas de leitura e trabalho técnico da biblioteca, como Área de Leitura I e II, Acervo Circulante, Setor de Processos Técnicos e as salas das Bibliotecárias I a IV, apresentou, no cenário atual, apenas 1 ambiente em conformidade simultânea com os três critérios normativos, entre os 23 ambientes analisados (4,3%). Os casos mais críticos concentram-se justamente nos ambientes de leitura e processamento técnico: Coordenação da Ciência e Pesquisa (18,2 lux), Bibliotecárias I (26,6 lux), Área de Leitura I (36,3 lux) e Área de Leitura II (51,2 lux) apresentaram iluminâncias entre 4% e 10% do valor mínimo de 500 lux exigido pela norma, insuficiência particularmente

relevante por se tratar de ambientes cuja função está diretamente associada à leitura prolongada e ao trabalho de precisão visual.

Figura 52– Mapas de isolux obtidos para o terceiro pavimento



Fonte: elaborado pelo autor (2026).

No terceiro pavimento, nenhum dos 15 ambientes analisados atendia simultaneamente aos três critérios da NBR ISO/CIE 8995-1 no cenário atual (0% de conformidade), configurando o pavimento com o quadro de não conformidade mais expressivo da edificação. Casos como o Depósito (13 lux) e a Coordenação da Ciência e Pesquisa (18,2 lux), este último sem qualquer potência de iluminação instalada no levantamento do cenário atual (PI = 0 W), evidenciam ambientes praticamente desprovidos de iluminação artificial funcional.

Tabela 5 – Diagnóstico luminotécnico do cenário atual, por pavimento

Pavimento	**Nº de ambientes**	**Conformidade simultânea (Em+UGR+U_0)**	**DPI médio (W/m²)**
Térreo	30	2/30 (6,7%)	2,44
Segundo	23	1/23 (4,3%)	2,13
Terceiro	15	0/15 (0,0%)	2,63
Total	**68**	**3/68 (4,4%)**	**2,33**

Fonte: elaborado pelo autor (2026), a partir da simulação no DIALux evo.

Em termos gerais, o diagnóstico evidencia um quadro de inadequação luminotécnica distribuído pelos três pavimentos. Os maiores déficits concentram-se principalmente nos ambientes destinados à leitura, pesquisa e trabalho técnico, indicando que as deficiências encontradas não se restringem a situações pontuais do sistema atualmente instalado.

5.2.2 Proposição do cenário otimizado

A partir do diagnóstico apresentado na seção anterior, procedeu-se à proposição de um cenário otimizado de iluminação para a BPED, obtido por meio da redefinição das luminárias e de sua distribuição espacial nos ambientes. Os demais parâmetros de simulação – geometria dos ambientes, refletâncias de superfície e plano de trabalho – permaneceram inalterados em relação ao cenário atual, de modo a isolar o efeito da intervenção proposta sobre o desempenho luminoso. A Tabela 6 apresenta a correspondência entre as luminárias e lâmpadas identificadas no levantamento de campo do cenário atual e os modelos comerciais adotados na simulação do cenário proposto, selecionados por proximidade técnica (potência, fluxo luminoso e temperatura de cor) e disponibilidade no mercado brasileiro.

Tabela 5 – Luminárias e lâmpadas existentes e luminárias propostas utilizadas na simulação

Luminária existente	Luminária proposta
Plafon 15 × 15 cm Potência: 12 W Fluxo luminoso: Desconhecido Temperatura de cor: 6500 K	**Stella STH21962Q/40 – Painel de Sobrepor Eco** Potência: 12 W Fluxo luminoso: 1100 lm Temperatura de cor: 6500 K
Plafon 28 × 28 cm Potência 24 W Fluxo luminoso: Desconhecido temperatura de cor: 6500k	**AVANT-LED-PAINEL-POP-SOBR-QUA-30-BR6500K-24W-BIV-NH1680 768131375** Potência: 24 W Fluxo luminoso: 1680 lm Temperatura de cor: 6500k
21x21 cm 18 W Fluxo luminoso: Desconhecido temperatura de cor: 6500k	**AVANT-LED-PAINEL-POP-SOBR-QUA-22-BR6500K-18W-BIV-NH1260 768101372** 18 W Fluxo luminoso: 1260 lm temperatura de cor: 6500k
40x40 cm Potência 36 W Fluxo luminoso: 3060lm temperatura de cor: 6500k	**AVANT - LED-PAINEL-POP-SOBR-QUA-40-BR6500K-30W-BIVOLT-2400** Potência 36 W Fluxo luminoso: 3060lm temperatura de cor: 6500k

lâmpada led Tubular 150CM Potência Desconhecida Fluxo luminoso: Desconhecida temperatura de cor: Desconhecida	**Philips WT210C LED70S/840 PC PSU L1500** Potência 19W Fluxo luminoso: 2500lm temperatura de cor: 6500k
Trilhos Potência: 10W (cada lâmpada) Fluxo luminoso: Desconhecida temperatura de cor: Desconhecida	**Philips ST321S 1 xLED39S/CH WB** Potência: 10W (cada lâmpada) Fluxo luminoso: 500lm temperatura de cor: 6500K
Pendente Sem referências fotográficas Potência: 10W Fluxo luminoso: Desconhecida temperatura de cor: Desconhecida	**Stella Iluminação STL25250/27 - BULBO DIMERIZAVEL 7,8W** Potência: 10W Fluxo luminoso: 854lm temperatura de cor: 6500K
Luminária Globo Potência: 8W Sem referências fotográficas Fluxo luminoso: Desconhecida temperatura de cor: Desconhecida	**Stella Iluminação STL25250/27 - BULBO DIMERIZAVEL 7,8W** Potência: 8W Sem referências fotográficas Fluxo luminoso: Desconhecida temperatura de cor: Desconhecida

Fonte: elaborado pelo autor (2026).

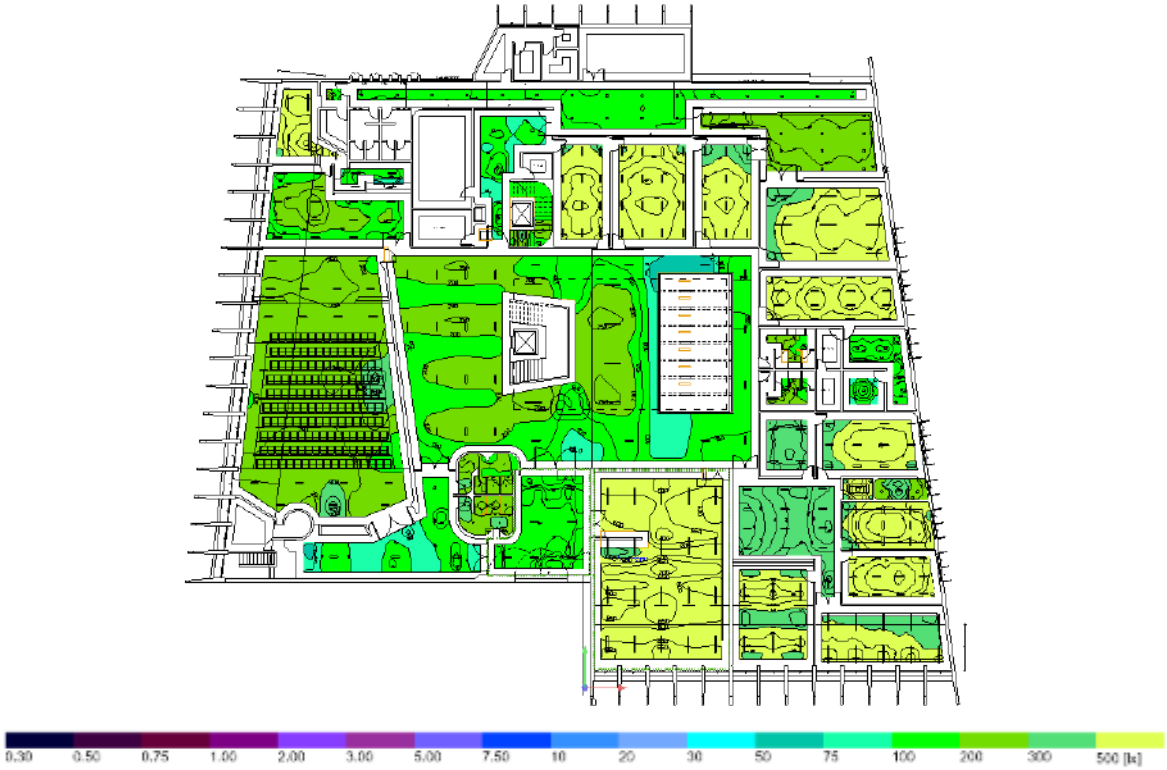
Tabela 6 – Luminárias do cenário proposto utilizadas na simulação

Luminária existente	Luminária proposta
	**Saveeenergy - Painel de Sobrepor** **Especificações Técnicas (SE-240-1916)** **Potência:** 18 W **Fluxo luminoso:** 1700 lm **Dimensões:** 7,5 x 60 cm **Temperatura de cor:** 4000K (Luz Neutra) **Tensão:** Bivolt (85–240 V) **Cor/Acabamento:** Preto (Jet Black) **Uso:** Interno (IP20) **Ângulo de Abertura:** 120º
	**Saveeenergy - Painel de Sobrepor** **Especificações Técnicas (SE-240-1919)** **Potência:** 36 W **Fluxo luminoso:** 3400 lm **Dimensões:** 7,5 x 120 cm **Temperatura de cor:** 4000K (Luz Neutra) **Tensão:** Bivolt (85–240 V) **Cor/Acabamento:** Preto (Jet Black) **Uso:** Interno (IP20) **Ângulo de Abertura:** 120º
	**Stella STH21962Q/40 – Painel de Sobrepor Eco** **Potência:** 12 W **Fluxo luminoso:** 1100 lm **Dimensões:** 15 x 15cm **Temperatura de cor:** 4000K (Luz Neutra) **Tensão:** Bivolt (85–240 V) **Cor/Acabamento:** Preto (Jet Black) **Uso:** Interno (IP20) **Ângulo de Abertura:** 120º
Luminária Globo Potência: 8W Sem referências fotográficas Fluxo luminoso: Desconhecida temperatura de cor: Desconhecida	**Stella Iluminação STL25250/27 - BULBO DIMERIZAVEL 7,8W** Potência: 8W Sem referências fotográficas Fluxo luminoso: Desconhecida temperatura de cor: Desconhecida

Fonte: elaborado pelo autor (2026).

No cenário proposto para a edificação, a totalidade dos 30 ambientes do pavimento térreo (Figura 53) passaria a atender simultaneamente aos três critérios da NBR ISO/CIE 8995-1 (100% de conformidade), com destaque para a correção da uniformidade, que se eleva, em praticamente todos os ambientes, para valores entre 70% e 93%, e para a eliminação do déficit de iluminância em ambientes anteriormente críticos, como a Circulação de Serviço (158 lux) e o Hall de Entrada (178 lux).

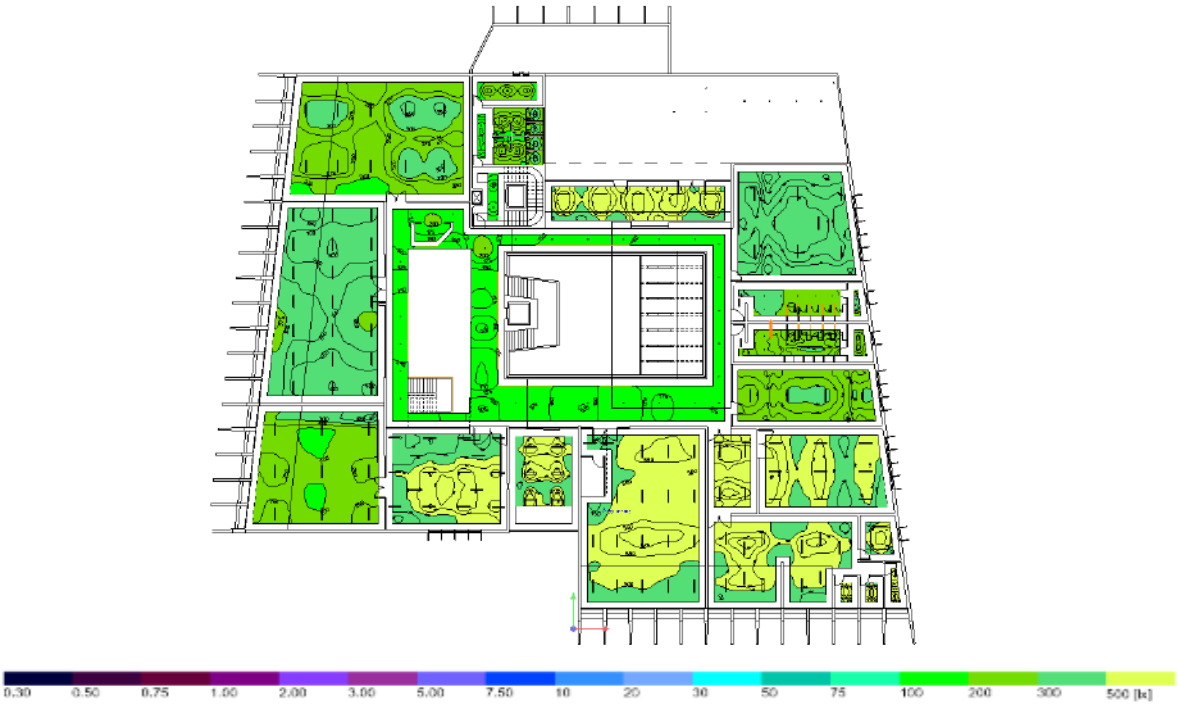
Figura 53– Mapas de isolux obtidos para o primeiro pavimento



Fonte: elaborado pelo autor (2026).

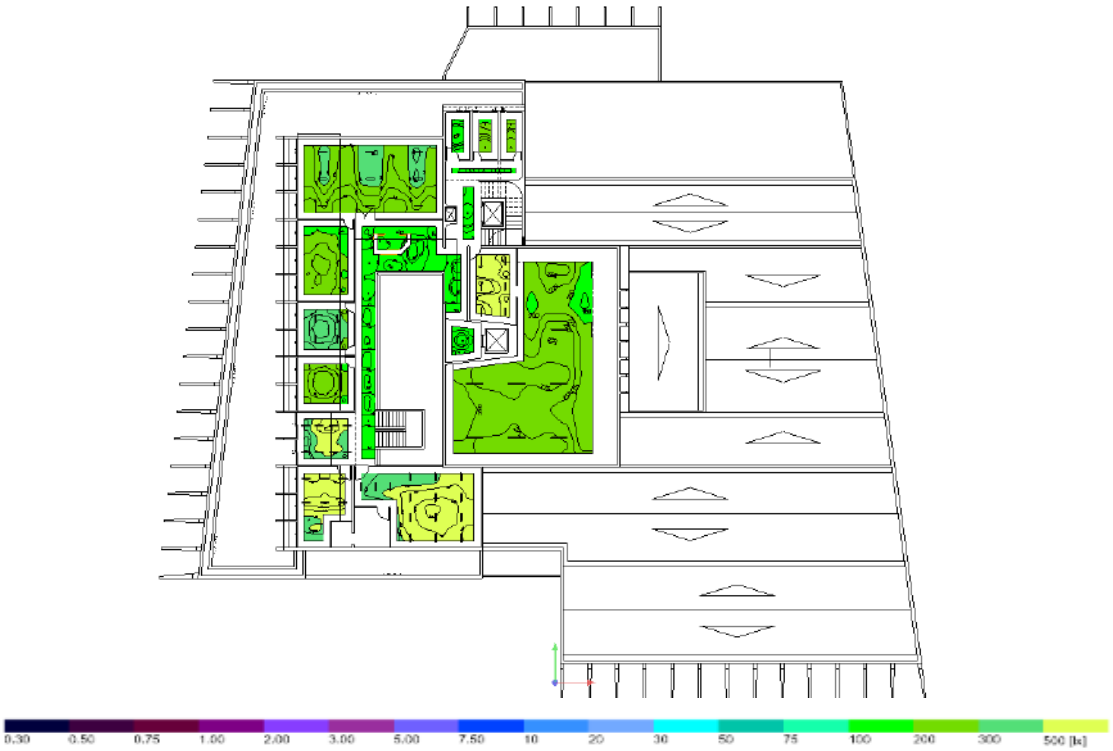
Já a conformidade do segundo pavimento (Figura 54) subiria para 21 dos 23 ambientes (91,3%). As duas não conformidades remanescentes, Bibliotecárias I e II, decorrem exclusivamente do índice de ofuscamento (UGR de 19,2 e 19,1, respectivamente, frente ao limite normativo de 19,0), configurando desvios marginais que não comprometem de forma significativa o conforto visual, mas que indicam a necessidade de ajuste fino no posicionamento ou na proteção das luminárias nesses dois ambientes específicos.

Figura 54– Resultados do cenário proposto: Mapas de isolux obtidos para o segundo pavimento



Fonte: elaborado pelo autor (2026).

Figura 55– Resultados do cenário proposto: mapas de isolux obtidos para o terceiro pavimento



Fonte: elaborado pelo autor (2026).

No terceiro pavimento (Figura 55), a totalidade dos 15 ambientes passaria a atender aos três critérios normativos (100% de conformidade), com incrementos expressivos de iluminância, como no Acervo Infantil, que passa de 145 lux para 520 lux.

Tabela 8 – Síntese da conformidade com a ABNT NBR ISO/CIE 8995-1, cenário atual versus cenário proposto, por pavimento

Pavimento	Nº de ambientes	Conformidade total — Cenário Atual	Conformidade total — Cenário Proposto	DPI médio Atual (W/m²)	DPI médio Proposto (W/m²)
Térreo	30	2/30 (6,7%)	30/30 (100%)	2,44	4,55
Segundo	23	1/23 (4,3%)	21/23 (91,3%)	2,13	3,75
Terceiro	15	0/15 (0,0%)	15/15 (100%)	2,63	3,07
Total	**68**	**3/68 (4,4%)**	**66/68 (97,1%)**	**2,33**	**3,96**

Fonte: elaborado pelo autor (2026), a partir da simulação no DIALux evo.

A comparação entre os dois cenários evidencia uma melhoria expressiva das condições luminotécnicas da edificação. Com a proposta, as não conformidades ficaram restritas a situações pontuais do segundo pavimento, enquanto os demais pavimentos passaram a atender integralmente aos três parâmetros avaliados, confirmando a eficácia da proposição de otimização apresentada nesta seção para a correção do déficit luminotécnico diagnosticado na subseção 5.2.1.

Figura 56 Comparação entre os cenários atual e proposto do pavimento térreo

PAVIMENTO TÉRREO																
AMBIENTES	INI-C			NBR 8995-1			CENÁRIO ATUAL					CENÁRIO PROPOSTO				
	Área (m2)	DPI - A [W/m²]	DPI - D [W/m²]	*E*m: lux (Iluminância)	UGR (Ofuscamento)	U_o (Uniformidade)	*E*m: lux (Iluminância)	UGR (Ofuscamento)	U_o (Uniformidade)	PI (W) (Potência Instalada)	DPI (Densidade de Potência)	*E*m: lux (Iluminância)	UGR (Ofuscamento)	U_o (Uniformidade)	PI (Potência Instalada)	DPI (Densidade de Potência)
Hall de Entrada	47,17	10,8	12,07	100	22	70%	143	19,1	56%	96	2,04	178	18,9	87%	126	6,60
Acervo Infantil	139,47	12,9	29,44	500	19	70%	145	18,7	21%	192	1,38	520	16,4	88%	720	38,50
Secretaria Geral	45,57	10	19,04	500	19	70%	383	16.8	70%	204	4,48	532	17,2	87%	216	4,74
Assessoria da Legislação e Técnica	44,13	10	19,04	500	19	70%	181	19,4	50%	120	2,72	525	18,8	72%	360	18,56
Presidência do Conselho	27,4	10	19,04	500	19	70%	313	14,1	60%	120	4,38	538	17,8	86%	216	15,32
Sala do Conselho	22,33	10	19,04	500	19	70%	209	10,5	82%	72	3,22	543	13,5	84%	180	17,14
Sala de Espera do Conselho Estadual da Educação	52,94	7,55	9,6	300	22	70%	170	14,5	32%	108	2,04	372	15,2	83%	238	16,41
Copa do Concelho	3,22	11,4	17,12	500	22	70%	485	10	89%	24	7,45	544	10	88%	12	1,20
Wc do Conselho Estadual da Cultura	5,59	9,15	13,73	200	25	70%	186	30	44%	24	4,29	292	25	76%	36	1,20
Sala de Espera do Conselho Estadual da Cultura	17,9	7,55	9,6	300	22	70%	393	12,4	72%	108	6,03	329	13,7	93%	72	5,81
Conselho Estadual da Cultura	35,06	10	19,04	500	19	70%	242	14,5	64%	108	3,08	518	16,8	89%	216	14,90
Banheiro Feminino	11,12	9,15	13,73	200	25	70%	202	15,2	48%	36	3,24	202	10	80%	48	3,16
Banheiro Masculino	11,12	9,15	13,73	200	25	70%	175	14	22%	36	3,24	209	10	83%	48	3,43
Depósito	8,7	4,95	8	100	25	70%	159	10	67%	36	4,14	105	10	85%	12	1,20
Depósito Galeria J.Inácio	19,51	4,95	8	100	25	70%	181	12,4	71%	48	2,46	149	15,5	76%	36	2,90
Setor de Braille	41,51	12,9	29,44	500	19	70%	186	16,2	63%	96	2,31	581	17,6	88%	288	17,78
Sala do Conselho da BPED	59,14	10	19,04	500	19	70%	176	16,6	66%	126	2,13	529	17,6	83%	324	19,52
Arquivo da BPED	54,76	6	12,48	200	25	70%	110	20,3	46%	98	1,79	252	14	80%	192	9,46
Circulação de Serviço	56,23	7,1	11,36	100	28	70%	50,7	22,7	23%	80	1,42	158	15,9	70%	228	10,04
Direção	57,79	11,5	19,04	500	19	70%	224	15,1	66%	108	1,87	519	17,8	85%	216	14,30
Administração	45,92	8,7	16,8	500	19	70%	297	26,6	61%	108	2,35	569	18,1	87%	288	10,83
Laboratório de Digitalização	31,79	12,9	16,32	500	19	70%	222	14,7	68%	96	3,02	558	17,7	83%	216	14,69
Escada	14	6,25	11,84	150	25	70%	36,8	24	58%	8	0,57	198	22,6	74%	32	1,33
Hall da Escada	35,53	10,8	12,07	100	28	70%	142	15,3	49%	84	2,36	103	15,8	76%	48	3,14
Cozinha	19,94	11,4	17,12	500	22	70%	171	15,3	75%	72	3,61	592	17,1	82%	180	11,76
Refeitório	50,65	6,8	18,4	200	22	70%	202	17	41%	168	3,32	201	18	72%	288	16,94
Auditório	214,16	11,5	13,6	200	22	70%	143	20,3	0,06%	504	2,35	248	21,3	72%	702	34,58
Hall Auditório	61,14	10,8	12,07	100	22	70%	186	19,1	43%	120	1,96	101	18,6	72%	78	4,08
Banheiro Aud. Feminino	9,96	9,15	13,73	200	25	70%	151	17,6	19%	30	3,01	275	15,8	75%	48	2,73
Banheiro Aud. Masculino	11	9,15	13,73	200	25	70%	159	18,4	18%	30	2,73	230	15,6	77%	48	2,61

Fonte: elaborado pelo autor (2026).

Figura 57 Comparação entre os cenários atual e proposto do segundo pavimento

SEGUNDO PAVIMENTO																
AMBIENTES	INI-C			NBR 8995-1			CENÁRIO ATUAL					CENÁRIO PROPOSTO				
	Área (m2)	DPI - A [W/m²]	DPI - D [W/m²]	*E*m: lux (Iluminância)	UGR (Ofuscamento)	U_o (Uniformidade)	*E*m: lux (Iluminância)	UGR (Ofuscamento)	U_o (Uniformidade)	PI (W) (Potência Instalada)	DPI (Densidade de Potência)	*E*m: lux (Iluminância)	UGR (Ofuscamento)	U_o (Uniformidade)	PI (Potência Instalada)	DPI (Densidade de Potência)
Área de Leitura I	**44,09**	**8,85**	**16**	500	19	70%	36,3	18	48%	18	**0,41**	528	18,9	74%	216	**4,90**
Acervo Circulante	**133,42**	**12,9**	**29,44**	500	19	70%	63,3	21,2	0,06%	192	**1,44**	524	14,8	81%	720	**5,40**
Setor de Processos Técnicos	**26,38**	**6**	**12,48**	500	19	70%	62,9	19,9	39%	48	**1,82**	542	11,5	95%	144	**5,46**
Setor Técnico	**83,66**	**6**	**12,48**	500	19	70%	105	19,8	32%	204	**2,44**	525	15	82%	396	**4,73**
Bibliotecárias I	**4,69**	**6**	**12,48**	500	19	70%	26,6	23,1	68%	18	**3,84**	586	19,2	81%	20	**4,26**
Bibliotecárias II	**4,69**	**6**	**12,48**	500	19	70%	64,5	13,4	72%	18	**3,84**	589	19,1	81%	20	**4,26**
Bibliotecárias III	**5,59**	**6**	**12,48**	500	19	70%	153	10	91%	18	**3,22**	590	14,2	88%	36	**6,44**
Bibliotecárias IV	**10,72**	**6**	**12,48**	500	19	70%	143	10,5	71%	8	**0,75**	539	18,3	79%	40	**3,73**
Adm. do Conselho Estadual de Cultura	**68,78**	**10**	**19,04**	500	19	70%	83	21,2	34%	156	**2,27**	509	12,1	89%	324	**4,71**
Cultura Popular	**58,02**	**8,85**	**16**	200	19	70%	94	20,5	28%	108	**1,86**	271	12	83%	144	**2,48**
Banheiro Feminino	**27,22**	**9,15**	**13,73**	200	25	70%	90,2	19,7	29%	36	**1,32**	297	15,3	79%	138	**5,07**
Banheiro Masculino	**27,22**	**9,15**	**13,73**	200	25	70%	157	14,2	30%	36	**1,32**	264	15,77	77%	138	**5,07**
Memorial Marcelo Déda	**89,03**	**11,5**	**18,08**	300	19	70%	216	25,2	0,06%	468	**5,26**	374	13,9	81%	288	**3,23**
Área de Leitura II	**55,03**	**8,85**	**16**	500	19	70%	51,2	24,1	22%	54	**0,98**	537	18,1	82%	360	**6,54**
Circulação	**281,82**	**7,1**	**11,36**	100	28	70%	67,3	23,7	31%	444	**1,58**	147	20,8	70%	273	**0,97**
Hall da Escada	**11,11**	**7,1**	**11,36**	100	28	70%	72	14,6	51%	12	**1,08**	144	18,5	70%	16	**1,44**
Hall do Wc	**7,28**	**7,1**	**11,36**	100	28	70%	129	11,2	79%	18	**2,47**	180	12,1	91%	16	**2,20**
Wc Masculino	**8,15**	**9,15**	**13,73**	200	25	70%	202	10	0,00%	36	**4,42**	229	17	81%	16	**1,96**
Wc Feminino	**8,15**	**9,15**	**13,73**	200	25	70%	187	10	0,00%	36	**4,42**	233	16,9	81%	16	**1,96**
Acervo Sergipano	**141,02**	**12,9**	**29,44**	200	19	70%	109	23,3	21%	336	**2,38**	273	15,3	70%	360	**2,55**
Galeria de Arte	**163,3**	**11,5**	**18,08**	300	19	70%	130	20,09	47%	384	**2,35**	375	14,4	72%	756	**4,63**
Hemeroteca	**85,2**	**12,9**	**29,44**	200	19	70%	97,9	21,7	31%	240	**2,82**	239	15,4	78%	324	**3,80**
Sala de Leitura	**76,97**	**8,85**	**16**	500	19	70%	59,3	20,1	20%	144	**1,87**	511	17,6	75%	576	**7,48**

Fonte: elaborado pelo autor (2026).

Figura 58 Comparação entre os cenários atual e proposto do terceiro pavimento

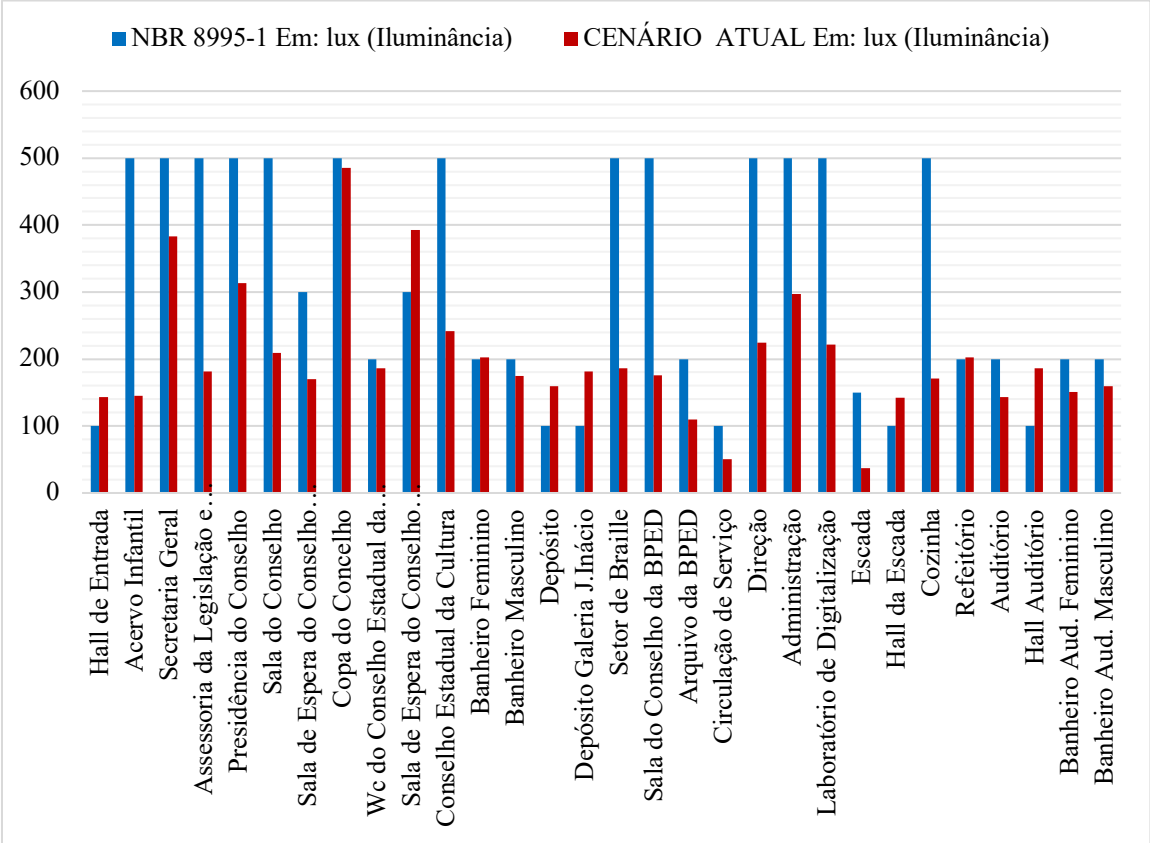
TERCEIRO PAVIMENTO																
AMBIENTES	INI-C			NBR 8995-1			CENÁRIO ATUAL					CENÁRIO PROPOSTO				
	Área (m2)	DPI - A [W/m²]	DPI - D [W/m²]	*E*m: lux (Iluminância)	UGR (Ofuscamento)	U_o (Uniformidade)	*E*m: lux (Iluminância)	UGR (Ofuscamento)	U_o (Uniformidade)	PI (W) (Potência Instalada)	DPI (Densidade de Potência)	*E*m: lux (Iluminância)	UGR (Ofuscamento)	U_o (Uniformidade)	PI (Potência Instalada)	DPI (Densidade de Potência)
Laboratório de Informática/Obras Raras	46,51	12,9	16,32	500	19	70%	80,9	20,4	59%	120	2,58	550	17,4	80%	252	5,42
Acervo da Cord. De Ciência e Pesquisa	156,46	12,9	29,44	200	19	70%	121	21,3	37%	504	3,22	248	14,1	72%	304	1,94
Coordenação da Ciência e Pesquisa	18,54	11,5	19,04	500	19	70%	18,2	15,3	63%	0	0,00	516	15,2	97%	108	5,83
Circulação	55,81	7,1	11,36	100	28	70%	106	20,7	0%	216	3,87	142	22	70%	120	2,15
Hall Escada	18,73	7,1	11,36	100	28	70%	83,2	19	49%	18	0,96	152	17,8	88%	12	0,64
Escada	14	6,25	11,84	150	25	70%	36,8	24	58%	8	0,57	837	18,3	76%	32	2,29
Wc Feminino	6,11	9,15	13,73	200	25	70%	159	10	75%	18	2,95	220	16,8	87%	24	3,93
Wc Masculino	6,84	9,15	13,73	200	25	70%	78	13,3	79%	18	2,63	230	15,4	87%	24	3,51
Depósito	7,12	4,95	8	100	25	70%	13	20,8	62%	0	0,00	179	14,5	84%	12	1,69
Acervo Geral	62,19	12,9	29,44	200	19	70%	91,5	20,2	69%	144	2,32	274	17,7	73%	162	2,60
Apoio do Acervo Geral	24,54	12,9	29,44	200	19	70%	130	16	41%	72	2,93	219	19	79%	72	2,93
Memorial Epiphanio Dória	16,54	11,5	18,08	300	19	70%	105	17	46%	48	2,90	359	15,6	74%	72	4,35
HQs	16,54	12,9	29,44	200	19	70%	104	17,3	46%	48	2,90	249	18,8	71%	48	2,90
Área de Leitura	22,16	8,85	16	500	19	70%	74,1	19,3	51%	36	1,62	502	18,7	80%	144	6,50
Coordenação da Galeria J. Inácio	20,64	11,5	19,04	500	19	70%	91,1	16,5	33%	48	2,33	557	17,8	81%	126	6,10

Fonte: elaborado pelo autor (2026).

Pavimento térreo

A avaliação do sistema de iluminação foi realizada a partir da comparação entre o cenário atual e o cenário proposto, considerando os parâmetros de iluminância média (Em), índice de ofuscamento unificado (UGR) e uniformidade da iluminância (U_0). Os resultados foram organizados por pavimento, permitindo verificar as condições existentes e as alterações decorrentes da proposta de adequação do sistema de iluminação. Os resultados referentes à iluminância média do pavimento térreo (Figura 59) evidenciam diferenças entre os valores obtidos no cenário atual e os níveis de iluminância estabelecidos para os diferentes ambientes. Observa-se que diversos espaços destinados a atividades administrativas e de leitura apresentam valores inferiores aos parâmetros indicados, como o Acervo Infantil, com 145 lux, a Assessoria da Legislação e Técnica, com 181 lux, o Setor de Braille, com 186 lux, a Sala do Conselho da BPED, com 176 lux, o Arquivo da BPED, com 110 lux e o Laboratório de Digitalização, com 222 lux. Situação semelhante é observada em ambientes que apresentam valores mais baixos, como a Circulação de Serviço, com 50,7 lux, e a Escada, com 36,8 lux. Esses resultados demonstram uma distribuição insuficiente da iluminância em parte dos ambientes avaliados.

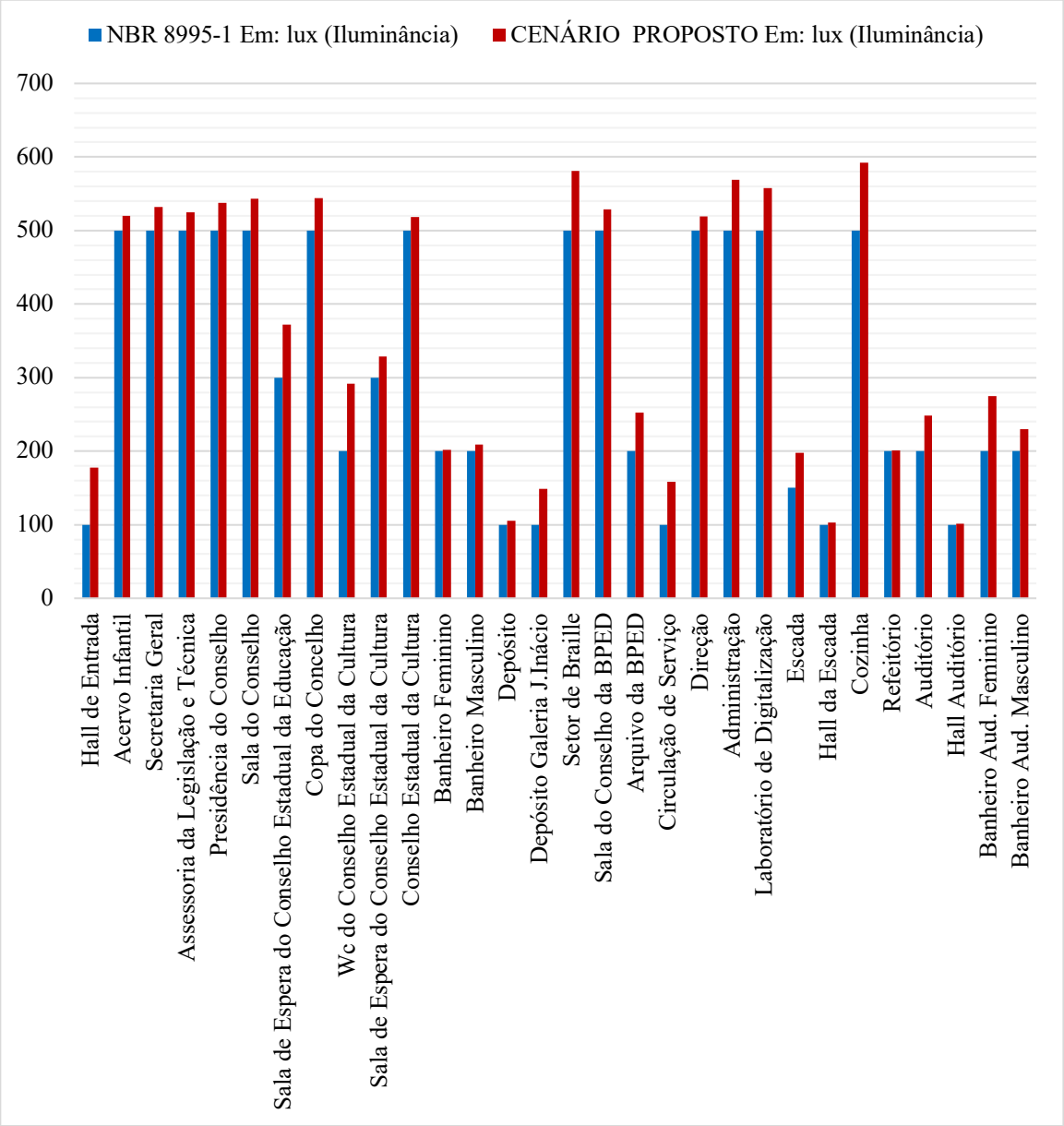
Figura 59– Gráfico de iluminância do pavimento térreo (cenário atual)



Fonte: elaborado pelo autor (2026).

No cenário proposto (Figura 60), observa-se uma elevação dos níveis de iluminância na maior parte dos ambientes. O Acervo Infantil, por exemplo, passa de 145 lux para 520 lux, enquanto a Secretaria Geral aumenta de 383 lux para 532 lux. A Assessoria da Legislação e Técnica passa de 181 lux para 525 lux e a Presidência do Conselho passa de 313 lux para 538 lux. Também é possível observar melhoria no Setor de Braille, que passa de 186 lux para 581 lux, e na Sala do Conselho da BPED, que passa de 176 lux para 529 lux. Dessa forma, o cenário proposto apresenta maior aproximação dos níveis de iluminância aos valores requeridos para as atividades desenvolvidas nos ambientes.

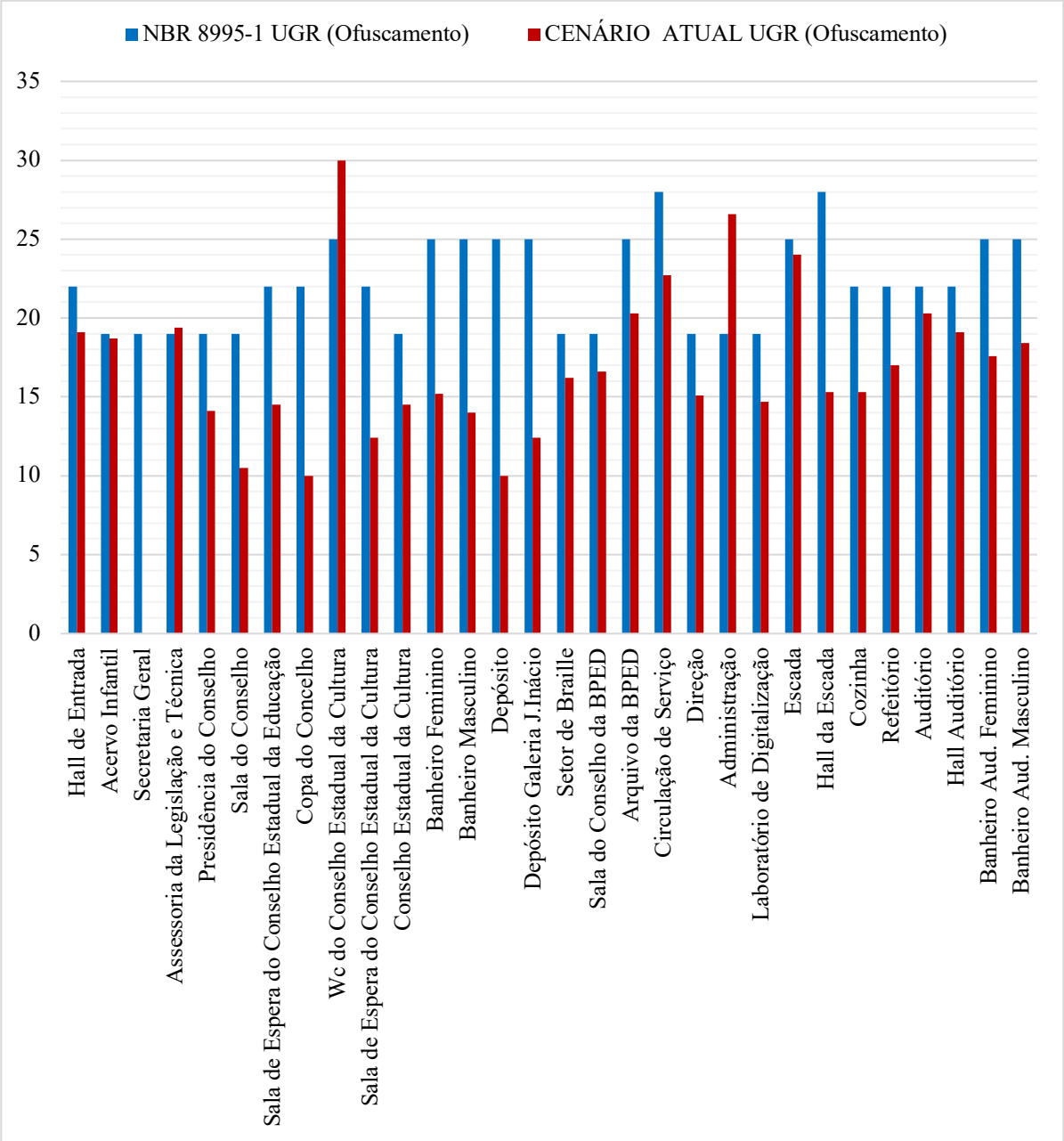
Figura 60– Gráfico de iluminância do pavimento térreo (cenário proposto)



Fonte: elaborado pelo autor (2026).

A análise do UGR também ressalta alterações entre os dois cenários. No sistema atual (Figura 61), foram identificados valores superiores aos parâmetros de referência em alguns ambientes, como o WC do Conselho Estadual da Cultura, com UGR igual a 30, a Administração, com 26,6, a Circulação de Serviço, com 22,7, e a Escada, com 24, índices que indicam a ocorrência de ofuscamento nesses ambientes, decorrente sobretudo da ausência de um projeto luminotécnico original que considerasse a disposição, o tipo e o das luminárias empregadas.

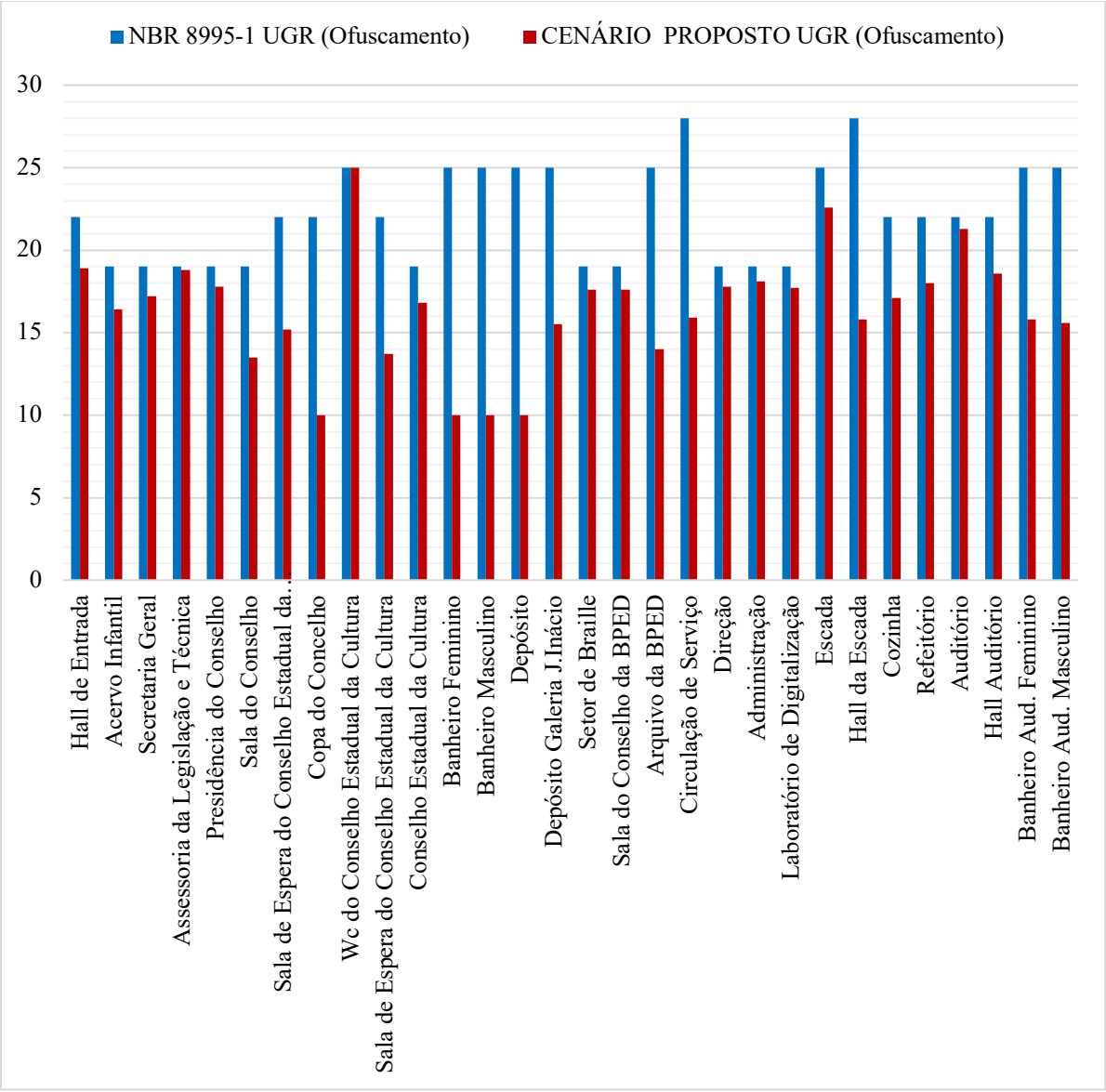
Figura 61– Gráfico de ofuscamento do pavimento térreo (cenário atual)



Fonte: elaborado pelo autor (2026).

No cenário proposto (Figura 62), observa-se uma redução do UGR em grande parte dos ambientes. A Administração passa de 26,6 para 18,1, a Circulação de Serviço de 22,7 para 15,9 e a Escada de 24 para 22,6. Por outro lado, verifica-se aumento na Sala do Conselho, que passa de 10,5 para 13,5, permanecendo dentro do limite indicado para a atividade.

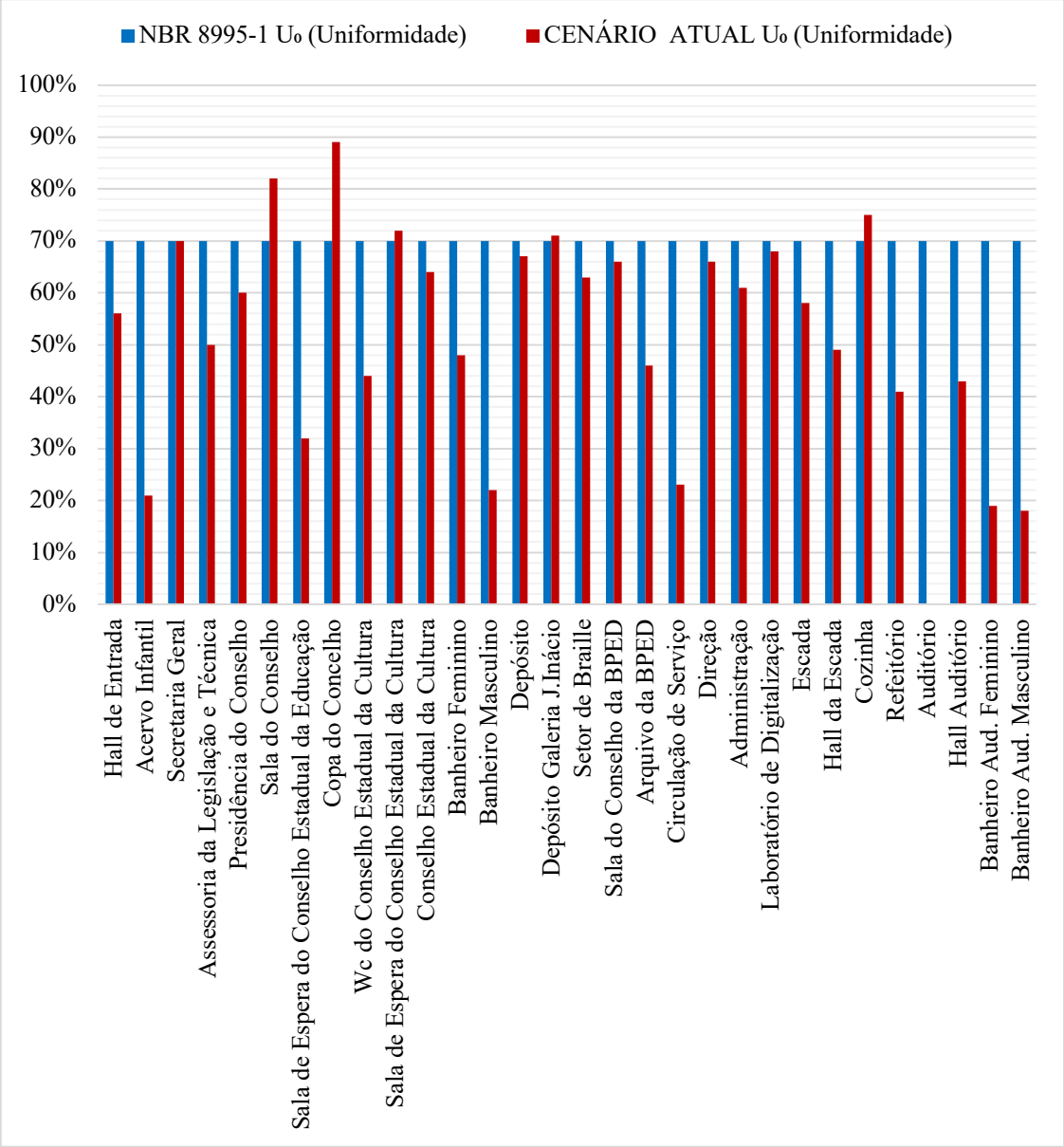
Figura 62– Gráfico de ofuscamento do pavimento térreo (cenário proposto)



Fonte: elaborado pelo autor (2026).

Quanto à uniformidade (Figura 63), os resultados do cenário atual apresentam valores bastante heterogêneos. Alguns ambientes apresentam valores próximos ou superiores a 0,60, enquanto outros apresentam valores reduzidos, como o Acervo Infantil, com 0,21, a Circulação de Serviço, com 0,23, o Refeitório, com 0,41, o Auditório, com aproximadamente 0,001, e os banheiros do auditório, com 0,19 e 0,18.

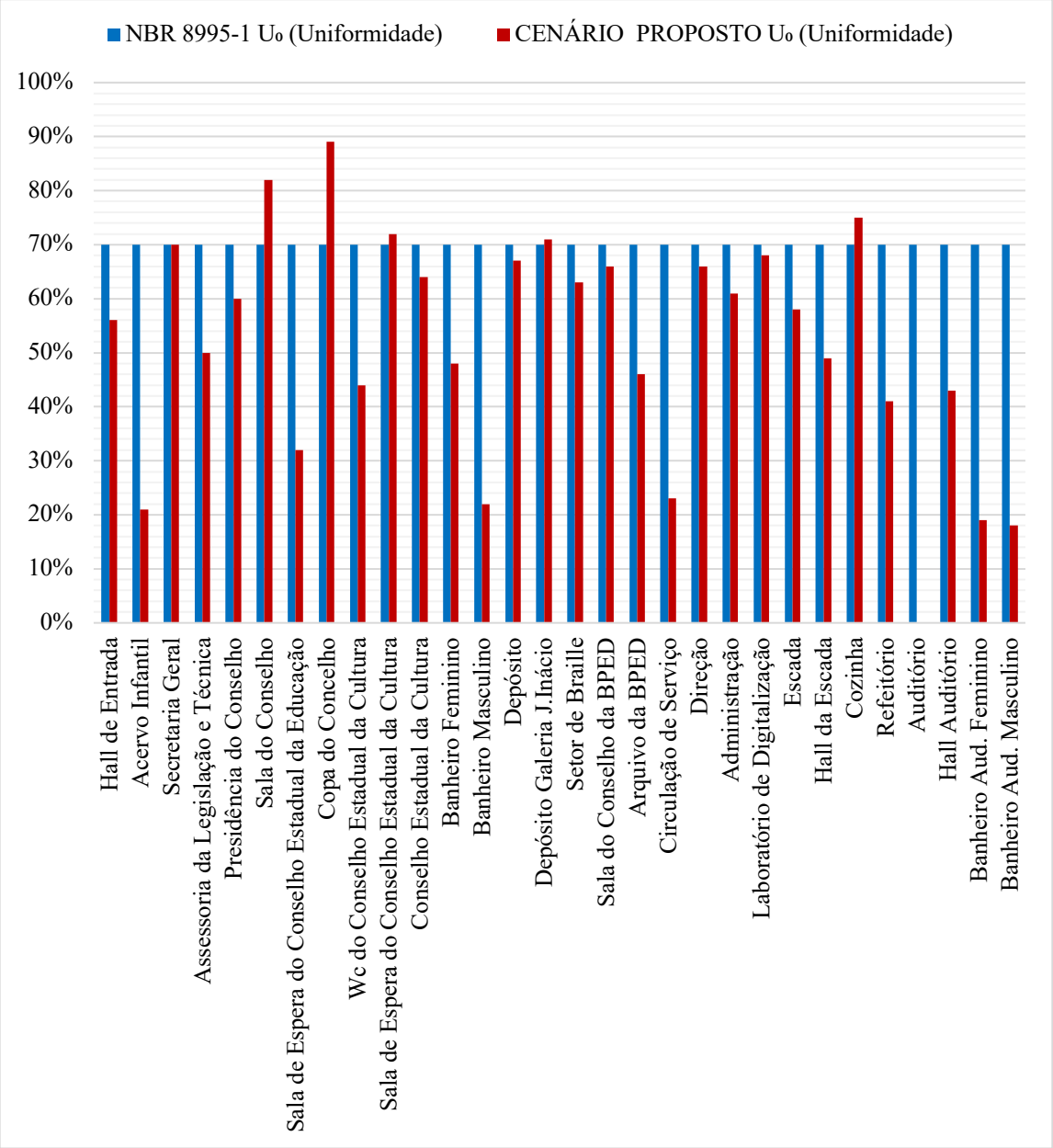
Figura 63 – Gráfico de uniformidade do pavimento térreo (cenário atual)



Fonte: elaborado pelo autor (2026).

No cenário proposto (Figura 64), observa-se uma melhora em determinados ambientes, principalmente na Sala do Conselho, que alcança 0,82, na Copa do Conselho, com 0,89, e no Depósito da Galeria J. Inácio, com 0,71. Entretanto, alguns ambientes permanecem com valores inferiores a 0,60, como o Acervo Infantil, com 0,21, a Circulação de Serviço, com 0,23, e o Banheiro Masculino, com 0,22.

Figura 64– Gráfico de uniformidade do pavimento térreo (cenário proposto)



Fonte: elaborado pelo autor (2026).

Os gráficos apresentados para o pavimento térreo confirmam que a proposta promove uma melhoria geral dos níveis de iluminância e uma redução dos valores de UGR em diversos ambientes. Quanto à uniformidade, o resultado obtido foi positivo, com a maior parte dos ambientes apresentando valores de U₀ mais próximos ou dentro do limite estabelecido pela NBR ISO/CIE 8995-1 no cenário proposto. Isso demonstra que, mesmo diante das restrições impostas pela estrutura preexistente, o novo projeto luminotécnico conseguiu distribuir a luz de forma mais equilibrada na maioria dos ambientes, ainda que em diferentes intensidades de melhoria. A adequação do sistema, portanto, não depende apenas do aumento da quantidade de luz, mas também da sua distribuição no ambiente, sendo necessário o tratamento

individualizado de cada espaço para que os três critérios avaliados (iluminância, uniformidade e ofuscamento) sejam atendidos de forma conjunta.

Ao comparar os resultados com os parâmetros da ABNT NBR ISO/CIE 8995-1 (2013), observa-se que algumas situações do cenário atual ultrapassavam os limites de ofuscamento estabelecidos para as respectivas atividades. No WC do Conselho Estadual da Cultura, o UGR de 30 superava o limite de 25 previsto para vestiários, banheiros e toaletes, enquanto, na Administração, o valor de 26,6 excedia o limite de 19 indicado para escritórios. Na Circulação de Serviço e na Escada, embora os valores de UGR fossem elevados, respectivamente 22,7 e 24, ambos permaneciam dentro dos limites normativos de 28 e 25. Nesses ambientes, portanto, as principais inadequações estavam relacionadas à iluminância e à uniformidade, conforme apresentado anteriormente.

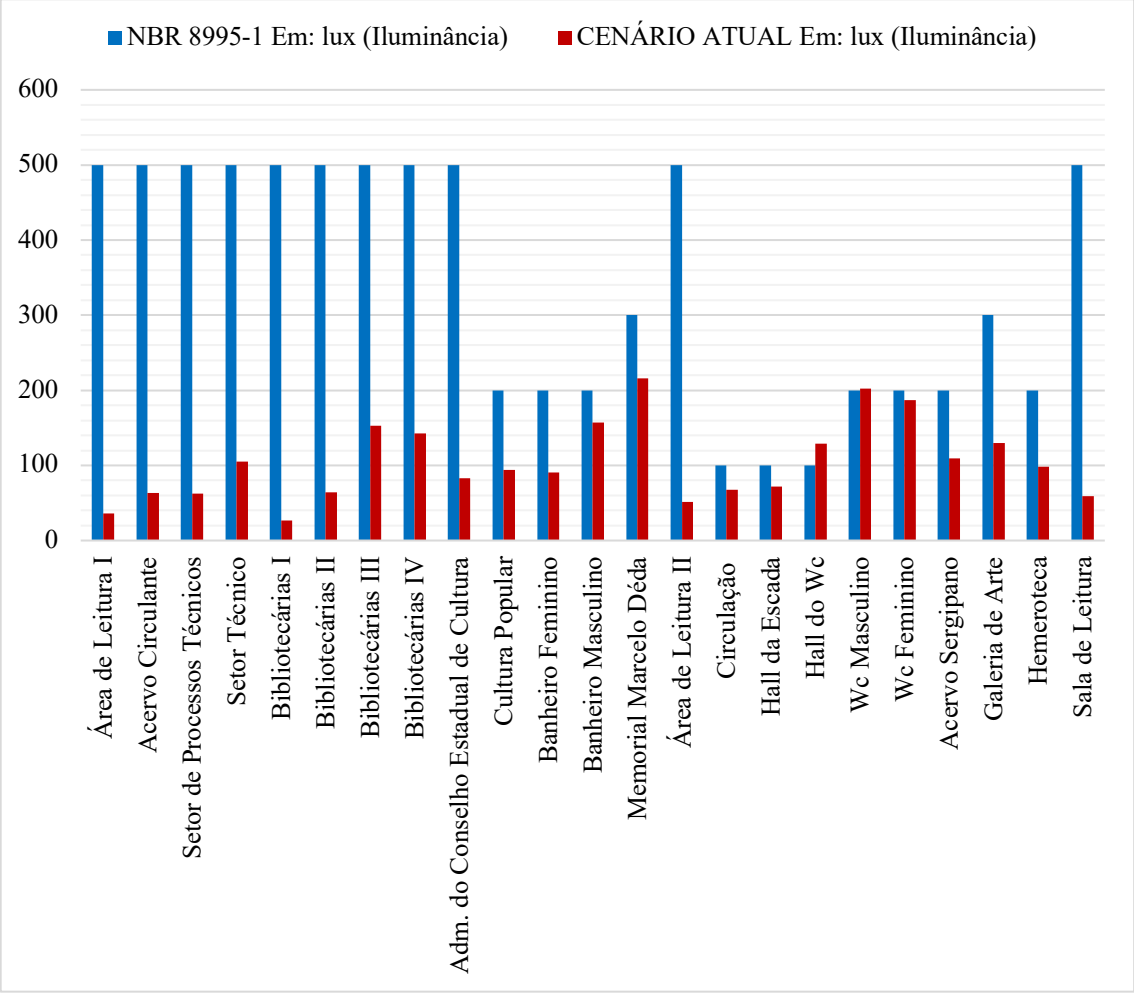
No cenário proposto, a Administração passou a apresentar UGR de 18,1 e a Circulação de Serviço de 15,9, atendendo aos limites correspondentes. Na Sala do Conselho, o índice aumentou de 10,5 para 13,5, mas permaneceu dentro do valor admissível, enquanto, na Escada, houve redução de 24 para 22,6. Esses resultados mostram que a redistribuição das luminárias não produz necessariamente a mesma variação do UGR em todos os ambientes, embora, neste caso, as alterações observadas não tenham comprometido o atendimento aos critérios avaliados. Quanto à uniformidade, diversos ambientes do cenário atual apresentaram valores inferiores a $U_0 = 0,70$, adotado como referência para a área de tarefa. O caso mais crítico foi o Auditório, com valor aproximado de 0,001, indicando uma distribuição bastante irregular da iluminação. No cenário proposto, embora tenha ocorrido melhora geral desse parâmetro, o Acervo Infantil (0,21), a Circulação de Serviço (0,23) e o Banheiro Masculino (0,22) permaneceram abaixo do valor de referência. Nesses casos, os resultados indicam que a substituição das luminárias, por si só, não foi suficiente para melhorar a distribuição da luz, sendo necessários ajustes adicionais no posicionamento ou no dimensionamento dos pontos de iluminação.

Segundo pavimento

No segundo pavimento, os resultados do cenário atual indicam níveis de iluminância (Figura 65) significativamente inferiores aos valores de referência em grande parte dos ambientes. Entre os casos mais representativos estão a Área de Leitura I, com 36,3 lux, o Acervo Circulante, com 63,3 lux, o Setor de Processos Técnicos, com 62,9 lux, as salas destinadas às atividades das bibliotecárias e a Área de Leitura II, com 51,2 lux.

Também foram observados ambientes que apresentam valores mais próximos ou superiores aos parâmetros estabelecidos, como o Memorial Marcelo Déda, com 216 lux, o WC Masculino, com 202 lux e o WC Feminino, com 187 lux. Entretanto, esses resultados não são suficientes para caracterizar uma condição adequada para todos os ambientes, uma vez que os níveis necessários variam de acordo com a atividade desenvolvida.

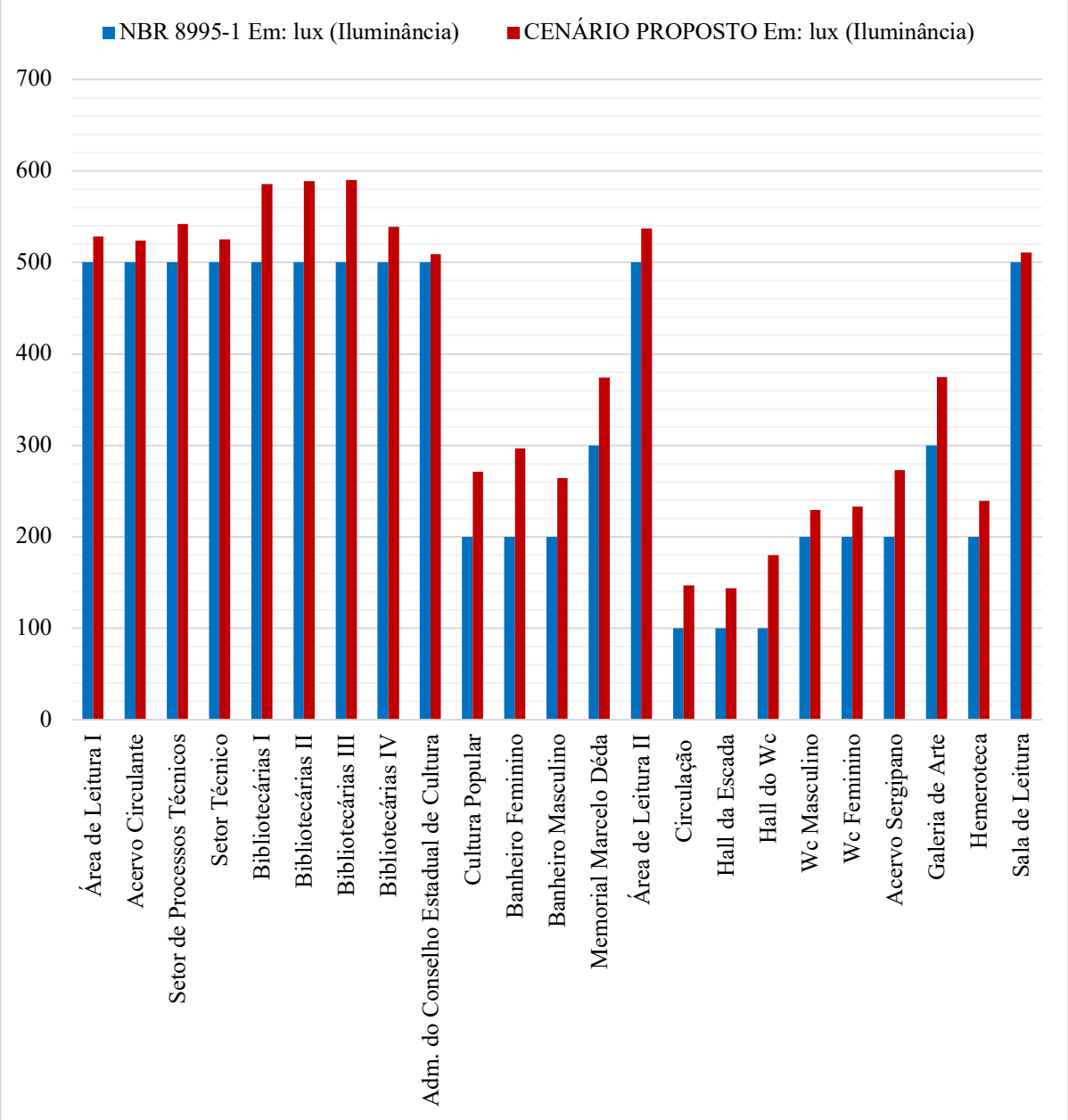
Figura 65– Gráfico de iluminância do segundo pavimento (cenário atual)



Fonte: elaborado pelo autor (2026).

No cenário proposto (Figura 66), observa-se uma alteração significativa dos níveis de iluminância. A Área de Leitura I passa de 36,3 lux para 528 lux, enquanto o Acervo Circulante aumenta de 63,3 lux para 524 lux. O Setor de Processos Técnicos passa de 62,9 lux para 542 lux e o Setor Técnico passa de 105 lux para 525 lux. Nas áreas destinadas às atividades das bibliotecárias, os valores também apresentam aumento, atingindo 586 lux, 589 lux e 590 lux nas salas correspondentes. A Área de Leitura II passa de 51,2 lux para 537 lux.

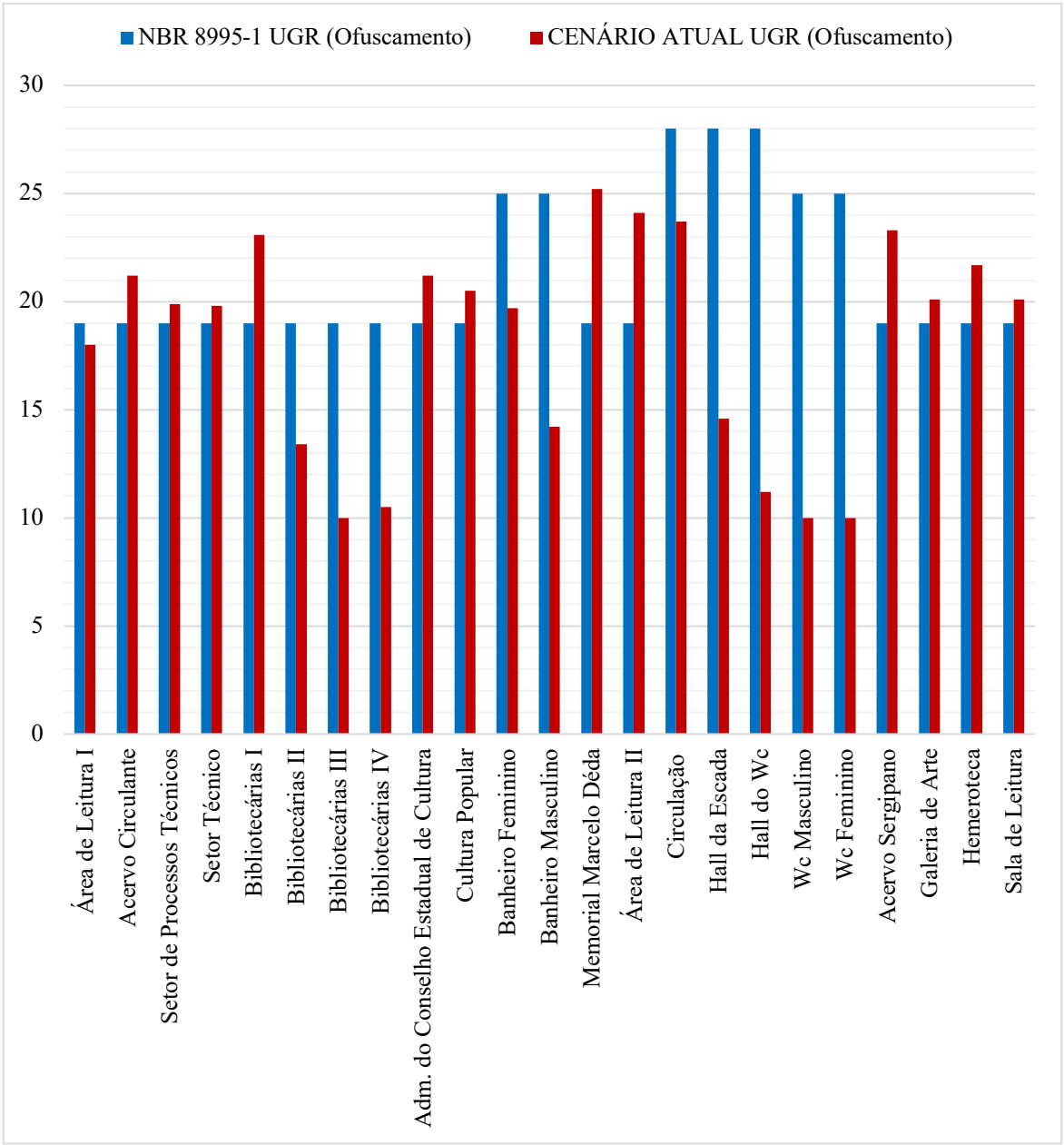
Figura 66– Gráfico de iluminância do segundo pavimento (cenário proposto)



Fonte: elaborado pelo autor (2026).

Em relação ao UGR, também são identificadas situações de não atendimento no cenário atual (Figura 67). Na Área de Leitura II, por exemplo, o valor passa de 24,1 no cenário atual para 18,1 no cenário proposto, considerando-se o limite de 19 indicado para a atividade. No Setor de Processos Técnicos, o UGR é reduzido de 19,9 para 11,5. Esses resultados indicam que a proposta contribui não somente para a elevação dos níveis de iluminância, mas também para a melhoria das condições relacionadas ao ofuscamento.

Figura 67– Gráfico de ofuscamento do segundo pavimento (cenário atual)

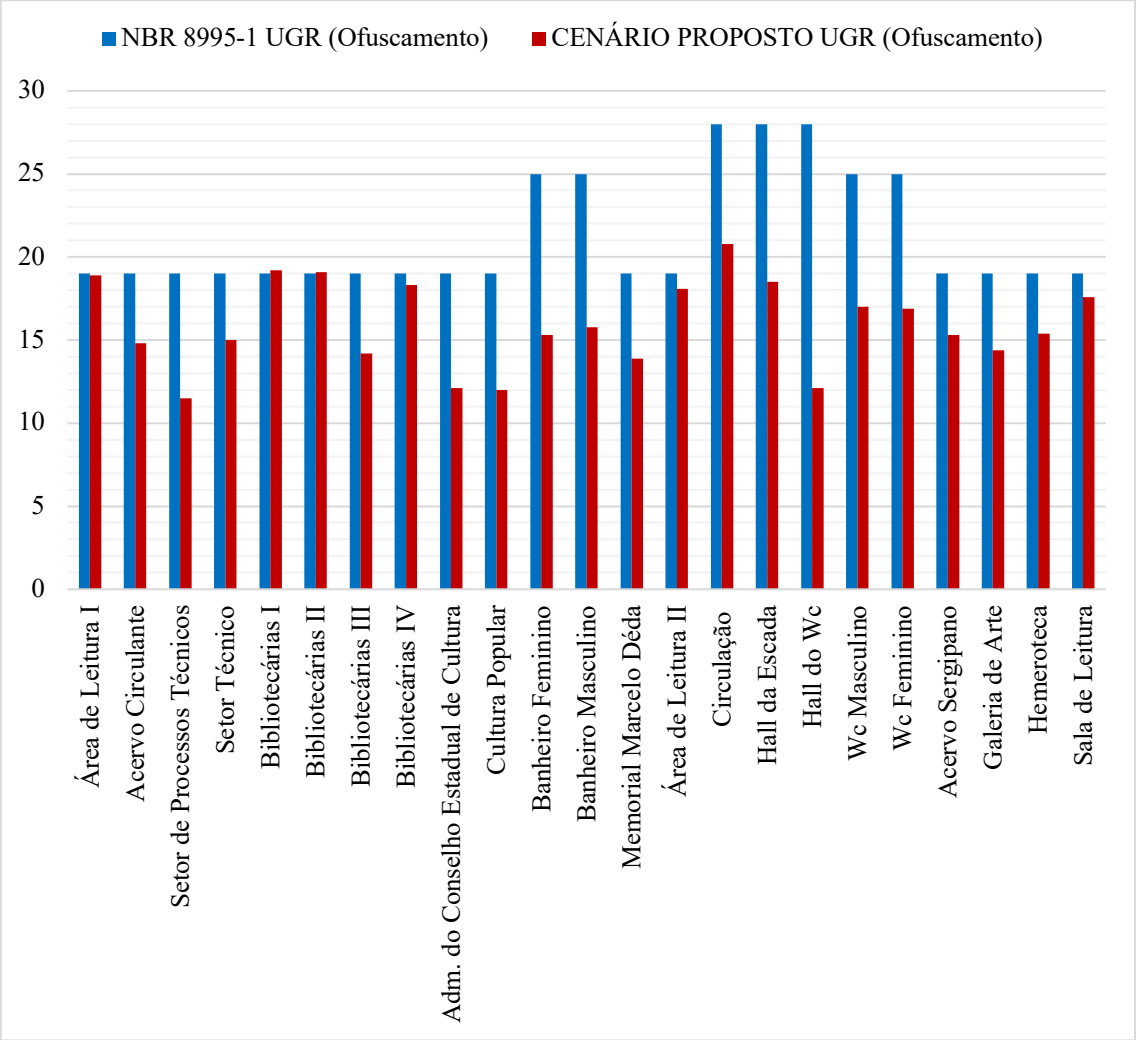


Fonte: elaborado pelo autor (2026).

Os resultados de UGR também apresentam comportamento mais favorável no cenário proposto (Figura 68). A Área de Leitura I passa de 18 para 18,9, enquanto o Acervo Circulante

apresenta redução de 21,2 para 14,8. O Setor de Processos Técnicos passa de 19,9 para 11,5 e o Setor Técnico de 19,8 para 15. A maior parte dos ambientes apresenta valores inferiores aos observados no cenário atual, embora alguns espaços apresentem pequenas variações.

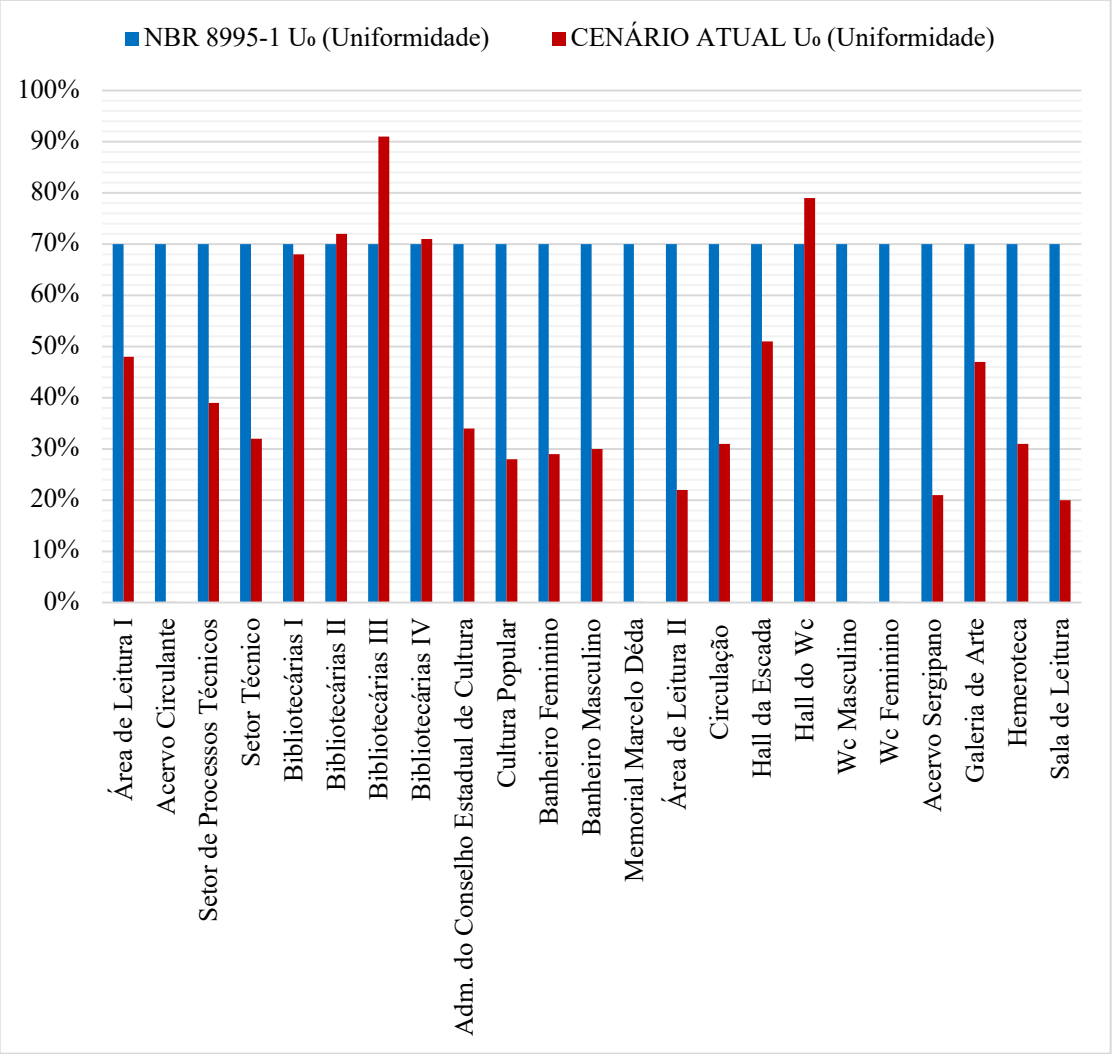
Figura 68– Gráfico de ofuscamento do segundo pavimento (cenário proposto)



Fonte: elaborado pelo autor (2026).

Em relação à uniformidade, os resultados também indicam inadequações em diversos ambientes. A Área de Leitura I apresenta U_0 de 48%, o Acervo Circulante apresenta 0,06%, o Setor de Processos Técnicos 39%, o Setor Técnico 32%, a Administração do Conselho Estadual de Cultura 34%, a Área de Leitura II 22% e a Sala de Leitura 20% (Figura 69). Considerando o valor de referência de 70% apresentado na tabela para essas atividades, verifica-se que esses ambientes não atingem o nível de uniformidade estabelecido.

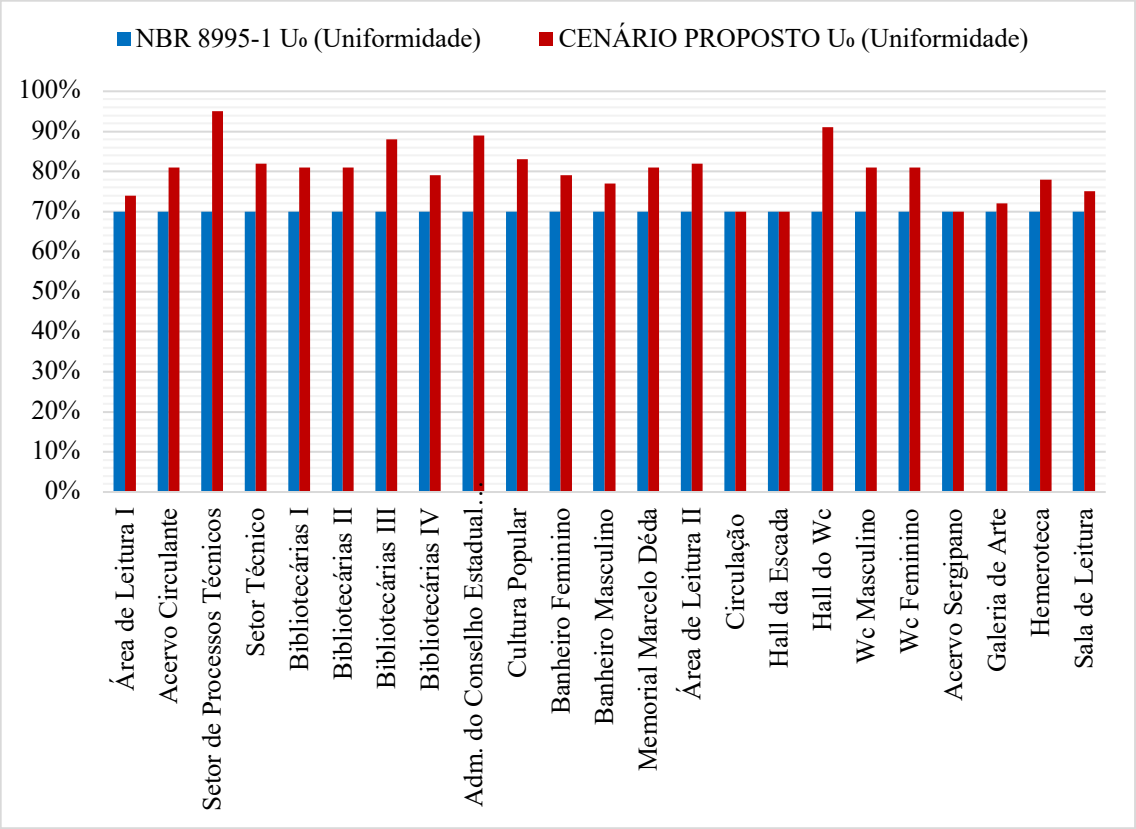
Figura 69– Gráfico de uniformidade do segundo pavimento (cenário atual)



Fonte: elaborado pelo autor (2026).

A uniformidade também apresenta melhora significativa. Na Área de Leitura I, o índice passa de 48% para 74%; no Setor de Processos Técnicos, de 39% para 95%; no Setor Técnico, de 32% para 82%; na Administração do Conselho Estadual de Cultura, de 34% para 89%; na Área de Leitura II, de 22% para 82%; e na Sala de Leitura, de 20% para 75%. Dessa forma, os resultados do cenário proposto (Figura 70) demonstram uma distribuição mais homogênea da iluminação nos ambientes analisados.

Figura 70– Gráfico de uniformidade do segundo pavimento (cenário proposto)



Fonte: elaborado pelo autor (2026).

No cenário proposto, o segundo pavimento alcançou a maior iluminância média entre os três pavimentos e conformidade plena de uniformidade, o que evidencia que o projeto luminotécnico priorizou corretamente os ambientes de maior demanda visual da biblioteca. Ao comparar os resultados com os valores de referência estabelecidos no item 26 da ABNT NBR ISO/CIE 8995-1 para bibliotecas, observa-se que vários ambientes do segundo pavimento apresentavam valores de UGR superiores ao limite de 19. No cenário atual, a Área de Leitura II registrou UGR de 24,1, o Setor de Processos Técnicos 19,9, o Acervo Circulante 21,2 e o Setor Técnico 19,8. Com a proposta de adequação, esses valores foram reduzidos para 18,1, 11,5, 14,8 e 15, respectivamente, passando a atender ao critério normativo. Na Área de Leitura I, ocorreu comportamento diferente, com aumento de 18 para 18,9. Apesar disso, o ambiente permaneceu dentro do limite estabelecido, mostrando que o aumento dos níveis de iluminância pode alterar também as condições de ofuscamento, aspecto que precisa ser considerado no dimensionamento do sistema de iluminação.

Em relação à iluminância, a norma estabelece 500 lux para áreas de leitura e para os espaços destinados às atividades das bibliotecárias. No cenário atual, os valores encontrados estavam muito abaixo desse parâmetro. A Área de Leitura I apresentava 36,3 lux, o Acervo Circulante 63,3 lux e o Setor de Processos Técnicos 62,9 lux. No cenário proposto, esses valores passaram para 528, 524 e 542 lux, respectivamente, atendendo ao nível de iluminância previsto para as atividades desenvolvidas nesses ambientes. Os resultados mostram que a redistribuição e a substituição das luminárias foram suficientes para corrigir o déficit identificado nesses espaços, mantendo os valores próximos ao mínimo estabelecido pela norma.

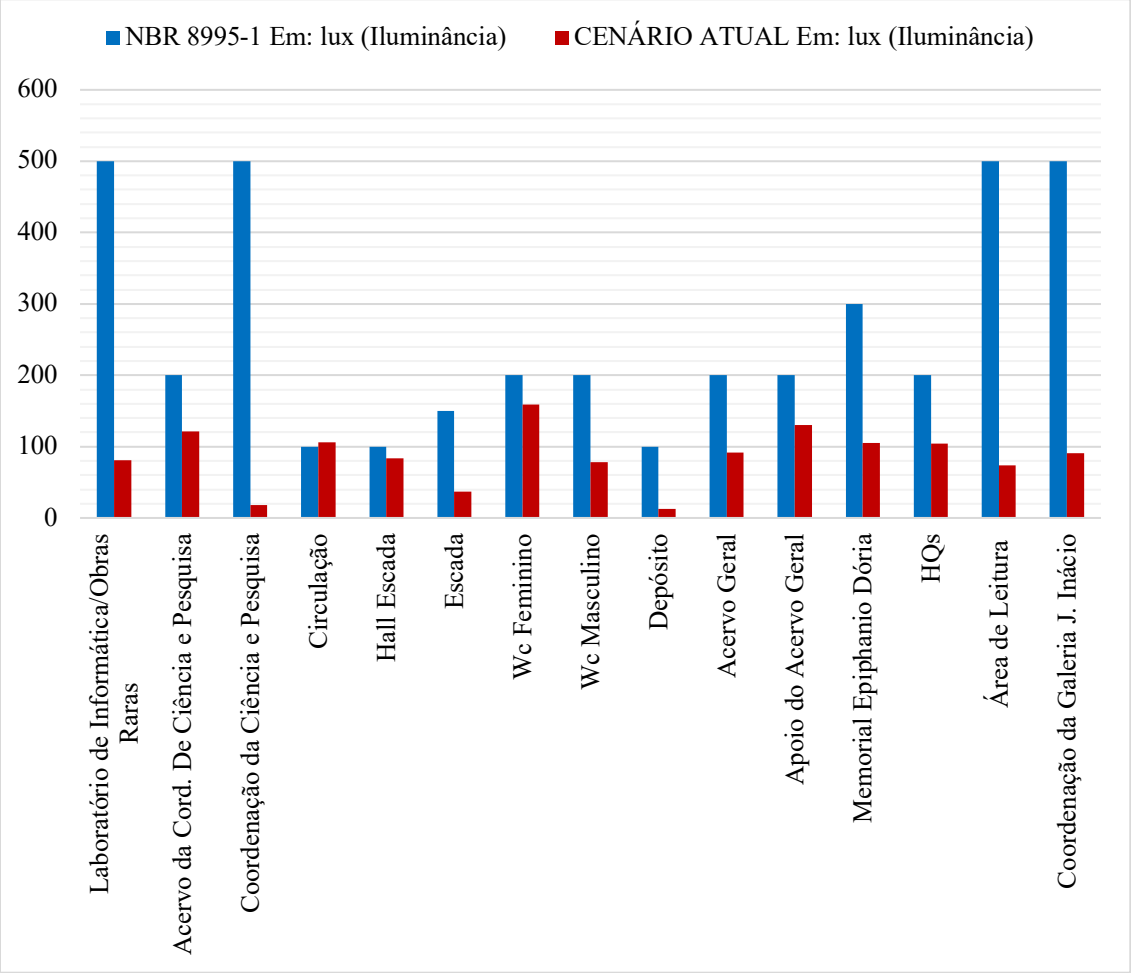
Quanto à uniformidade, os resultados do cenário atual também indicaram inadequações. A Área de Leitura I apresentou U_0 de 0,48, o Setor de Processos Técnicos 0,39, o Setor Técnico 0,32, a Administração do Conselho Estadual de Cultura 0,34, a Área de Leitura II 0,22 e a Sala de Leitura 0,20, todos inferiores ao valor de referência de 0,70 adotado na análise. No cenário proposto, os seis ambientes passaram a apresentar valores entre 0,74 e 0,95. Além do aumento da iluminância, portanto, a proposta contribuiu para uma distribuição mais uniforme da luz nesses espaços.

Entretanto, esse pavimento foi o único a manter não conformidades mesmo após a proposta, restritas às salas de Bibliotecárias I e II. Criticamente, esse resultado não deve ser lido como uma falha do projeto, mas como evidência de um limite técnico real: em ambientes de área muito reduzida, inferiores a 5 m², o aumento da iluminância necessário para atender à norma eleva proporcionalmente o risco de ofuscamento, dada a proximidade entre o usuário e as luminárias. Esse achado é relevante para a dissertação por demonstrar que nem toda não conformidade remanescente decorre de deficiência de projeto, podendo refletir, em vez disso, uma condicionante física intrínseca ao ambiente.

Terceiro pavimento

No terceiro pavimento, o cenário atual (Figura 71) também apresenta níveis de iluminância inferiores aos valores de referência em diversos ambientes. A Coordenação da Ciência e Pesquisa apresenta 18,2 lux, o Laboratório de Informática e Obras Raras apresenta 80,9 lux e a Área de Leitura apresenta 74,1 lux. Também foram identificados valores reduzidos no Depósito, com 13 lux, na Escada, com 36,8 lux, e no Acervo Geral, com 91,5 lux.

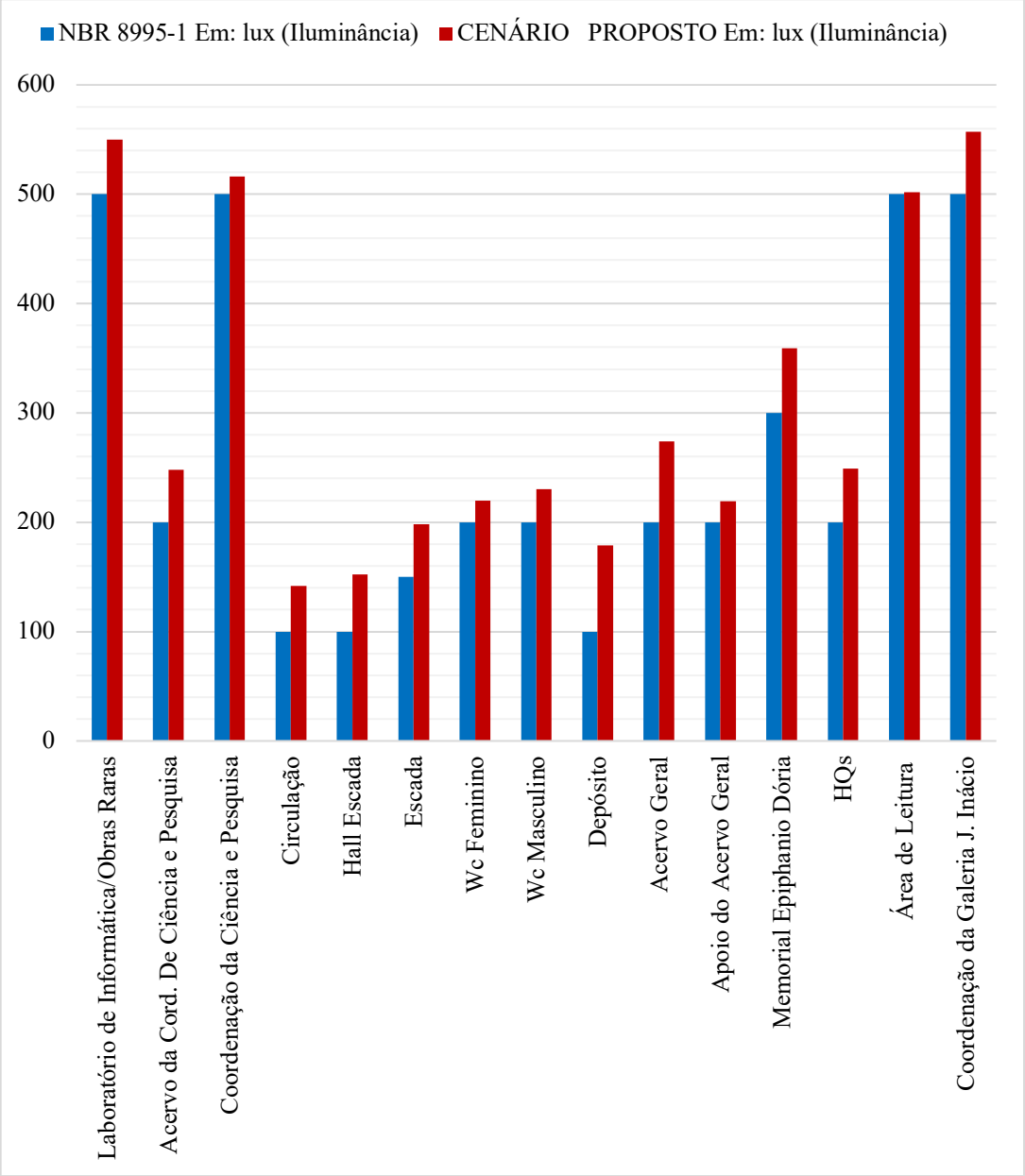
Figura 71– Gráfico de iluminância do terceiro pavimento (cenário atual)



Fonte: elaborado pelo autor (2026).

No cenário proposto (Figura 72), observa-se aumento dos níveis de iluminância em todos os ambientes apresentados nos gráficos. O Laboratório de Informática e Obras Raras passa de 80,9 lux para 550 lux, enquanto a Coordenação da Ciência e Pesquisa aumenta de 18,2 lux para 516 lux. A Área de Leitura passa de 74,1 lux para 502 lux e a Coordenação da Galeria J. Inácio passa de 91,1 lux para 557 lux. Também são observados aumentos nos ambientes de circulação e apoio, como a Escada, que passa de 36,8 lux para 198 lux, e o Depósito, que passa de 13 lux para 179 lux.

Figura 72– Gráfico de iluminância do terceiro pavimento (cenário proposto)

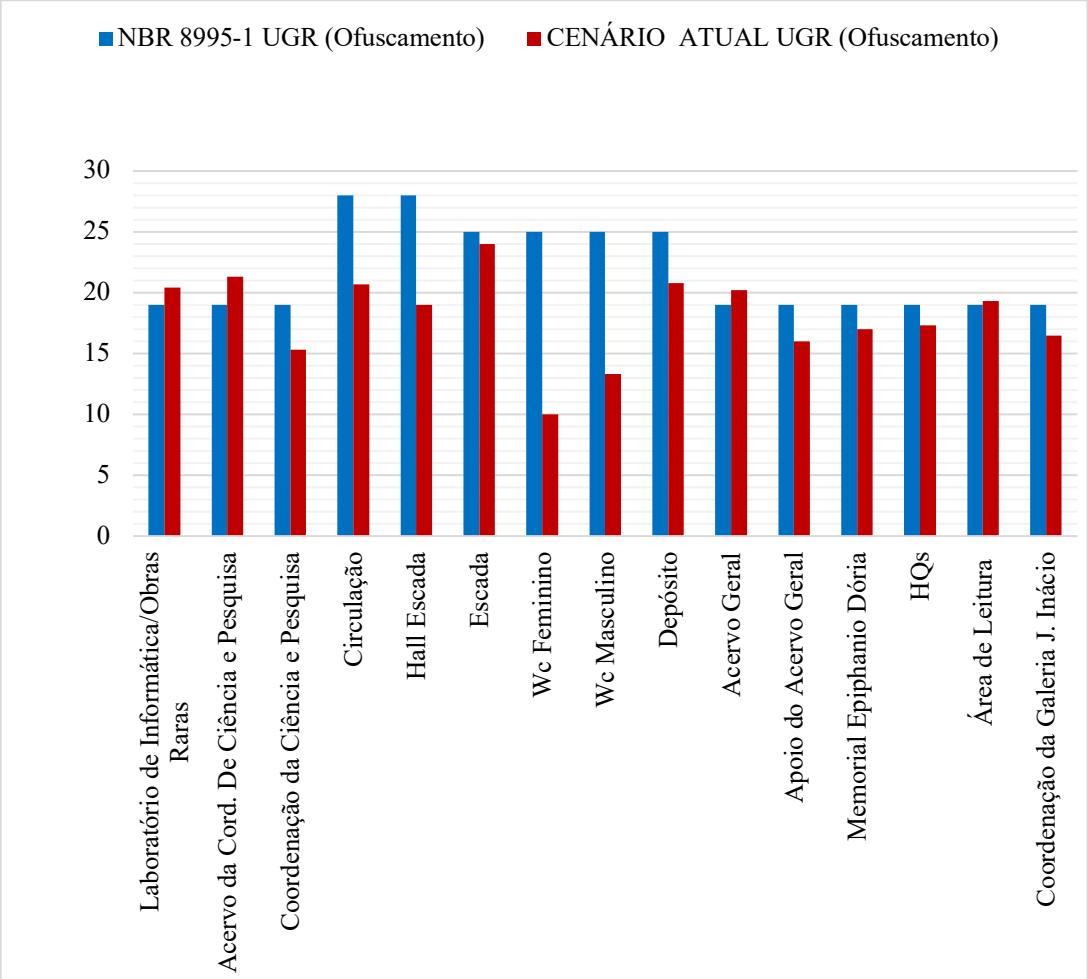


Fonte: elaborado pelo autor (2026).

Quanto ao índice de ofuscamento unificado (UGR), os resultados do cenário atual (Figura 73) demonstram que a maioria dos ambientes apresenta valores dentro dos limites indicados para suas respectivas atividades. Entretanto, alguns ambientes apresentam valores superiores aos critérios estabelecidos. No Laboratório de Informática/Obras Raras, o UGR foi de 20,4, enquanto o limite indicado é 19. O Acervo da Coordenação de Ciência e Pesquisa apresentou UGR de 21,3, também superior ao limite de 19. No Acervo Geral, o valor foi de 20,2, acima do limite de 19.

Na Área de Leitura, o UGR obtido foi de 19,3, ligeiramente superior ao limite de 19. Já na Coordenação da Galeria J. Inácio, o valor foi de 16,5, permanecendo dentro do limite estabelecido. Nos ambientes com requisitos de UGR mais elevados, como circulação, escada e sanitários, os valores encontrados permaneceram dentro dos limites indicados. A Circulação apresentou 20,7 frente ao limite de 28; a Escada, 24 frente a 25; o WC Feminino, 10 frente a 25; e o WC Masculino, 13,3 frente a 25. Assim, diferentemente da iluminância e da uniformidade, o ofuscamento não constitui uma inadequação generalizada no cenário atual, concentrando-se principalmente em alguns ambientes com atividades que possuem limite de UGR igual a 19.

Figura 73– Gráfico de ofuscamento do terceiro pavimento (cenário atual)

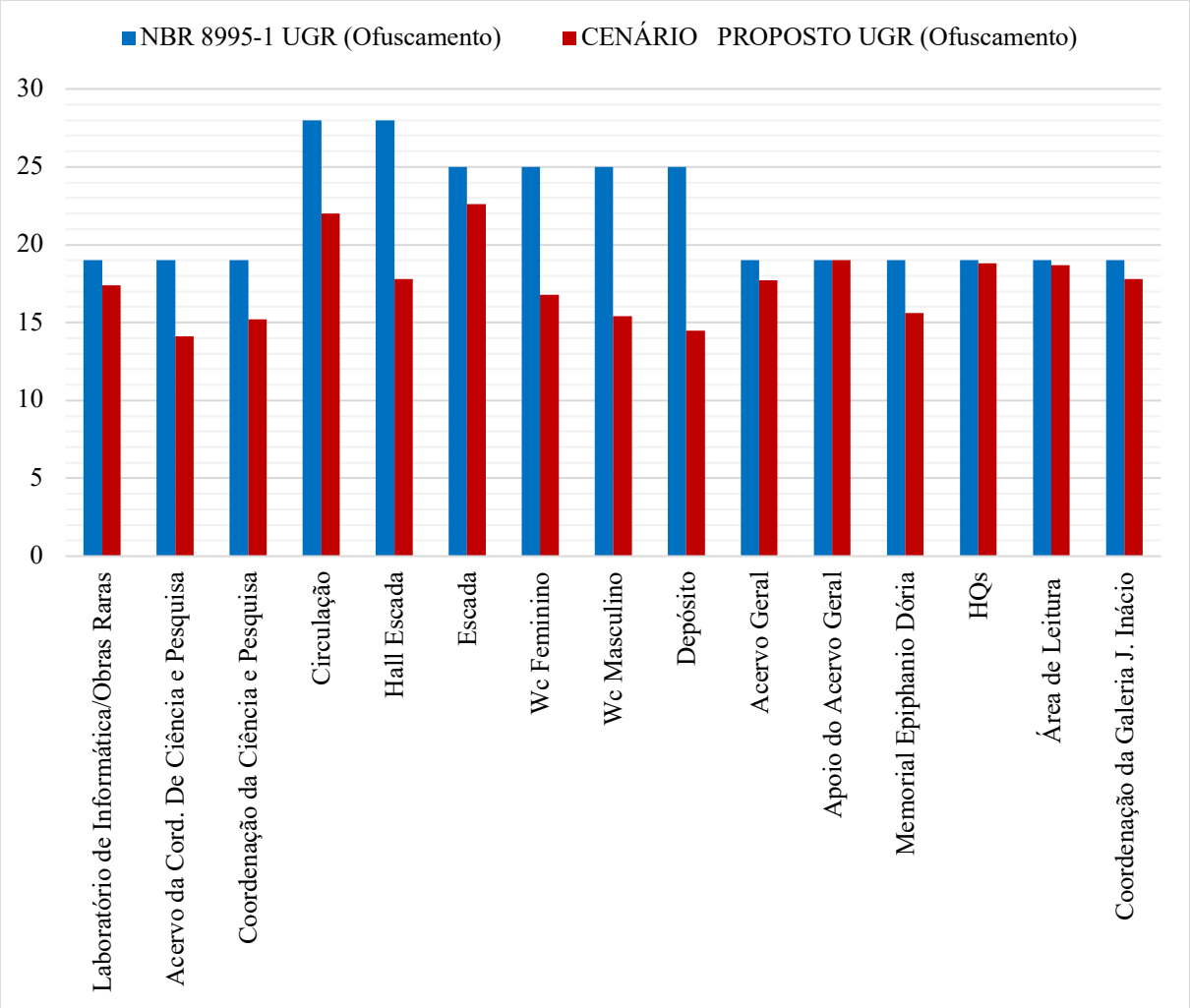


Fonte: elaborado pelo autor (2026).

Para o UGR, os resultados do cenário proposto (Figura 74) indicam redução em diversos ambientes. O Laboratório de Informática e Obras Raras passa de 20,4 para 17,4, enquanto o Acervo da Coordenação de Ciência e Pesquisa passa de 21,3 para 14,1. A Coordenação da Ciência e Pesquisa passa de 15,3 para 15,2. Em alguns ambientes, entretanto, os valores

apresentam aumento, como na Circulação, que passa de 20,7 para 22. Na Escada, o valor passa de 24 para 22,6. Apesar dessas variações, os resultados do cenário proposto permanecem, em sua maioria, em níveis mais baixos do que os observados no cenário atual.

Figura 74– Gráfico de ofuscamento do terceiro pavimento (cenário proposto)



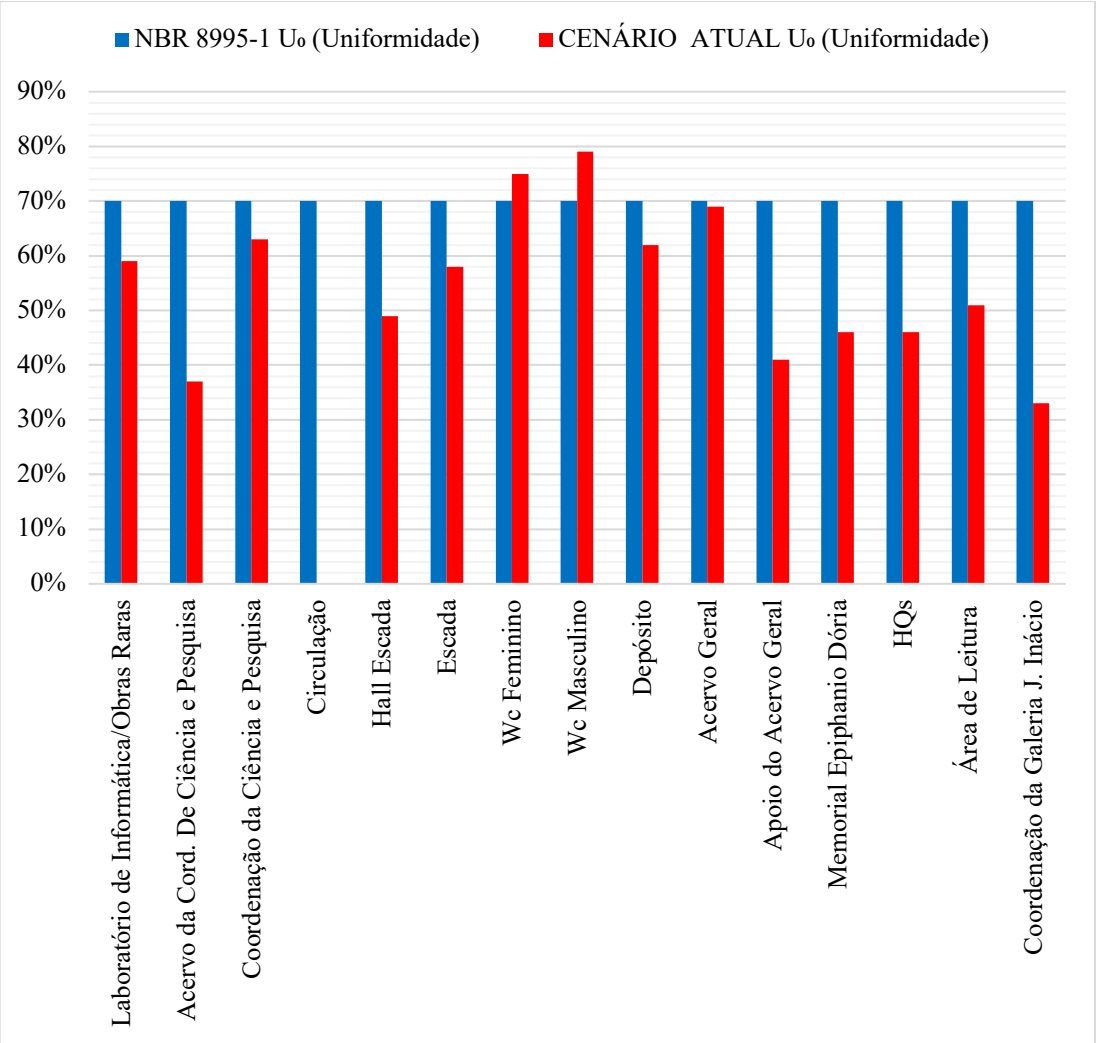
Fonte: elaborado pelo autor (2026).

Em relação à uniformidade da iluminância (U_0), o cenário atual (Figura 75) apresenta resultados inferiores ao valor de referência de 70% em grande parte dos ambientes. Os menores valores são observados na Coordenação da Galeria J. Inácio, com 33%; no Acervo da Coordenação de Ciência e Pesquisa, com 37%; no Apoio do Acervo Geral, com 41%; e no Memorial Epiphânio Dória e em HQs, ambos com 46%. A Área de Leitura apresenta uniformidade de apenas 51%, enquanto a Escada apresenta 58%, o Laboratório de Informática/Obras Raras 59% e a Coordenação da Ciência e Pesquisa 63%.

O Acervo Geral apresenta 69%, ficando próximo do valor de referência, mas ainda abaixo dos 70%. Nos demais ambientes, alguns valores atendem ao critério apresentado. O WC

Feminino apresenta 75%, o WC Masculino 79%, enquanto o Hall do WC não está presente no terceiro pavimento. Um caso particularmente crítico é a Circulação, que apresenta uniformidade de 0%, indicando uma distribuição extremamente desigual da iluminância no ambiente.

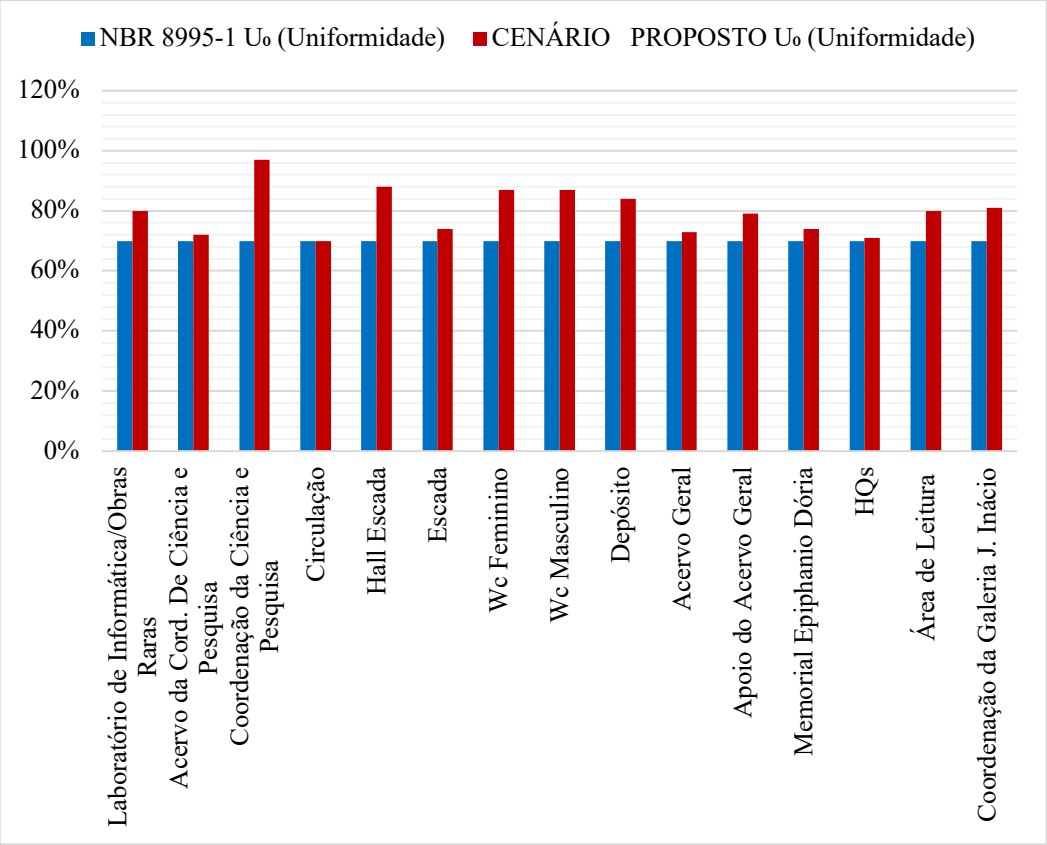
Figura 75– Gráfico de uniformidade do terceiro pavimento (cenário atual)



Fonte: elaborado pelo autor (2026).

A uniformidade apresenta melhora em praticamente todos os ambientes do terceiro pavimento no cenário proposto (Figura 76). O Laboratório de Informática e Obras Raras passa de 0,59 para 0,80, a Coordenação da Ciência e Pesquisa de 0,63 para 0,97 e a Área de Leitura de 0,51 para 0,80. Também são observados aumentos no Hall da Escada, de 0,49 para 0,88, no WC Feminino, de 0,75 para 0,87, e no WC Masculino, de 0,79 para 0,87. A Circulação apresenta aumento de 0 para 0,70.

Figura 76– Gráfico de uniformidade do terceiro pavimento (cenário proposto)



Fonte: elaborado pelo autor (2026).

De maneira geral, os resultados do terceiro pavimento demonstram que a proposta apresenta ganhos importantes na distribuição da iluminação, principalmente em relação à iluminância média e à uniformidade. A alteração do sistema proposto contribui para aproximar os níveis de iluminância dos valores necessários às atividades desenvolvidas nos ambientes e proporciona uma distribuição mais uniforme da luz.

No cenário proposto, o novo projeto luminotécnico e a substituição das luminárias promoveram uma reversão quase completa desse quadro, elevando a conformidade simultânea aos três critérios de apenas 3 para 66 dos 68 ambientes da edificação. Os pavimentos térreo e terceiro alcançaram conformidade plena em todos os seus ambientes, enquanto o segundo pavimento, apesar da melhoria substancial em iluminância e uniformidade, manteve duas não conformidades pontuais relacionadas ao ofuscamento, nas salas de Bibliotecárias I e II. Esse resultado demonstra que, mesmo diante das limitações impostas pela estrutura de concreto armado preexistente, o projeto luminotécnico proposto foi capaz de equilibrar de forma consistente os três parâmetros avaliados pela NBR ISO/CIE 8995-1 na quase totalidade dos ambientes da biblioteca, restando apenas exceções pontuais associadas a ambientes de área

reduzida, cuja geometria compacta limita simultaneamente a distribuição da luz e o controle do ofuscamento.

No terceiro pavimento, as não conformidades relacionadas ao ofuscamento estavam distribuídas entre diferentes tipos de ambiente. Considerando o limite de UGR igual a 19 para espaços de leitura e processamento técnico, o Laboratório de Informática e Obras Raras apresentou UGR de 20,4, o Acervo da Coordenação de Ciência e Pesquisa 21,3, o Acervo Geral 20,2 e a Área de Leitura 19,3, todos acima do valor de referência. Por outro lado, a Circulação, com UGR de 20,7, e a Escada, com 24, permaneceram dentro dos limites de 28 e 25 estabelecidos para essas atividades. Assim, o ofuscamento não se apresentou como uma inadequação generalizada nas áreas de circulação, concentrando-se principalmente nos ambientes de leitura e acervo. Com a proposta, houve redução do UGR na maior parte dos espaços analisados. Na Circulação, entretanto, o valor passou de 20,7 para 22, enquanto, na Escada, foi reduzido de 24 para 22,6. Apesar dessas variações, ambos permaneceram dentro dos respectivos limites normativos.

Quanto à uniformidade, o terceiro pavimento apresentou uma das situações mais desfavoráveis no diagnóstico inicial. A Coordenação da Galeria J. Inácio registrou 0,33, o Acervo da Coordenação de Ciência e Pesquisa 0,37, o Apoio do Acervo Geral 0,41, o Memorial Epiphânio Dória e HQs 0,46, a Área de Leitura 0,51, a Escada 0,58, o Laboratório de Informática e Obras Raras 0,59 e a Coordenação da Ciência e Pesquisa 0,63. O Acervo Geral, com 0,69, também permaneceu ligeiramente abaixo do valor de referência de 0,70. O caso mais crítico foi o da Circulação, que apresentou uniformidade igual a 0. No cenário proposto, observou-se melhora desse parâmetro nos ambientes avaliados, destacando-se a Circulação, que passou de 0 para 0,70. Os resultados indicam que a redistribuição das luminárias contribuiu de forma significativa para tornar a iluminação mais uniforme no pavimento.

5.3. Discussão

Os resultados obtidos permitem discutir o desempenho do sistema de iluminação da BPED a partir de dois aspectos principais: o consumo de energia e o conforto luminoso. A comparação entre os cenários atual e proposto mostra que a redução do consumo não deve ser analisada de forma isolada, principalmente quando o sistema existente apresenta níveis de iluminação insuficientes. Dessa forma, a discussão considera a relação entre potência instalada, densidade de potência, desempenho luminotécnico e classificação energética, buscando

compreender os efeitos das alterações propostas e os limites observados na aplicação da INI-C aos diferentes ambientes da biblioteca.

5.3.1 Potência instalada e desempenho energético

Dentre os resultados apresentados na seção anterior, a relação entre a potência instalada nos cenários atual e proposto é um dos pontos que merecem uma discussão mais aprofundada. Enquanto o cenário atual da BPED totaliza 8.166 W de potência instalada de iluminação (DPI médio de 2,33 W/m²), o cenário proposto, responsável pela elevação generalizada da iluminância e pela conformidade de 97,1% dos ambientes com a NBR ISO/CIE 8995-1, eleva essa potência para 12.561 W (DPI médio de 3,96 W/m²), um acréscimo de 70,0% em relação à condição atualmente instalada.

À primeira vista, esse resultado pode parecer contraditório com a classificação de eficiência energética obtida pela aplicação da INI-C. Entretanto, a metodologia não compara o cenário proposto diretamente com o sistema atualmente instalado na BPED, mas com uma condição de referência estabelecida a partir dos limites de densidade de potência definidos para as diferentes atividades (DPI-A) ou para a área da edificação (DPI-D). Nesse sentido, a baixa potência instalada no cenário atual não representa, por si só, uma condição de maior eficiência, uma vez que esse cenário apresentou apenas 4,4% de conformidade com os requisitos de desempenho luminoso avaliados. O cenário proposto, embora apresente maior potência instalada, permanece abaixo da condição de referência considerada pela INI-C para a classificação do sistema de iluminação.

Essa constatação é consistente com a definição de eficiência energética adotada por Cunha (2011), para quem um edifício eficiente é aquele que proporciona condições de conforto ao usuário com menor consumo de energia relativamente a um parâmetro de comparação e não, necessariamente, aquele que apresenta o menor consumo em termos absolutos. Nesse sentido, os resultados da BPED reforçam a importância de analisar conjuntamente o desempenho energético e as condições de iluminação proporcionadas aos usuários, evitando que o baixo consumo decorrente de um sistema subdimensionado seja interpretado como eficiência energética.

5.3.2 Densidade de potência e os limites do INI-C por ambiente

Tabela 7 – Ambientes do cenário proposto com DPI acima dos limites de referência do INI-C

Ambiente	DPI proposto (W/m²)	Limite DPI-A (W/m²)	Limite DPI-D (W/m²)
Acervo Infantil	38,50	12,90	29,44
Auditório	34,58	11,50	13,60
Sala de Espera do Conselho Est. da Educação	16,41	7,55	9,60
Sala do Conselho da BPED	19,52	10,00	19,04
Refeitório	16,94	6,80	18,40
Assessoria da Legislação e Técnica	18,56	10,00	19,04
Sala do Conselho	17,14	10,00	19,04

Fonte: elaborado pelo autor (2026), a partir da aplicação do Método das Atividades e do Método da Área do Edifício da INI-C.

Embora os resultados globais indiquem um desempenho energético favorável do cenário proposto, a análise individual dos ambientes evidencia diferenças importantes quanto à densidade de potência instalada. Pelo Método da Área do Edifício (DPI-D), o limite de referência é atendido em 94,1% dos ambientes (64 de 68), enquanto, pelo Método das Atividades (DPI-A), mais restritivo, esse percentual corresponde a 75,0% (51 de 68). Os desvios mais expressivos concentram-se no Acervo Infantil (DPI de 38,50 W/m² frente ao limite de 12,90 W/m² pelo DPI-A, e de 29,44 W/m² pelo DPI-D) e no Auditório (34,58 W/m² frente a 11,50 W/m² e 13,60 W/m², respectivamente), ambos de grande área e de uso concentrado de público, nos quais a busca por elevados níveis de iluminância e de uniformidade parece ter sido priorizada em detrimento da densidade de potência.

Esses resultados indicam que as oportunidades de melhoria se concentram em ambientes específicos, não sendo necessária uma revisão generalizada do sistema proposto. Nesses casos, o dimensionamento luminotécnico pode ser revisto buscando conciliar o atendimento aos requisitos de iluminância e uniformidade com menores densidades de potência instalada. Entre as possibilidades está a utilização de luminárias com maior eficácia luminosa (lm/W), estratégia também discutida por Santos *et al.* (2021) ao abordar a substituição de fontes fluorescentes por tecnologia LED.

5.3.3 Síntese crítica

Os resultados mostram que a avaliação do sistema de iluminação da BPED apresenta respostas distintas quando considerada apenas a eficiência energética ou quando são incorporadas as condições de desempenho luminoso. O sistema atual possui menor potência instalada e menor consumo estimado, mas apresenta deficiências importantes de iluminância e uniformidade em grande parte dos ambientes. A proposta corrige a maior parte dessas

inadequações, embora exija maior potência instalada e ainda apresente situações pontuais que podem ser aperfeiçoadas.

Essa relação reforça a necessidade de analisar conjuntamente os parâmetros energéticos e luminotécnicos. No caso da BPED, a melhoria do sistema depende não apenas da substituição das fontes luminosas, mas também da adequação de sua distribuição, da setorização dos circuitos e do aproveitamento da iluminação natural. Dessa forma, a eficiência não deve ser interpretada exclusivamente a partir da redução do consumo, mas considerando também as condições de iluminação proporcionadas aos usuários. Esse resultado confirma, no objeto específico desta pesquisa, o padrão já identificado por Amorim et al. (2020) e por Paiva e Rodrigues (2025), de que a reabilitação energética de edificações existentes depende não apenas de melhorias pontuais nos sistemas, mas de uma revisão coordenada entre tecnologia, controle e uso do edifício.

Adicionalmente, a constatação de que o cenário proposto opera com potência instalada 70,0% superior à do cenário atual, ainda que classificado como eficiente frente à condição de referência normativa, reforça o argumento de Monteiro *et al.* (2024) de que a avaliação de sistemas de iluminação em edifícios existentes não deve se apoiar exclusivamente em indicadores agregados de consumo ou de redução percentual, sendo necessário examinar também o desempenho luminoso efetivamente entregue aos usuários e a adequação da densidade de potência às diferentes tipologias de ambientes. Em conjunto, os resultados desta pesquisa indicam que a BPED, apesar da reforma realizada em 2019, mantém um sistema de iluminação tecnicamente defasado relativamente aos parâmetros normativos vigentes, e que sua modernização, tecnicamente viável, como demonstrado pelo cenário proposto, depende da associação entre a renovação das fontes luminosas, a correção da distribuição espacial das luminárias e a implementação de estratégias de controle e de integração com a luz natural atualmente inexistentes na edificação.

6. CONCLUSÃO

O presente estudo avaliou a eficiência energética do sistema de iluminação da Biblioteca Pública Epiphânio Dória, localizada em Aracaju, Sergipe, e propôs um cenário de melhoria do desempenho energético e luminoso, considerando as particularidades históricas e arquitetônicas da edificação. A pesquisa baseou-se no Método Simplificado da INI-C para a classificação do sistema de iluminação e na ABNT NBR ISO/CIE 8995-1 para a avaliação do desempenho luminoso, com o auxílio de simulações realizadas no DIALux evo. Dessa forma, foram atendidos os objetivos estabelecidos para esta dissertação.

No cenário atual, verificou-se uma redução de 86,7% do consumo em relação à referência normativa. Entretanto, esse resultado está associado ao subdimensionamento do sistema, uma vez que apenas 4,4% dos ambientes atenderam aos critérios luminotécnicos avaliados. Além disso, a ausência de controle local e de setorização não permite o atendimento aos critérios de elegibilidade da INI-C, resultando na classificação Classe B. No cenário proposto, a redução em relação à referência foi de 79,4%, com atendimento aos critérios de elegibilidade e classificação Classe A. Ao mesmo tempo, a conformidade luminotécnica alcançou 97,1% dos ambientes avaliados.

A análise da densidade de potência mostrou, porém, que a melhoria das condições de iluminação exigiu aumento da potência instalada em relação ao cenário atual. Alguns ambientes, entre eles o Acervo Infantil e a Assessoria da Legislação e Técnica, apresentaram valores superiores aos limites estabelecidos pelo Método das Atividades da INI-C. Embora essa condição não tenha impedido a classificação Classe A do sistema de iluminação, os resultados mostram que ainda existem possibilidades de ajustes pontuais no dimensionamento desses espaços, em busca de um melhor equilíbrio entre o desempenho energético e as condições de iluminação.

A partir desses resultados, entende-se que a eficiência energética do sistema de iluminação da BPED não pode ser analisada apenas pela redução do consumo ou pela classificação obtida segundo a INI-C. O cenário atual apresenta baixo consumo, mas condições insuficientes de iluminação na maior parte dos ambientes. Por outro lado, o cenário proposto melhora significativamente o desempenho luminoso, embora exija maior potência instalada e ainda apresente pontos que podem ser aperfeiçoados. Assim, a solução mais adequada não é necessariamente aquela que apresenta o menor consumo, mas a que consegue conciliar eficiência energética, qualidade da iluminação e as condições existentes na edificação.

Considerando também o valor histórico e arquitetônico da BPED, a alteração dos materiais e acabamentos existentes não foi adotada como estratégia de intervenção, mesmo reconhecendo que o aumento da refletância de determinadas superfícies poderia favorecer a distribuição da luz. Essa decisão buscou preservar principalmente o concreto aparente presente em paredes, pilares e tetos, elemento marcante da linguagem brutalista da edificação. Por esse motivo, as melhorias concentraram-se na readequação do sistema de iluminação artificial e em seus mecanismos de controle.

Do ponto de vista acadêmico, o trabalho contribui para a discussão sobre eficiência energética em edificações de valor histórico e arquitetônico, nas quais as possibilidades de intervenção estão condicionadas à preservação das características existentes. O estudo da BPED mostra que a melhoria do desempenho energético e luminoso precisa ser compatibilizada com esses condicionantes, exigindo soluções adequadas às particularidades de cada edifício. A pesquisa também fornece subsídios técnicos para futuras intervenções na biblioteca e para estudos desenvolvidos em edificações com características semelhantes.

Entre as limitações identificadas, destaca-se a análise dos brises existentes nas fachadas. Embora esses elementos tenham sido estudados quanto ao controle da incidência solar e ao sombreamento por meio de máscaras de sombra, não foi realizada uma avaliação fotométrica integrada aos ambientes internos. Dessa forma, não foram aprofundados os efeitos de sua geometria sobre a distribuição e o aproveitamento da luz natural.

Outra limitação refere-se à adoção de um horário uniforme de funcionamento, de 10 horas diárias e 260 dias por ano, para a estimativa do consumo de energia da iluminação. Esse parâmetro não considera as diferenças de uso e ocupação entre os ambientes da BPED, que podem influenciar os resultados. Pesquisas futuras poderão incorporar os horários reais de funcionamento de cada espaço para aumentar a precisão dessa estimativa. A implementação do cenário proposto também envolve custos relacionados à substituição dos equipamentos de iluminação e à implantação dos sistemas de controle, aspecto que não foi contemplado no escopo desta pesquisa. Estudos posteriores poderão considerar esse fator para verificar a viabilidade econômica das intervenções propostas.

Como continuidade do trabalho, recomenda-se integrar a análise geométrica dos brises às simulações fotométricas, permitindo avaliar sua influência sobre a distribuição e o aproveitamento da luz natural nos ambientes internos. Também poderá ser analisada a

disposição do mobiliário, especialmente em locais como o Acervo Circulante, onde a posição das estantes pode funcionar como barreira à propagação da luz proveniente das aberturas. Diferentes configurações de layout podem contribuir para melhorar essa distribuição sem comprometer a funcionalidade dos espaços. Além dessas questões, as restrições impostas pela estrutura em concreto armado à distribuição de novas luminárias no cenário proposto, a inexistência dos dados fotométricos e do projeto luminotécnico original, e a ausência de medições luminotécnicas in loco para comparação com as simulações constituem limitações adicionais.

REFERÊNCIAS

ABESCO. *Eficiência energética e sustentabilidade em edificações públicas*. São Paulo, 2023.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR ISO/CIE 8995: Iluminação de ambientes de trabalho - Parte 1*: interior. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ABREU, C. G. S. Eficiência energética em edificações: o caso dos prédios públicos existentes. In: ENEGEP – ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2015, Fortaleza. *Anais* [...]. Fortaleza: ENEP, 2015.

ALMEIDA, Taísa Caetano Sousa Melo de et al. Eficiência energética em universidades federais brasileiras: as principais práticas adotadas. *Revista Boletim do Gerenciamento*, [s. l.], v. 1, n. 46, p. 105-118, maio 2025.

ALVES, L. S. *Qualidade ambiental e eficiência na arquitetura: estabelecendo um panorama da sustentabilidade em edifícios comerciais, públicos e de escritórios em Brasília com base no LEED, no AQUA-HQE e na Etiqueta PBE Edifica*. Brasília: Centro Universitário de Brasília (UniCEUB), 2019. Relatório final de pesquisa de iniciação científica.

AMORIM, Cláudia Naves David; SÁNCHEZ, José Manoel Morales; CRONEMBERGER, Joára; COSTA, João Francisco Walter. Retrofit e preservação de edifícios não residenciais modernos em Brasília: uma abordagem para eficiência energética e iluminação natural. In: SOUSA, Bianca Anacleto Araújo de *et al.* (org.). *A construção civil em uma perspectivas econômica, ambiental e social*. Guarujá, SP: Editora Científica Digital, 2021. p. 339-357. DOI: 10.37885/210303862.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). *Programa de Eficiência Energética (PEE). Brasília, DF: ANEEL*, [s.d.]. Disponível em: https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/programa-de-eficiencia-energetica. Acesso em: 18 set. 2026.

ARAUJO, Gael et al. Novos campi universitários de instituições públicas: análise de uma biblioteca à luz da Ergonomia do Ambiente Construído. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE ERGONOMIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8.; SEMINÁRIO BRASILEIRO DE ACESSIBILIDADE INTEGRAL, 9., 2020, Natal. *Anais*[...]. Natal: ENEAC, 2020. p. 1-14.

AGUSTINHO, Sofia Silva. *A influência da iluminação elétrica no comportamento espacial – um estudo de caso na biblioteca UNESP Bauru (SP)*. 2025. 98 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura, Artes, Comunicação e Design, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Bauru, 2025.

AZIZI, Nurul Zahirah Mokhtar; ABIDIN, Nazirah Zainul; RAOFUDDIN, Azlan. Identification of soft cost elements in green projects: exploring experts' experience. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Malásia, p. 18-25, ago. 2014.

BAFAFÁ. *Gregori Warchavchik, o ucraniano autor do projeto da Vila Operária da Gamboa*. Rio de Janeiro, 9 mar. 2022. Disponível em: https://bafafa.com.br/turismo/historias-do-rio/gregori-warchavchik-o-ucraniano-autor-do-projeto-da-vila-operaria-da-gamboa. Acesso em: 2 de julho 2026.

BARROS, C. M. C.; RIBEIRO, P. V. S.; RIBEIRO, A. V. S. Análise das Condições de Conforto Luminoso em Edifício Histórico: Estudo no Campus Laranjeiras da Universidade Federal de

Sergipe. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. *Anais***...** Maceió: ANTAC, 2024. p. 1-17.

BARROS, Clarice Mendes Cavalcante; RIBEIRO, Pedro Vitor Sousa; SANTOS, Alice Oliveira; CUNHA, Mayara Pereira da. Avaliação da iluminação do Campus Laranjeiras (UFS) aplicando as regras do novo método de avaliação simplificado do PBE Edifica (INI-C). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 9., 2025, São Paulo. *Anais***...** São Paulo: FAUUSP, 2025. p. 1-10.

BERNARDO, Bianca Rocha. Neuroarquitetura aplicada a bibliotecas públicas como estímulo a leitura. *Revista Arte 21*, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 72-91, jul./dez. 2021.

BIASI, Bárbara Pretto; BERTUOL, Daniela; PASSUELLO, Ana Carolina Badalotti. LCA tool applied in building retrofit: a systematic review. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 19., 2022, Canela. *Anais [...]*. Porto Alegre: ANTAC, 2022.

BOCASANTA, S. L.; PFITSCHER, E. D.; BORGERT, A. Benefícios e custos ambientais gerados com edificações sustentáveis: uma ferramenta para análise de viabilidade financeira ambiental. *Revista Catarinense da Ciência Contábil*, v. 15, n. 46, p. 35–46, 2016/2017. DOI: 10.16930/2237-7662/rccc.v15n46p35-46.

BRASIL. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Inmetro). Portaria nº 163, de 8 de junho de 2009. Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C). Brasília, DF: Inmetro, 2009.

BRASIL. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Inmetro). *Portaria nº 372, de 17 de setembro de 2010. Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C).* Diário Oficial da União, Brasília, DF, 22 set. 2010. Seção 1, p. 68.

BRASIL. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro). *Portaria nº 309, de 6 de setembro de 2022*. *Aprova os Requisitos de Avaliação da Conformidade para a Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas e Residenciais, e as Instruções Normativas Inmetro para a Eficiência Energética das Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (INI-C) e Residenciais (INI-R)*. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 6 set. 2022.

BRASIL. Lei nº 9.991, de 24 de julho de 2000. Dispõe sobre realização de investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*: Brasília, DF, 25 jul. 2000. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9991.htm. Acesso em: 18 set. 2026.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia; Empresa de Pesquisa Energética (EPE). *Relatório síntese do Balanço Energético Nacional – BEN 2024*. Rio de Janeiro: EPE, 2024.

BROGGIO, L.; XAVIER, R. L.; SERRA, S. M. B. Certificações ambientais na construção civil: contribuições para o desenvolvimento sustentável do espaço urbano. In: *SIMPÓSIO*

NACIONAL DE ENGENHARIA URBANA (SINGEURB), 4., Rio de Janeiro, 2023. Anais [...]. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 2023.

BUENO, C.; ROSSIGNOLO, J. A. Desempenho ambiental de edificações: cenário atual e perspectivas dos sistemas de certificação. *Revista Minerva*, v. 7, n. 1, p. 45-52, 2010.

CAMPAGNER, L.; OLIVEIRA, M. D. N.; FRANÇA, A. L. D. M.; SOUZA, E. de. Retrofit como estratégia de sustentabilidade e requalificação de áreas centrais: a prática do Programa Paulista Requalifica Centro e a iniciativa francesa Réinventer Paris. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DA ACADEMIA DE ESCOLAS DE ARQUITETURA E URBANISMO DE LÍNGUA PORTUGUESA (AEAULP), 5., 2023, Brasília. *Anais [...]*. Brasília: AEAULP, 2023.

CARVALHO, M. Como definir e identificar obras raras? Critérios adotados pela Biblioteca Central da Universidade de Caxias do Sul. *Scielo*, v. 35, n. 1, p. 115-121, 2006.

CARVALHO, Amanda Rosa de; CUNHA, Eduardo Grala da; OLIVEIRA, Ana Lucia Costa de. Retrofit energético em um edifício histórico em Pelotas, RS, segundo o RTQ-C e a EnerPHit. *Arquitetura Revista*, v. 17, n. 1, p. 54-72, jan./jun. 2021. DOI: https://doi.org/10.4013/arq.2021.171.04.

CASTRO, Adriana Petito de Almeida Silva; BARROS, Isabella Perez de Souza. *Diagnóstico da eficiência energética em uma biblioteca universitária*. Piracicaba: UNIMEP, 2019. p. 1-52.

CASTRO, Adriana Petito de Almeida Silva; BARROS, Isabella Perez de Souza; ZILLI, Giovanna Louise Krast. Estudo da eficiência energética em uma biblioteca universitária. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 19., 2022. *Anais* [...]. p. 1–11, 7 nov. 2022.

CASTRO, Adriana Petito de Almeida Silva et al. Análise do Conforto Luminoso em uma Biblioteca Pública: Estudo de Caso em Campinas, SP. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18.; ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 14., 2023, São Paulo. *Anais*[...]. São Paulo: ANTAC, 2023. p. 1-13.

CHING, F. D.; JARZOMBEK, M.; PRAKASH, V. *História global da arquitetura*. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2019. E-book.

CITADINI DE OLIVEIRA, Candi; VAZ, Igor Catão Martins; GHISI, Enedir. Retrofit strategies to improve energy efficiency in buildings: an integrative review. Energy and Buildings, v. 321, art. 114624, p. 1-18, 2024. DOI: https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2024.114624.

COORDENADORIA ESTADUAL DE HABITAÇÃO E OBRAS PÚBLICAS DE SERGIPE (CEHOP). Projeto arquitetônico da Biblioteca Pública Epiphânio Dória: plantas baixas originais. Aracaju: CEHOP, 1975. Consultado no acervo técnico da instituição em 03 julho, 2026.

CORBELLA, O.; YANNAS, S. *Eficiência energética em edificações públicas: estudo de caso da Biblioteca Pública Epiphânio Dória*. 2003.

CORRÊA, B. B. S. et al. Aplicação de eficiência energética em projeto de retrofit de sistema de iluminação. In: *ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20***.**, 2024, Maceió. Anais... Maceió: ANTAC, 2024.

COSTA, Juliana dos Santos; ANDRADE JUNIOR, Luiz Maurício de. Eficiência energética aplicada ao consumo de eletricidade: Um estudo de revisão bibliográfica. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 4, e26210414085, 2021. Disponível em: http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i4.14085. Acesso em: 14 ago. 2026.

CUNHA, Eduardo Grala da. Mitos e verdades sobre o brise-soleil: da estética à eficiência energética. *Arquitetura Revista*, São Leopoldo, v. 7, n. 1, p. 73-80, jan./jun. 2011. DOI: 10.4013/arq.2011.71.07.

DADA, Fábio Bellucci Figueiredo et al. O desempenho ambiental de edifícios residenciais ícones da arquitetura modernista em São Paulo: interações entre confortos acústico, ergonômico, luminoso e térmico no caso dos edifícios Albatroz e Louveira. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16.; ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 12., 2021, Palmas. *Anais* [...]. Palmas: ANTAC, 2021. p. 1967-1976.

DA SILVA, Sophia B.; FIGUEIREDO, Vivian; RADAELLI, Patrícia B. A luz: seu impacto na saúde humana e na arquitetura. In: ENCONTRO CIENTÍFICO CULTURAL INTERINSTITUCIONAL, 23., 2025, Cascavel. *Anais*[...]. Cascavel: Centro Universitário Assis Gurgacz, 2025. p. 1-7.

ELETROBRAS; PROCEL. *Pesquisa de mercado 2007*. Governo Federal do Brasil, 2007.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). *Avaliação da eficiência energética e geração distribuída para os próximos 10 anos (2014–2023)*. Rio de Janeiro: EPE, 2014.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). *Balanço Energético Nacional 2025: relatório síntese, ano base 2024*. Rio de Janeiro: EPE, 2025. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-885/topico-767/BEN_S%C3%ADntese_2025_PT.pdf. Acesso em: 19 set. 2026.

ENCAC/ELACAC. XVIII Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído (ENCAC) e XIV Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído (ELACAC). *Anais* [...] São Carlos: ANTAC/USP, 2025.

FERRADOR FILHO, A. S. et al. Eficiência Energética em Edificações Públicas: diagnóstico, desafios e perspectivas. 2018.

FREIRE SANTOS, Rafael; SOUSA RIBEIRO, Pedro Vitor. Estratégias de conforto luminoso na Biblioteca Pública Epiphanio Dória em Aracaju/SE. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2025. *Anais* [...]. [S. l.], 2025. DOI: https://doi.org/10.46421/encacelacac.v18i1.7110. Disponível em: https://eventos.antac.org.br/index.php/encac/article/view/7110. Acesso em: 8 ago. 2026.

GARCIA, Mario Vinicio. O papel da eficiência energética no desenvolvimento sustentável do Brasil. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (SIMEP), 13., 2025, João Pessoa. *Anais [...]*. João Pessoa: SIMEP, 2025.

GEBRIM, Henrique Diniz. *O SISTEMA LEED DE CERTIFICAÇÃO AMBIENTAL NAS CONSTRUÇÕES CIVIS*. Brasília: Universidade de Brasília, 2013.

GOMES, Y. G. N. et al. Cenários das certificações ambientais no Brasil: distribuição regional, aplicabilidade e sustentabilidade. *Contribuciones a las Ciencias Sociales*, São José dos Pinhais, v. 17, n. 4, p. 1–19, 2024. DOI: https://doi.org/10.55905/revconv.17n.4-173.

GRUPO EPIFÂNIO DÓRIA. *Quem somos*. Disponível em: https://grupoepifaniodoria.wordpress.com/institucional/quem-somos/ Acesso em: 10 maio 2026.

GUEDES, M. H. *As grandes bibliotecas*. 1. ed. Vitória, 2005.

HERNÁNDEZ, J.; SANZ, R.; CORREDERA, Á.; PALOMAR, R.; LACAVE, I. A fuzzy-based building energy management system for energy efficiency. *Buildings*, v. 8, n. 2, p. 14, 2018. DOI: https://doi.org/10.3390/buildings8020014

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA (INMETRO). *Programa Brasileiro de Etiquetagem*. Brasília, DF: Inmetro, 2026. Disponível em: https://www.gov.br/inmetro/pt-br/assuntos/regulamentacao/avaliacao-da conformidade/programa-brasileiro-de-etiquetagem. Acesso em: 18 set. 2026.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). *World Energy Balances 2020*. Disponível em: https://iea.blob.core.windows.net/assets/4f314df4-8c60-4e48-9f36-bfea3d2b7fd5/WorldBAL_2020_Documentation.pdf. Acesso em: 21 fevereiro 2026.

JUSTINO, M. P.; SILVA, F. S.; RABELO, O. S. Perspectiva de uso da inteligência artificial (IA) para a eficiência energética em prédios públicos. *Cadernos de Prospecção*, v. 13, n. 3, 2020. DOI: 10.9771/cp.v13i3.33079.

KLEIN, M. M. L. et al. Certificações ambientais e panorama da inovação em edificações: uma avaliação crítica. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO (ENTAC), 19., Canela, 2022. *Anais* [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2022. p. 1–14.

KON, Nelson. *Edifício Albatroz*. Disponível em: https://www.nelsonkon.com.br/edificio-albatroz/. Acesso em: 12 de junho 2026.

KON, Nelson. *Edifício Louveira*. Disponível em: https://www.nelsonkon.com.br/edificio-louveira/. Acesso em: 12 de junho 2026.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. *Eficiência energética na arquitetura*. São Paulo: PW, 2014.

LEITE, V. F. *Certificação ambiental na construção civil – sistemas LEED e AQUA*. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2011.

LERCO, Felipe dos Santos. *Estudo da eficiência energética na Biblioteca Municipal de Campo Mourão-PR conforme o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL Edifica. 2015*. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2015.

LITTLEFIELD, D. *Manual do arquiteto: planejamento, dimensionamento e projeto*. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.

LOPES, William Silva Duran; BARRETO, Douglas; FLORES-COLEN, Inês. Improvement in the Energy Efficiency Label level – PBE Edifica: Case Study of the Community Library of the Federal University of São Carlos (UFSCar) – São Paulo - Brazil. *Procedia Structural Integrity*, v. 55, p. 151–159, 2024.

LORES, Raul Juste. *Edifício Rino Levi*. VEJA SÃO PAULO, São Paulo, 28 jun. 2019. Disponível em: https://vejasp.abril.com.br/coluna/sao-paulo-nas-alturas/edificio-rino-levi/. Acesso em: 21 maio 2026.

LUKMAN, Rebeka; TIWARY, Abhishek; AZAPAGIC, Adisa. Towards greening a university campus: the case of the University of Maribor, Slovenia. *Resources, Conservation and Recycling,* v. 53, n. 11, p. 639-644, set. 2009.

MAPELLI, Yulli Ribeiro; LARANJA, Andréa Coelho; ALVAREZ, Cristina Engel de. Avaliação de desempenho entre as tipologias de aberturas zenital e lateral no quesito iluminação natural de ambientes internos. *Cadernos PROARQ*, Rio de Janeiro, n. 31, p. 84-101, 2018.

MAY, P. H. (org.). *Economia do meio ambiente: teoria e prática*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

MELO, Lara Viana de Castro Alves; AZERÊDO, Jaucele de Fátima Ferreira Alves de; FREITAS, Ruskin Marinho. Avaliação do conforto lumínico de usuários em biblioteca da UFPE. In: VIII ENCONTRO NACIONAL SOBRE ERGONOMIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO / IX SEMINÁRIO BRASILEIRO DE ACESSIBILIDADE INTEGRAL, 2020, Natal. *Anais...* Porto Alegre: ANTAC, 2020. p. 1-10.

MENDES, C.; VERÍSSIMO, C.; BITTAR, W. *Arquitetura no Brasil*. Rio de Janeiro: Imperial Novo Milênio, 2015.

MILANESI, L. *Biblioteca*. 1. ed. São Paulo: Ateliê Editorial, 2002.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Guia prático de eficiência energética: reunindo a experiência prática do projeto de etiquetagem*. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente; Ministério da Cultura, 2014.

MONTEIRO, Larissa Arêdes *et al*. Potencial circadiano da iluminação artificial no retrofit de sala de aula universitária. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. *Anais*... Maceió: ANTAC, 2024. p. 1-11.

MONTEIRO, Larissa; PRUDENTE, Lucas; SILVA, Hugo de Araújo e; SOUZA, Roberta Vieira Gonçalves de. Análise da luz natural pela INI-C: potencial de integração em diferentes métodos. *Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego*, [S. l.], v. 19, n. 2, p. 325–345, 2025a. DOI: 10.19180/2177-4560.v19n22025p325-345. Disponível em: https://editoraessentia.iff.edu.br/index.php/boletim/article/view/23594.. Acesso em: 6 ago. 2026.

MONTEIRO, Larissa; PRUDENTE, Lucas; SILVA, Hugo de Araújo e; SOUZA, Roberta Vieira Gonçalves de. Integração da luz natural através da INI-C: comparação entre métodos simplificado e de simulação. In: *ENCONTRO DE SUSTENTABILIDADE EM PROJETO*, 13., 2025. Anais eletrônicos [...]. 2025b.

MORAIS JÚNIOR, F. E. G.; GUERRA, F. K. O. M. V. Eficiência energética em prédios públicos: análise da inserção de lâmpadas LED na UFERSA. *Revista Eletrônica de Engenharia Elétrica e Engenharia Mecânica*, v. 2, n. 1, 2020. DOI: https://doi.org/10.21708/issn27635325.v2n1.a9522.2020.

NEUFERT, E. *Arte de projetar em arquitetura*. 18. ed. São Paulo: Gustavo Gili, 2013.

OLIVEIRA, L.; FILHO, R.; FREITAS, A. *Avaliação energética de edifícios com o PBE Edifica e INI-C*. Curitiba: UFPR, 2021.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Transformando nosso mundo: a agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável. Tradução: Centro de Informação das Nações Unidas para o Brasil (UNIC Rio). [S. l.]: ONU, 2015. Disponível em: https://brasil.un.org/sites/default/files/2020-09/agenda2030-pt-br.pdf. Acesso em: 18 ago. 2026.

ORLANDI, Ludmila Brunow; COSTA, Caroline Vallandro; SANTOS, Gabriel de Sousa; LARANJA, Andréa Coelho. Iluminação natural a partir de muxarabi em abertura zenital. *Cadernos PROARQ*, Rio de Janeiro, n. 44, p. 45-64, 2025.

PAIVA, Nathalia de Souza; RODRIGUES, Clara Ovídio de Medeiros. Reabilitação de edificação patrimonial com eficiência energética: o caso do IPASE. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 9., 2025, São Paulo. *Anais* [...]. São Paulo: FAUUSP, 2025. p. 1-8. DOI: 10.46421/sbqp.v9i.7770.

PAIXÃO, Joelson Lopes da. Eficiência energética como estratégia de desenvolvimento sustentável. *Revista Tópicos*, [s. l.], 28 dez. 2025. Disponível em: https://doi.org/10.5281/zenodo.18072541. Acesso em: 18 ago. 2026.

PBE EDIFICA. *Programa Brasileiro de Etiquetagem – PBE Edifica*. Disponível em: https://www.pbeedifica.com.br/conhecendo-pbe-edifica. Acesso em: 30 set. 2025.

PETERLE, Daniela; LARANJA, Andrea. Desempenho luminoso em diferentes geometrias de cozinhas: uma análise em edificações multifamiliares em Vitória – ES. In: XVI ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2021; XII ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2021, Palmas. *Anais...* Porto Alegre: ANTAC, 2021. p. 1-10.

PINHEIRO, M. D. *Ambiente e construção sustentável*. 1. ed. Portugal: Instituto do Ambiente, 2006.

PINTO, S. R. *Análise das condições de iluminação das bibliotecas públicas municipais na cidade de São Paulo: diretrizes para um melhor aproveitamento da luz natural e redução do uso da iluminação artificial*. 2008. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

PROCEL. *Resultados PROCEL 2022: ano base 2021*. Brasília, 2022. Disponível em: https://www.procel.gov.br/sites/dev/SitePages/Resultados-do-Procel---ano-base-2021(1).aspx. Acesso em: 18 jan. 2023.

QUEIROZ, Marluce Teixeira Andrade; ABREU, Luciano Bittencourt de. Investigação dos níveis de iluminamento em biblioteca pública: Coronel Fabriciano, Minas Gerais, Brasil. *INOVAE - Journal of Engineering, Architecture and Technology Innovation*, São Paulo, v. 12, p. 829-842, jan./dez. 2024.

RIBEIRO, P. V. S.; CABÚS, R. C. Ray Tracing Algorithm to Simulate Laser-Cut Panel Light-Redirecting Elements. *Journal of Daylighting*, v. 10, p. 87-98, 2023.
SÁ, Daniel Cahino de et al. Análise de eficiência energética da edificação do campus da Faculdade Estácio de João Pessoa. *Revista Mangaio Acadêmico*, v. 8, n. 3, p. 32-37, 2023.

SANTOS, A. O. et al. Desafios da Relação entre Preservação de Acervos e Conforto Luminoso em Bibliotecas. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18.; ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 14., 2023, São Paulo. *Anais[...].* São Paulo: ANTAC, 2023. p. 1-12.

SANTOS, Alice Oliveira. *Análise da eficiência energética dos sistemas de iluminação da Biblioteca Central da Universidade Federal de Sergipe*. 2026. 87 f. Monografia (Graduação em Arquitetura e Urbanismo) – Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Sergipe, Laranjeiras, 2026.

SANTOS, A. O.; RIBEIRO, P. V. S. Desempenho da Iluminação Artificial em Restaurante Universitário: Estudo de Caso no RESUN/UFS. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. *Anais...* Maceió: ANTAC, 2024. p. 1-16

SANTOS, Carlos Eduardo Oliveira et al. Diagnóstico energético no sistema de iluminação da FATEC Franco Rocha. In: CONGRESSO BRASILEIRO INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 2., 2021, [S. l.]. *Anais [...]*. [S. l.]: II CoBICET, 2021. p. 1-11.

SANTOS, G. dos. *A biblioteca provincial de Sergipe*. Aracaju: Edise, 2019.

SARRA, J. C. *Desempenho de edifícios comerciais representativos da arquitetura modernista em São Paulo: avaliação do edifício Itália com enfoque em ergonomia*. 2018. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de São Paulo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, São Paulo, 2018.

SERGIPE. Secretaria de Estado da Comunicação Social. *Biblioteca Estadual Epiphanio Doria leva cultura e educação para o "Sergipe é aqui" em Feira Nova*. 2025. Disponível em: https://seduc.se.gov.br/. Acesso em: 2 mar 2026.

SIMIONOVSKI, Carlos Stefan. *Variação de recursos financeiros com a aplicação do regulamento técnico da qualidade do nível de eficiência energética de edifícios comerciais, de serviços e públicos (RTQ-C) na fase de projeto de uma biblioteca padronizada de um instituto federal. 2018*. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciências Ambientais) – Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2018.

SIMÕES, Matheus Batista. Biblioteca Central Fernando de Castro Moraes: Universidade Federal do Espírito Santo. *Revista Arquitetura e Lugar*, Vitória, v. 3, n. 11, p. 119-130, 2025. SEÇÃO ENSAIO FOTOGRÁFICO.

SILVA, V. G. *Avaliação da sustentabilidade de edifícios de escritórios brasileiros: diretrizes e base metodológica*. 2003. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

SILVA, V. G.; SILVA, M. G.; AGOPYAN, V. Avaliação de edifícios no Brasil: da avaliação ambiental para avaliação de sustentabilidade. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 3, n. 3, 2003.

SOARES, Mariáh Pereira Soares Pessanha *et al.* Uma revisão bibliográfica de medidas de eficiência energética em edifícios. *Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego*, Campos dos Goytacazes, v. 15, n. 2, p. 32-47, 2021.

SOUSA, B. F. M. et al. Estudo das certificações ambientais para avaliação de projetos e obras sustentáveis. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE GESTÃO DE PROJETOS (SINGEP), 9., São Paulo, 2021. *Anais* [...]. São Paulo: Universidade Nove de Julho, 2021.

SOUSA, M. N. P. *Padrões em projetos arquitetônicos de bibliotecas públicas*. 2012. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2012.

SOUZA, R. et al. *Edifícios de energia quase zero e infraestrutura de mobilidade elétrica: tendências internacionais aplicáveis ao Brasil*. São Paulo: Blucher, 2024.

STEVEN WINTER ASSOCIATES, INC. *Net Zero Energy Buildings*. 2016.

TORRES, Thiago; BRASILEIRO, Alice; CARDOSO, Felipe Moura Moraes. Perspectivas em eficiência energética para a preservação do patrimônio moderno. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 15.; ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 11., 2019, João Pessoa. *Anais [...]*. Porto Alegre: ANTAC, 2019. p. 2444-2453.

TREGENZA, Peter; LOE, David. *The design of lighting*. Londres: Spon Press, 1998.

TREGENZA, Peter; LOE, David. *Projeto de iluminação*. Tradução de Alexandre Salvaterra. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

VIEIRA, João Paulo Xavier. *Melhoria da Eficiência Energética de um Edifício de Serviços*. 2025. Trabalho de Projeto (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, Coimbra, 2025.

APÊNDICE A-Tabela INI-C Cenário Atual

Consumo limite Classe D (W):	100.012
Consumo limite Classe A (W):	59.007

Ambiente	Área iluminada (m²)	Repetição	Específico / Tipologia (Banco E)	Atividade (Tabela B.III.3)	Previsão de projeto luminotécnico	Horas de Ocupação	Número de dias	Densidade de Potência de Iluminação Limite para D (DPI-Lm) (W/m²)	Densidade de Potência de Iluminação Limite para A (W/m²)	Potência de Iluminação com controle automatizado (W)	Potência de Iluminação com controle automatizado (W)	Potência Instalada (W)	Fator de ajuste de potência (FAP)	Potência de Iluminação Real (W)	Condição de Elegibilidade de Classificação "A"			Consumo (kWh/ano)		Consumo limite para escala (kWh/ano)	
															Contribuição de luz natural	Controle Local	Desig. Automático	Referência	Real	Classe D	Classe A
															65%	97%	93%				
Pav01_Hall descentrada	47,15	1,00	Escritórios	Hall de entrada – exclusivo – Outros	Com projeto	10,00	260,00	12,07	10,80		96,00	96,00	1ex x qualq de potência	96,00	Não Atende	Não Atende	Não aplica	1.479,03	249,60	1.479,03	1.323,41
Pav01_Salão Central	327,50	1,00	Escritórios	Sala de espera, recepção	Com projeto	10,00	260,00	9,00	7,55		600,00	600,00	1ex x qualq de potência	600,00	Atende	Atende	Não Atende	8.174,40	1.560,00	8.174,40	6.428,83
Pav01_Hall auditório	61,14	1,00	Escritórios	Hall de entrada – exclusivo – Sala de espetáculos	Com projeto	10,00	260,00	20,50	16,50		120,00	120,00	1ex x qualq de potência	120,00	Não aplica	Atende	Não aplica	9.258,78	312,00	9.258,78	2.009,04
Pav01_Vic Fem. auditório	9,98	1,00	Escritórios	Exclusivo	Com projeto	10,00	260,00	13,75	9,15		30,00	30,00	1ex x qualq de potência	30,00	Não aplica	Atende	Não aplica	355,55	78,00	355,55	256,95
Pav01_Vic Mas auditório	11,00	1,00	Escritórios	Exclusivo	Com projeto	10,00	260,00	13,75	9,15		30,00	30,00	1ex x qualq de potência	30,00	Não aplica	Atende	Não aplica	392,68	78,00	392,68	284,69
Pav01_Auditório	177,13	1,00	Escritórios	Auditórios e assembleias – auditório	Com projeto	10,00	260,00	15,60	11,50		539,00	539,00	1ex x qualq de potência	539,00	Não Atende	Atende	Não aplica	8.265,52	1.393,80	8.265,52	5.298,19
Pav01_Acervo infantil	138,47	1,00	Escritórios	Bibliotecas - Área de estantes	Com projeto	10,00	260,00	29,44	12,90		228,00	228,00	1ex x qualq de potência	228,00	Não Atende	Não Atende	Não aplica	10.875,99	592,80	10.875,99	4.977,82
Pav01_Conselho E. da Educação	184,09	1,00	Escritórios	Escritório	Com projeto	10,00	260,00	19,04	10,00		672,00	672,00	1ex x qualq de potência	672,00	Atende	Atende	Não aplica	9.808,23	1.747,20	9.808,23	5.068,56
Pav01_Conselho E. da Cultura	57,72	1,00	Escritórios	Escritório	Com projeto	10,00	260,00	19,04	10,00		168,00	168,00	1ex x qualq de potência	168,00	Não aplica	Não Atende	Não aplica	2.857,37	436,80	2.857,37	1.506,72
Pav01_Vic Fem. Térreo	11,12	1,00	Escritórios	Exclusivo	Com projeto	10,00	260,00	13,75	9,15		36,00	36,00	1ex x qualq de potência	36,00	Não aplica	Atende	Não aplica	396,96	93,60	396,96	284,54
Pav01_Vic Mas. Térreo	11,12	1,00	Escritórios	Exclusivo	Com projeto	10,00	260,00	13,75	9,15		36,00	36,00	1ex x qualq de potência	36,00	Não aplica	Atende	Não aplica	396,96	93,60	396,96	284,54
Pav01_Galeria I. Início	18,51	1,00	Escritórios	Escritório	Com projeto	10,00	260,00	19,04	10,00		60,00	60,00	1ex x qualq de potência	60,00	Não aplica	Atende	Não aplica	965,82	156,00	965,82	507,26
Pav01_Depósito G.I. início	8,70	1,00	Escritórios	Depósito	Com projeto	10,00	260,00	8,00	6,85		48,00	48,00	1ex x qualq de potência	48,00	Não aplica	Atende	Não aplica	180,98	124,80	180,98	111,87
Pav01_Setor de Braille	41,51	1,00	Escritórios	Bibliotecas - Área de estantes	Com projeto	10,00	260,00	29,44	12,90		96,00	96,00	1ex x qualq de potência	96,00	Não aplica	Atende	Não aplica	5.177,54	249,60	5.177,54	1.582,25
Pav01_Conselho da BPEID	59,14	1,00	Escritórios	Escritório	Com projeto	10,00	260,00	19,04	10,00		126,00	126,00	1ex x qualq de potência	126,00	Não aplica	Atende	Não aplica	2.927,87	327,60	2.927,87	1.587,64
Pav01_Arquivo Conselho da BPEE	54,71	1,00	Escritórios	Bibliotecas - Área de equipamento	Com projeto	10,00	260,00	12,48	8,00		90,00	90,00	1ex x qualq de potência	90,00	Não aplica	Atende	Não aplica	1.775,23	234,00	1.775,23	853,48
Pav01_Circulação Reservado F.Su	38,85	1,00	Escritórios	Circulação	Com projeto	10,00	260,00	11,36	7,10		80,00	80,00	1ex x qualq de potência	80,00	Não Atende	Atende	Não aplica	2.588,18	200,00	2.588,18	1.803,10
Pav01_Direção	35,79	1,00	Escritórios	Locais de reuniões, conferência, treinamento	Com projeto	10,00	260,00	19,04	11,90		108,00	108,00	1ex x qualq de potência	108,00	Não aplica	Atende	Não aplica	1.771,75	280,80	1.771,75	1.070,12
Pav01_Administração	45,82	1,00	Escritórios	Escritórios – para diretor	Com projeto	10,00	260,00	16,00	8,70		208,00	208,00	1ex x qualq de potência	208,00	Não aplica	Atende	Não aplica	2.000,79	286,80	2.000,79	1.036,71
Pav01_Laboratório de Digitaliza	31,79	1,00	Escritórios	Escritórios – para atividades	Com projeto	10,00	260,00	16,32	12,90		96,00	96,00	1ex x qualq de potência	96,00	Não aplica	Atende	Não aplica	1.348,91	249,60	1.348,91	1.088,24
Pav01_Escada Térreo	15,90	1,00	Escritórios	Escadas	Com projeto	10,00	260,00	11,84	9,25		8,00	8,00	1ex x qualq de potência	8,00	Não aplica	Atende	Não aplica	427,90	20,80	427,90	225,88
Pav01_Hall Escada Térreo	35,53	1,00	Escritórios	Hall de entrada – exclusivo – Outros	Com projeto	10,00	260,00	12,07	10,80		84,00	84,00	1ex x qualq de potência	84,00	Não aplica	Atende	Não aplica	1.115,05	218,40	1.115,00	887,88
Pav01_Refeitório	90,85	1,00	Escritórios	Refeitórios – salão	Com projeto	10,00	260,00	19,56	7,85		168,00	168,00	1ex x qualq de potência	168,00	Não Atende	Atende	Não aplica	2.022,78	436,80	2.022,78	1.007,49
Pav01_Cantina	10,70	1,00	Escritórios	Refeitórios	Com projeto	10,00	260,00	18,40	8,80		24,00	24,00	1ex x qualq de potência	24,00	Não aplica	Atende	Não aplica	311,88	62,40	311,88	189,18
Pav01_Cozinha	29,84	1,00	Escritórios	Cozinhas	Com projeto	10,00	260,00	17,12	11,40		72,00	72,00	1ex x qualq de potência	72,00	Atende	Atende	Não aplica	1.047,81	187,20	1.047,81	897,75
Pav02_Circulação	281,82	1,00	Escritórios	Circulação	Com projeto	10,00	260,00	11,36	7,10		444,00	444,00	1ex x qualq de potência	444,00	Atende	Atende	Não aplica	8.323,84	1.154,40	8.323,84	5.202,40
Pav02_Área de Leitura 01	44,20	1,00	Escritórios	Bibliotecas - Área de leitura	Com projeto	10,00	260,00	16,00	8,85		18,00	18,00	1ex x qualq de potência	18,00	Não aplica	Atende	Não aplica	1.834,14	46,80	1.834,14	1.014,51
Pav02_Acervo circulante	199,42	1,00	Escritórios	Bibliotecas - Área de estantes	Com projeto	10,00	260,00	29,44	12,90		192,00	192,00	1ex x qualq de potência	192,00	Não Atende	Atende	Não aplica	10.212,50	499,20	10.212,50	4.474,91
Pav02_Setor de Proces. Técnicos	26,58	1,00	Escritórios	Bibliotecas - Área de equipamento	Com projeto	10,00	260,00	12,48	8,00		48,00	48,00	1ex x qualq de potência	48,00	Não aplica	Atende	Não aplica	855,98	124,80	855,98	421,53
Pav02_Setor Técnico	83,66	1,00	Escritórios	Bibliotecas - Área de equipamento	Com projeto	10,00	260,00	12,48	8,00		216,00	216,00	1ex x qualq de potência	216,00	Não Atende	Atende	Não aplica	2.716,80	561,60	2.716,80	1.369,10
Pav02_Bibliotecários	25,69	1,00	Escritórios	Bibliotecas - Área de equipamento	Com projeto	10,00	260,00	12,48	8,00		62,00	62,00	1ex x qualq de potência	62,00	Atende	Atende	Não aplica	833,59	161,20	833,59	400,76
Pav02_Alm. Cen. Est. da Cultura	58,78	1,00	Escritórios	Escritórios	Com projeto	10,00	260,00	19,04	10,00		108,00	108,00	1ex x qualq de potência	108,00	Não aplica	Atende	Não aplica	5.404,84	280,80	5.404,84	1.788,28
Pav02_Cultura Popular	58,02	1,00	Escritórios	Bibliotecas - Área de estantes	Com projeto	10,00	260,00	16,00	8,85		108,00	108,00	1ex x qualq de potência	108,00	Não aplica	Atende	Não aplica	2.413,63	280,80	2.413,63	1.355,04
Pav02_Vic Mas. 2 Pav.	27,22	1,00	Escritórios	Exclusivo	Com projeto	10,00	260,00	13,75	9,15		108,00	108,00	1ex x qualq de potência	108,00	Não aplica	Atende	Não aplica	971,70	280,80	971,70	647,56
Pav02_Vic Fem. 2 Pav.	27,22	1,00	Escritórios	Exclusivo	Com projeto	10,00	260,00	13,75	9,15		108,00	108,00	1ex x qualq de potência	108,00	Não aplica	Atende	Não aplica	971,70	280,80	971,70	647,56
Pav02_Memorial Marcelo Deda	99,03	1,00	Escritórios	Museus – Sala de exposição	Com projeto	10,00	260,00	18,08	11,90		458,00	458,00	1ex x qualq de potência	458,00	Não aplica	Atende	Não aplica	4.185,12	1.190,80	4.185,12	2.882,00
Pav02_Área de Leitura 02	55,05	1,00	Escritórios	Bibliotecas - Área de leitura	Com projeto	10,00	260,00	16,00	8,85		54,00	54,00	1ex x qualq de potência	54,00	Atende	Atende	Não aplica	2.288,25	140,40	2.288,25	1.288,24
Pav02_Hall Escada 2 Pav	11,11	1,00	Escritórios	Circulação	Com projeto	10,00	260,00	11,36	7,10		12,00	12,00	1ex x qualq de potência	12,00	Não aplica	Atende	Não aplica	328,14	31,20	328,14	205,09
Pav02_Hall Vic. Serviço 2 Pav	7,28	1,00	Escritórios	Hall de entrada – exclusivo – Outros	Com projeto	10,00	260,00	12,07	10,80		18,00	18,00	1ex x qualq de potência	18,00	Não aplica	Atende	Não aplica	228,48	46,80	228,48	204,42
Pav02_Escada	15,90	1,00	Escritórios	Escadas	Com projeto	10,00	260,00	11,84	9,25		18,00	18,00	1ex x qualq de potência	18,00	Não aplica	Atende	Não aplica	427,90	46,80	427,90	225,88
Pav02_Vic. Masc.Serviço 2 Pav.	8,15	1,00	Escritórios	Exclusivo	Com projeto	10,00	260,00	13,75	9,15		36,00	36,00	1ex x qualq de potência	36,00	Não aplica	Atende	Não aplica	280,94	93,60	280,94	193,89
Pav02_Vic. Fem.Serviço 2 Pav.	8,15	1,00	Escritórios	Exclusivo	Com projeto	10,00	260,00	13,75	9,15		36,00	36,00	1ex x qualq de potência	36,00	Não aplica	Atende	Não aplica	280,94	93,60	280,94	193,89
Pav02_Acervo Sergipano	141,01	1,00	Escritórios	Bibliotecas - Área de estantes	Com projeto	10,00	260,00	29,44	12,90		336,00	336,00	1ex x qualq de potência	336,00	Não Atende	Atende	Não aplica	10.784,23	873,60	10.784,23	4.729,81
Pav02_Galeria de Arte	67,75	1,00	Escritórios	Museus – Sala de exposição	Com projeto	10,00	260,00	18,08	11,90		504,00	504,00	1ex x qualq de potência	504,00	Não Atende	Atende	Não aplica	4.124,95	998,40	4.124,95	2.825,75
Pav02_Hemeroteca	85,20	1,00	Escritórios	Bibliotecas - Área de estantes	Com projeto	10,00	260,00	29,44	12,90		240,00	240,00	1ex x qualq de potência	240,00	Não Atende	Não aplica	Não aplica	6.521,55	624,00	6.521,55	2.857,61
Pav02_Sala de Leitura Hemeroteca	76,97	1,00	Escritórios	Bibliotecas - Área de leitura	Com projeto	10,00	260,00	16,00	8,85		144,00	144,00	1ex x qualq de potência	144,00	Não aplica	Não aplica	Não aplica	3.201,95	374,40	3.201,95	1.771,08
Pav03_Acervo Ciência e Pesquisa	175,00	1,00	Escritórios	Bibliotecas - Área de estantes	Com projeto	10,00	260,00	29,44	12,90		504,00	504,00	1ex x qualq de potência	504,00	Não aplica	Não aplica	Não aplica	13.395,20	1.310,40	13.395,20	5.869,50
Pav03_Circulação	55,81	1,00	Escritórios	Circulação	Com projeto	10,00	260,00	11,36	7,10		216,00	216,00	1ex x qualq de potência	216,00	Não Atende	Não aplica	Não aplica	1.648,40	561,60	1.648,40	1.030,25
Pav03_Hall Escada 3 Pav.	18,73	1,00	Escritórios	Circulação	Com projeto	10,00	260,00	11,36	7,10		36,00	36,00	1ex x qualq de potência	36,00	Não aplica	Não aplica	Não aplica	555,21	93,60	555,21	345,78
Pav03_Escada 3 Pav	13,90	1,00	Escritórios	Escadas	Com projeto	10,00	260,00	11,84	9,25		8,00	8,00	1ex x qualq de potência	8,00	Não aplica	Não aplica	Não aplica	427,90	20,80	427,90	225,88
Pav03_Vic. Masc.Serviço 3 Pav.	8,11	1,00	Escritórios	Exclusivo	Com projeto	10,00	260,00	13,75	9,15		18,00	18,00	1ex x qualq de potência	18,00	Não aplica	Não aplica	Não aplica	238,11	46,80	238,11	145,98
Pav03_Vic. Fem.Serviço 3 Pav.	8,84	1,00	Escritórios	Exclusivo	Com projeto	10,00	260,00	13,75	9,15		18,00	18,00	1ex x qualq de potência	18,00	Não aplica	Não aplica	Não aplica	244,17	46,80	244,17	162,72
Pav03_Acervo Geral	62,16	1,00	Escritórios	Bibliotecas - Área de estantes	Com projeto	10,00	260,00	29,44	12,90		144,00	144,00	1ex x qualq de potência	144,00	Não Atende	Não aplica	Não aplica	4.780,27	374,40	4.780,27	2.089,85
Pav03_Apoio Acervo Geral	24,54	1,00	Escritórios	Bibliotecas - Área de estantes	Com projeto	10,00	260,00	29,44	12,90		72,00	72,00	1ex x qualq de potência	72,00	Atende	Não aplica	Não aplica	1.878,59	187,20	1.878,59	823,07
Pav03_Mem. Epgrafia e Dídia	18,54	1,00	Escritórios	Museus – Sala de exposição	Com projeto	10,00	260,00	18,08	11,90		48,00	48,00	1ex x qualq de potência	48,00	Atende	Não aplica	Não aplica	777,51	124,80	777,51	464,55
Pav03_Hdx	18,54	1,00	Escritórios	Bibliotecas - Área de estantes	Com projeto	10,00	260,00	29,44	12,90		48,00	48,00	1ex x qualq de potência	48,00	Atende	Não aplica	Não aplica	1.268,04	124,80	1.268,04	554,75
Pav03_Área de Leitura	22,16	1,00	Escritórios	Bibliotecas - Área de leitura	Com projeto	10,00	260,00	16,00	8,85		96,00	96,00	1ex x qualq de potência	96,00	Atende	Não aplica	Não aplica	921,86	99,84	921,86	509,90
Pav03_Coordenação Galeria I.	20,84	1,00	Escritórios	Locais de reuniões, conferência, treinamento	Com projeto	10,00	260,00	19,04	11,90		48,00	48,00	1ex x qualq de potência	48,00	Atende	Atende	Não aplica	1.021,78	124,80	1.021,78	817,14
Pav03_Lab. de Inf. /Obras Raras	48,31	1,00	Escritórios	Laboratórios – para atividades	Com projeto	10,00	260,00	16,32	12,90		120,00	120,00	1ex x qualq de potência	120,00	Não aplica	Não aplica	Não aplica	1.973,51	312,00	1.973,51	1.359,95

APÊNDICE B-Resultado Cenário Atual

RESULTADOS

Escalas da Classificaçao Geral

CRCepd-a	47,0%
Coeficiente "i"	0,16

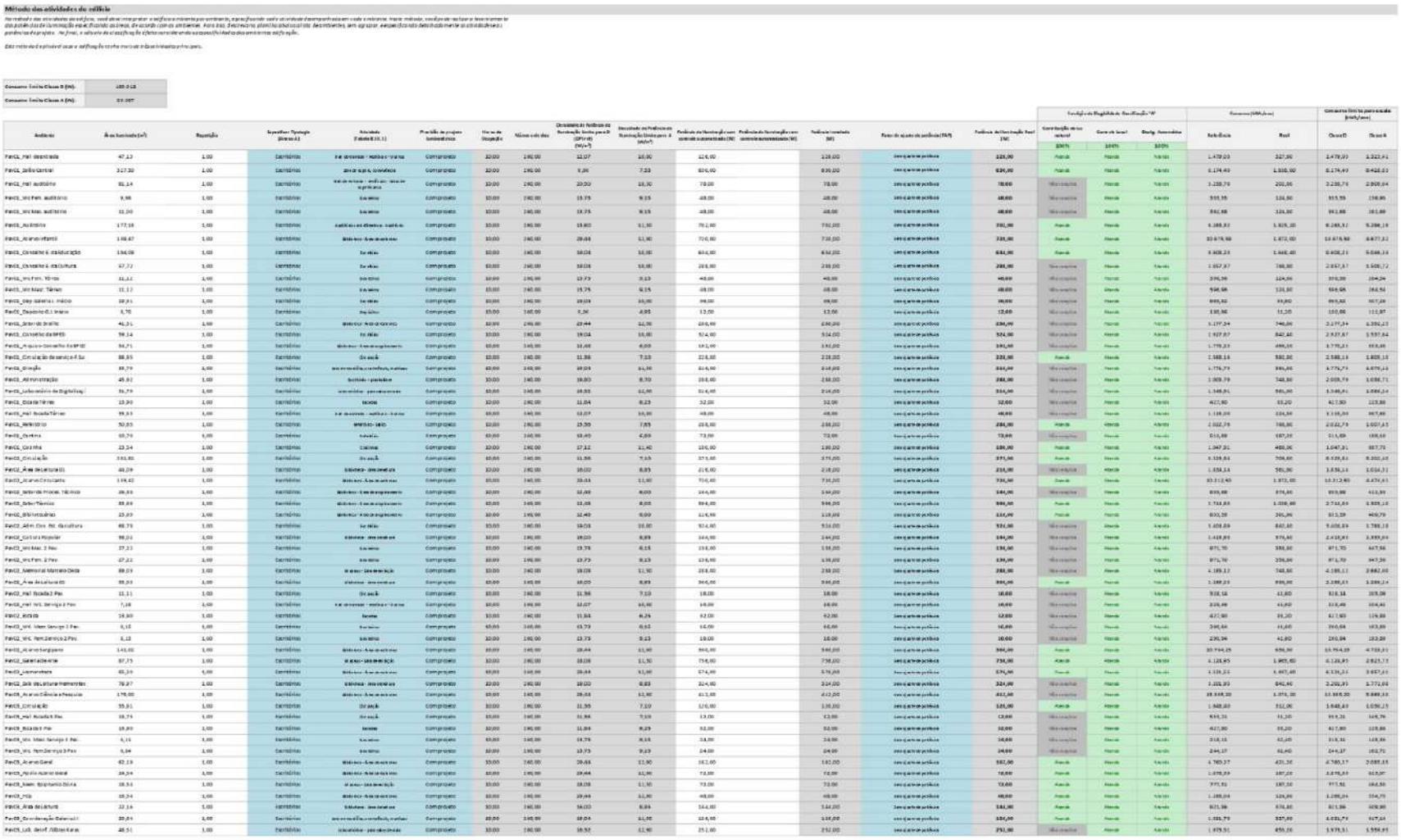
	A	B	C	D	E
Limite Superior	-	47,0%	31,3%	15,7%	0,0%
Limite Inferior	47,0%	31,3%	15,7%	0,0%	-

Classificação dos Sistemas

Sistema	Condição de Referência (kWh/ano)	Condição Real (kWh/ano)	% de Redução	Classificação
Valores de Carga Térmica de Resfriamento				
Envoltória	160.749	99.187	38,3%	A
Valores de Consumo de Energia, em Energia Primária				
Condicionamento de ar	0	0		
Iluminação	256.019	34.070	86,7%	B
Aquecimento de água	0	0		
Equipamentos	0	0	-	-
Geração de energia	0	0	-	-
Classificação Geral da Edificação (com Geração)	**256.019**	**34.070**	**86,7%**	
Classificação Geral da Edificação (sem Geração)	**256.019**	**34.070**	**86,7%**	

	Referência (kWh/ano)	Real (kWh/ano)
CONSUMO TOTAL DA EDIFICAÇÃO	256.019,50	34.070,40

APÊNDICE C -Tabela INI-C Cenário Atual



APÊNDICE D - Resultado Cenário Proposto

PBE EDIFICA **Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações**

Instruções para esta aba: Esta aba é totalmente preenchida automaticamente.

RESULTADOS

Escalas da Classificação Geral

CRCepd-a	47,0%
Coeficiente "i"	0,16

	A	B	C	D	E
Limite Superior	-	47,0%	31,3%	15,7%	0,0%
Limite Inferior	47,0%	31,3%	15,7%	0,0%	-

Classificação dos Sistemas

Sistema	Condição de Referência (kWh/ano)	Condição Real (kWh/ano)	% de Redução	Classificação
Valores de Carga Térmica de Resfriamento				
Envoltória	0	0	0,0%	D
Valores de Consumo de Energia, em Energia Primária				
Condicionamento de ar	0	0		
Iluminação	256.019	52.661	79,4%	A
Aquecimento de água	0	0		
Equipamentos	0	0	-	-
Geração de energia	0	0	-	-
Classificação Geral da Edificação (com Geração)	**256.019**	**52.661**	**79,4%**	
Classificação Geral da Edificação (sem Geração)	**256.019**	**52.661**	**79,4%**	

	Referência (kWh/ano)	Real (kWh/ano)
CONSUMO TOTAL DA EDIFICAÇÃO	256.019,50	52.661,44

Emissão de CO_2 equivalente

Sistema	Condição de Referência ($kgCO_2eq$)	Condição Real ($kgCO_2eq$)	% de Redução
Envoltória	-	-	-
Condicionamento de ar	0	0	
Iluminação	23.042	4.740	79,4%
Aquecimento de água	0	0	
Equipamentos	0	0	-
Geração de energia	-	0	-
Total (com geração)	**0**	**0**	
Total (sem geração)	**0**	**0**	