

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE ARQUITETURA
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DA ARQUITETURA E DO URBANISMO

Marco Túlio Bones Soares

**A UTILIZAÇÃO DE SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO EM EDIFICAÇÕES
HISTÓRICAS: a antiga Secretaria de Estado da Fazenda de Minas Gerais, em
Belo Horizonte/MG**

Belo Horizonte

2023

Marco Túlio Bones Soares

**A UTILIZAÇÃO DE SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO EM EDIFICAÇÕES
HISTÓRICAS: a antiga Secretaria de Estado da Fazenda de Minas Gerais, em
Belo Horizonte/MG**

Monografia de especialização apresentada ao Departamento de Tecnologia da Arquitetura e do Urbanismo, da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Sustentabilidade em Cidades, Edificações e Produtos.

Orientadora: Prof^a Dr^a. Ana Carolina de Oliveira Veloso

Belo Horizonte

2023



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE ARQUITETURA - EAUFMG
Rua Paraíba, 697 – Funcionários
30130-140 – Belo Horizonte – MG - Brasil

Telefone: (031) 3409-8823

FAX (031) 3409-8822

ATA DA REUNIÃO DA COMISSÃO EXAMINADORA DE TRABALHO DE MONOGRAFIA DO MARCO TÚLIO BONES SOARES COMO REQUISITO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DO CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM SUSTENTABILIDADE EM CIDADES, EDIFICAÇÕES E PRODUTOS.

Às 14 horas do dia 15 de março de 2023, reuniu-se em teleconferência privada, devido ao COVID-19, a Comissão Examinadora composta por Ana Carolina de Oliveira Veloso - Presidente e Camila Carvalho Ferreira - Membro Titular Externo, designada pela Comissão Coordenadora do Curso de Especialização em Sustentabilidade em Cidades, Edificações e Produtos, para avaliação da monografia intitulada “A utilização de sistema solar fotovoltaico em edificações históricas: a antiga Secretaria de Estado da Fazenda de Minas Gerais, em Belo Horizonte/MG” de autoria do aluno Marco Tulio Bones Soares, como requisito final para obtenção do Certificado de Especialista em Sustentabilidade em Cidades, Edificações e Produtos. A citada Comissão examinou o trabalho e, por unanimidade, concluiu que a monografia atende às exigências para a obtenção do Certificado de Conclusão do Curso, atribuindo ao trabalho nota: 97 e conceito: A. A Comissão recomenda que seja encaminhado 01 (um) exemplar digital ao Repositório da UFMG, após as correções sugeridas.

Belo Horizonte, 15 de março de 2023

Ana Carolina de Oliveira Veloso
Assinado de forma digital por Ana Carolina de Oliveira Veloso
Dados: 2023.03.15 15:16:05 -03'00'
Ana Carolina de Oliveira Veloso
Orientador-Presidente

Camila Ferreira
Assinado de forma digital por Camila Ferreira
Dados: 2023.03.15 15:18:23 -03'00'
Camila Carvalho Ferreira
Membro Titular Externo

RESUMO

A COP 27 realizada no Egito, em novembro de 2022, apresentou um aumento considerável no consumo de energia elétrica mundial, o que nos alerta mais uma vez sobre a necessidade de se pensar e promover ações que ampliem a geração de energia elétrica a partir de fontes renováveis, uma vez elas se apresentam como uma alternativa favorável para a redução das emissões de gases de efeito estufa no cenário da mudança climática. Paralelamente, tem-se ampliado os estudos sobre eficiência energética no âmbito das edificações históricas e sobre como que elas podem contribuir nesse processo. Frente a isso, este estudo objetiva investigar as possibilidades de utilização de sistemas solares fotovoltaicos em edificações históricas, garantindo a preservação dos atributos dos edifícios e promovendo a autogeração de energia elétrica por meio de fontes renováveis. Para isso, utilizou-se uma metodologia com uma abordagem qualitativa, que envolveu uma revisão bibliográfica e documental acerca dos temas envolvidos, elucidando os principais conceitos sobre sustentabilidade, eficiência energética e patrimônio cultural; e no estudo de caso, dados quantitativos, a partir das informações e levantamentos sobre a edificação estudada. A edificação selecionada para estudo foi a antiga Secretaria da Fazenda de Minas Gerais, que atualmente abriga o Memorial Minas Gerais Vale, em Belo Horizonte/MG, da qual foi realizada a análise de sombreamento da edificação e o pré-dimensionamento de um sistema solar fotovoltaico on-grid. Os resultados alcançados permitiram-nos identificar o potencial de economia de energia a partir da instalação do sistema solar fotovoltaico em edificações históricas, garantindo a preservação de seus atributos, como também a participação na redução das emissões de gases de efeito estufa.

Palavras-Chave: edifícios históricos, edifícios patrimoniais, patrimônio cultural, energia renovável, energia solar, sistema fotovoltaico.

ABSTRACT

The COP 27 performed in Egypt, in November 2022, showed a considerable increase in world electricity consumption, which alerts us once again to the need to think about and promote actions that expand the generation of electricity from renewable sources, since they present themselves as a favorable alternative for the reduction of greenhouse gas emissions in the scenario of climate change. At the same time, studies on energy efficiency in the context of historic buildings and how they can contribute to this process have been expanded. In view of this, this study aims to investigate the possibilities of using photovoltaic solar systems in historic buildings, ensuring the preservation of the buildings attributes and promoting the self-generation of electricity through renewable sources. For this, a methodology with a qualitative approach was used, which involved a bibliographic and documental review about the themes involved, elucidating the main concepts about sustainability, energy efficiency and cultural heritage; and quantitative data, based on information and surveys about the building studied. The building selected for the study was the former Minas Gerais Treasury Department, which currently houses the Memorial Minas Gerais Vale, in Belo Horizonte/MG, from which the shading analysis of the building and the pre-dimensioning of a photovoltaic solar system were carried out on grid. The results achieved allowed us to identify the potential for energy savings from the installation of the photovoltaic solar system in historic buildings, ensuring the preservation of their attributes, as well as the participation in the reduction of greenhouse gas emissions.

Keywords: historic buildings, heritage buildings, cultural heritage, renewable energy, solar energy, photovoltaic system.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Participação setorial no consumo de eletricidade.	13
Figura 2: Estrutura Textual do Trabalho.	14
Figura 3: Matriz energética brasileira	32
Figura 4: Tipos de sistemas fotovoltaicos	34
Figura 5: Passos metodológicos.	37
Figura 6: Mapa de contextualização.	39
Figura 7: Localização da edificação.	40
Figura 8: Alegoria da República.	42
Figura 9: Secretaria de Estado das Finanças, 1904.	43
Figura 10: Secretaria de Estado das Finanças, 1910.	43
Figura 11: Planta do subterrâneo da edificação.	46
Figura 12: Planta do pavimento térreo.	46
Figura 13: Planta do segundo pavimento.	47
Figura 14: Planta do Terceiro Pavimento.	47
Figura 15: Etapas construtivas.	48
Figura 16: Planta de cobertura.	49
Figura 17: Gráfico de temperaturas.	51
Figura 18: Mapa de produção de energia solar no território nacional.	52
Figura 19: Gráfico de radiação média mensal.	53
Figura 20: Gráfico de irradiação solar média diária.	53
Figura 21: Características do módulo fotovoltaico.	58
Figura 22: Pré-dimensionamento do sistema solar fotovoltaico.	59
Figura 23: Disposição das placas solares fotovoltaicas.	59
Figura 24: Vista parcial da fachada frontal e fachada lateral direita.	65
Figura 25: Vista parcial da fachada lateral esquerda.	65
Figura 26: Vista parcial da fachada frontal e fachada lateral esquerda.	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Instrumentos de proteção.....	21
Tabela 2 – Síntese dos conceitos	29
Tabela 3 – Dados de consumo de energia elétrica	50
Tabela 4 – Análise de sombreamento – 22 de março	55
Tabela 5 – Análise de sombreamento – 21 de junho	56
Tabela 6 – Análise de sombreamento – 22 de dezembro	57
Tabela 7 – Energia gerada.....	60
Tabela 8 – Cálculo do VPL, TIR, Lucratividade e Payback.....	63

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- BEN – Balanço Energético Nacional
- CB3E – Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações
- COP 27 – Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas 2022
- CGEE – Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
- EPE – Empresa de Pesquisa Energética
- GHI – *Global Horizontal Irradiation*
- GEE – Gases de Efeito Estufa
- ICOM – Conselho Internacional de Museus
- ICOMOS – Conselho Internacional de Monumentos e Sítios
- ICCROM – Centro Internacional para Estudo da Preservação e Restauração de Bens Culturais)
- IEPHA – Instituto Estadual do Patrimônio Histórico e Artístico
- IPHAN – Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional
- IPCC – Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas
- MME – Ministério de Minas e Energia
- MMGV – Memorial Minas Gerais Vale
- ODS – Objetivos do Desenvolvimento Sustentável
- ONU – Organização das Nações Unidas
- UNESCO – Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	Objetivos	12
1.1.1	Objetivo Geral	12
1.1.2	Objetivos Específicos	12
1.2	Problema	12
1.3	Justificativa	12
1.4	Estrutura da Pesquisa	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1	Patrimônio Cultural	16
2.1.1	Patrimônio Histórico Edificado	18
2.1.2	Legislações e instrumentos de proteção	20
2.1.3	Práticas de preservação	22
2.2	Sustentabilidade	25
2.2.1	Eficiência Energética	29
2.2.2	Sistema solar fotovoltaico	31
3	METODOLOGIA	37
4	ESTUDO DE CASO	39
4.1	De Secretaria de Estado a Museu	40
4.1.1	Características Construtivas	45
4.1.2	Caracterização climática de Belo Horizonte	51
5	RESULTADOS	54
5.1	Pré-dimensionamento solar fotovoltaico	54
5.1.1	Análise de sombreamento	54
5.1.2	Pré-dimensionamento do sistema fotovoltaico on-grid	58
5.1.3	Análise de viabilidade econômico-financeira	61
5.1.4	Redução da pegada de carbono	64
5.1.5	Análise do impacto visual	64
6	CONCLUSÕES	66
	REFERÊNCIAS	68
	APÊNDICES	75
	ANEXOS	76

1 INTRODUÇÃO

A partir da metade do século XX e do início do século XXI, é possível perceber um aumento no debate sobre a preservação e salvaguarda do patrimônio cultural, o que tem proporcionado uma ampliação conceitual. O discurso patrimonial passou a compreender e incluir um conjunto de “bens culturais” no objetivo de representar a multiplicidade e a diversidade de identidades coletivas. Fala-se, portanto, dos bens materiais, que incluem as edificações, os conjuntos urbanos, os sítios naturais, os sítios arqueológicos, entre outros, mas também dos bens imateriais, sendo eles os modos de criar, fazer e viver, formas de expressão, lugares etc. (CASTRIOTA, 2009; IPHAN, 2019).

Segundo Castriota (2009, p. 11), “entramos no século XXI com o patrimônio ocupando um papel central na reflexão não só sobre a cultura, mas também nas abordagens que hoje se fazem presente e do futuro das cidades, do planejamento urbano e do próprio meio-ambiente”. Toda essa ampliação conceitual, de acordo com ele, se deu pelo avanço da globalização, cujo resultado tem conduzido a uma certa “padronização” do mundo, com a uniformização de valores, comportamentos e estilos de vida” (CASTRIOTA, 2009, p. 11). Essa temática constitui-se, portanto, um campo em constante transformação e expansão, tendo em vista a urgente necessidade de se manter, salvaguardar e preservar o patrimônio cultural de um povo, em especial, o patrimônio histórico edificado, testemunho físico de tempos passados.

De acordo com Alvorcem (2019, p. 29), as edificações históricas, “representam a cultura de uma época e são importante fonte de pesquisa e preservação da identidade cultural de um povo”. Essas edificações, inseridas no ambiente construído, são de fundamental importância para a preservação da memória, seja por sua importância histórico-artística ou pela validação e significação cultural da comunidade na qual está inserida. Assim, manter a ocupação desses edifícios e a sua correta manutenção, prolongar sua vida útil e garantir a sua reabilitação ajudam na preservação do patrimônio cultural de uma cidade (ALVORCEM, 2019). Contudo, ela afirma que essas “edificações que se mantêm em uso passam a ser questionadas quanto a sua eficiência energética”, uma vez que não foram construídas seguindo esse princípio. Além disso, ela aponta que “a sustentabilidade na arquitetura [tornou-se] um desafio mundial, diante da preocupação com a escassez dos recursos naturais e energéticos” (ALVORCEN, 2019, p. 31).

Conforme apresentado por Japiassu (2019, p. 30), com a preocupação com a sustentabilidade ambiental associada às crises energéticas, “a busca pela integração de estratégias de eficiência energética [...] tem se tornado recorrente”, em especial no ambiente construído. Segundo a autora (2019, p. 24), “no contexto das edificações históricas e tombadas, as intervenções seguem princípios, tais como distinguibilidade; mínima intervenção; reversibilidade; e incompatibilidade de técnicas e materiais” que acabam limitando as ações no edifício histórico, no que diz respeito à eficiência energética. Para uma correta intervenção, Japiassu (2019) defende a necessidade de uma compreensão holística do bem, de forma que se proponha estratégias que garantam a melhoria do desempenho energético da edificação, sem causar prejuízo aos atributos do bem patrimonial. Entretanto, “a preocupação e responsabilidade em adaptar a construção antiga às novas diretrizes de conforto [ainda seja] um assunto bastante delicado” (FARIA *et al.*, 2017, p. 1761).

Por certo, os conceitos de patrimônio histórico e sustentabilidade, embora distintos, possuem similaridades, pois ambos se preocupam com a preservação, seja pela garantia do testemunho físico da identidade de um povo, seja ambiental, pela responsabilidade com o crescimento do consumo da sociedade contemporânea (FELICIO, 2017). Não obstante, destaca-se, no contexto deste trabalho, a Agenda 2030 publicada em 2015 pela Assembleia Geral da ONU, da qual se aponta o ODS 7.3, que objetiva “dobrar a taxa global de melhoria de eficiência energética”, e o ODS 11.4, que objetiva “fortalecer esforços para proteger e salvaguardar o patrimônio cultural e natural do mundo” (ONU, 2015).

Assim, no encontro entre esses dois campos, patrimônio e sustentabilidade, busca-se, a partir deste estudo, ampliar as discussões a respeito da eficiência energética em edifícios históricos, uma vez que tais estudos representam uma importante ferramenta para geração de dados e informações capazes de subsidiar proposições eficientes de economia de energia para este setor, uma vez que ele aparece entre os maiores consumidores de energia elétrica no país.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral desta pesquisa é avaliar o uso de sistemas solares fotovoltaicos em edificações históricas, a partir do estudo de caso do edifício da antiga Secretaria de Estado da Fazenda, que atualmente abriga o Memorial Minas Gerais Vale, em Belo Horizonte – MG.

1.1.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos desta pesquisa são:

1. Identificar os tipos de sistemas solares fotovoltaicos disponíveis e suas implicações arquitetônicas no contexto patrimonial;
2. Estimar o potencial de economia a partir da autogeração de energia com sistemas solares fotovoltaicos e *payback* do investimento;
3. Verificar a redução da pegada de carbono a partir da utilização dos sistemas solares fotovoltaicos;
4. Analisar se tal instalação causaria algum impacto visual na edificação.

1.2 Problema

O principal problema endereçado nesta investigação é a identificação das possibilidades da utilização/implantação de sistemas solares fotovoltaicos em edificações históricas.

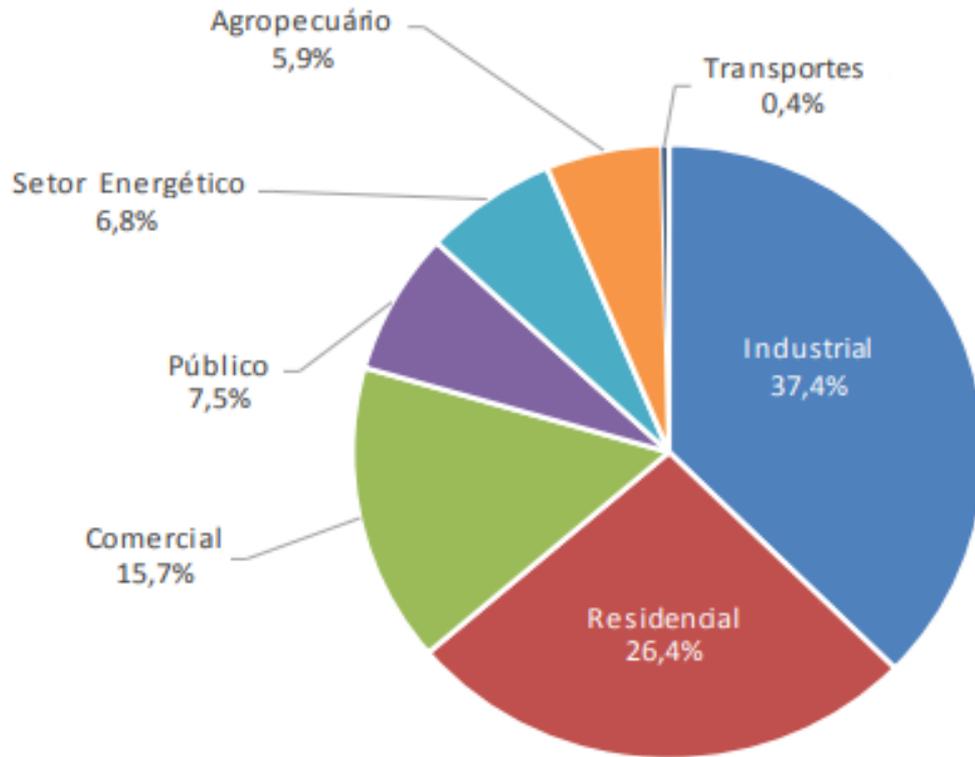
Nesta discussão, existem três questões chaves: (1) a compreensão da importância da preservação dos edifícios históricos, bem como os atributos que lhes confere valor, (2) a possibilidade de integração de sistemas fotovoltaicos no patrimônio arquitetônico frente as legislações vigentes e (3) e a redução da pegada de carbono a partir da alteração da matriz energética, mesmo que parcialmente.

1.3 Justificativa

No Brasil, o setor de edificações (residencial, comercial e serviços) aparece entre os maiores consumidores de energia elétrica. Conforme dados do Balanço

Energético Nacional (BEN) de 2022, o consumo de energia elétrica no país em 2021 foi de 570,8 TWh, e a participação do setor de edificações públicas neste consumo representa uma parcela de 7,5% (Figura 1), resultando em 42,81 TWh (EPE, 2022).

Figura 1: Participação setorial no consumo de eletricidade.



Fonte: EPE, 2022 (Ano Base 2021), adaptado pelo autor.

O uso da energia elétrica de maneira eficiente é uma das principais preocupações mundiais no contexto contemporâneo, e observa-se que ainda são poucos os estudos que demonstram a contribuição das medidas de eficiência energética no potencial de economia de energia em edificações de valor histórico no Brasil (ALVORECEM, 2019; JAPIASSU, 2019). Portanto, conhecer o comportamento energético dos edifícios históricos torna-se o primeiro passo para a identificação do potencial de economia de energia existente nos mesmos e o consequente desenvolvimento de diretrizes voltadas para a sua eficiência energética. Ademais, a impossibilidade de modificar sistemas construtivos, elementos e componentes das envoltórias, entre outras modificações físicas nas edificações históricas podem dificultar o alcance da eficiência energética, uma vez que a edificação não foi concebida pensando-se nesse conceito.

Pesquisas nesta área passam por grandes desafios no país, seja pela ausência de índices de referências no setor, seja pela dificuldade de acessar os dados de consumo dos edifícios existentes. Com isso, por meio de um estudo de caso, esta pesquisa visa identificar as possibilidades de integração de sistemas solares fotovoltaicos no edifício da antiga Secretaria de Estado da Fazenda, que atualmente abriga o Memorial Minas Gerais Vale. Destaca-se ainda que essa pesquisa se insere nas discussões contemporâneas acerca da eficiência energética e dos critérios de sustentabilidade aplicados ao processo de intervenção em edificações históricas, buscando a sua conservação a partir de soluções que melhorem o seu desempenho ambiental, sem que haja perdas dos valores e significância cultural.

1.4 Estrutura da Pesquisa

A estrutura textual deste trabalho está organizada em seis capítulos conforme apresentado na Figura 2:

Figura 2: Estrutura Textual do Trabalho.



Fonte: O autor, 2023.

O primeiro capítulo, a introdução, contém uma breve contextualização do assunto abordado, apresenta a importância do tema trabalhado, os objetivos desta investigação, a problemática envolvida na pesquisa e a justificativa para o seu desenvolvimento, e, por fim, a estrutura dos elementos textuais que compõem o trabalho.

O segundo capítulo, o referencial teórico, apresenta uma revisão bibliográfica, na qual são abordados os conceitos referentes às duas grandes áreas deste trabalho, a saber patrimônio cultural e sustentabilidade, compreendendo as principais explicações sobre esses temas. Nele, são apresentados os principais conceitos e abordagens sobre patrimônio cultural, legislações e instrumentos de proteção, incluindo um breve panorama sobre as cartas patrimoniais e sobre as práticas de preservação; e sobre sustentabilidade, fazendo uma breve exposição do desenvolvimento deste conceito. Ademais, introduz-se a temática desta pesquisa, eficiência energética, abordando seus principais conceitos e elucidando as principais questões sobre os sistemas solares fotovoltaicos.

O terceiro capítulo aborda a metodologia utilizada para se alcançar os objetivos propostos neste estudo, incluindo os passos metodológicos para cada etapa de seu desenvolvimento.

O quarto capítulo, o estudo de caso, descreve a edificação estudada, sua caracterização formal e estilística, sua contextualização histórica e aspectos relevantes desde a sua construção até o restauro realizado em 2007, reabilitando-a e modificando-a para uma nova função, a de ser um museu. Além disso, é apresentada, também, a caracterização climática da cidade de Belo Horizonte/MG e informações pertinentes ao tema.

O quinto capítulo descreve os resultados alcançados por essa investigação, e no sexto e último capítulo são apresentadas as conclusões obtidas ao longo do trabalho e as considerações finais visando atender os objetivos propostos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Segundo Japiassu (2019), a partir da crise energética no Brasil, em 2001, o setor de edificações se tornou tema de diversas políticas públicas e programas nacionais desenvolvidos e implantados na busca de melhorias no desempenho energético do edifício, na redução de consumo e na produção de energia. Essas estratégias passaram a incorporar os projetos, sejam eles de edificações novas ou intervenções nas edificações existentes.

Dada a relevância da ação de intervenção com vista à obtenção de desempenho ambiental, dentro do contexto atual de crise energética e frente à preocupação com a sustentabilidade, este capítulo apresenta o referencial teórico-bibliográfico, trazendo explicações dos principais conceitos abordados na elaboração e entendimento deste estudo. Apresenta-se, pois, uma contextualização, alguns conceitos e legislações acerca das duas grandes áreas, patrimônio cultural e sustentabilidade, e, também, dos recortes específicos para essa pesquisa, patrimônio histórico edificado e eficiência energética.

2.1 Patrimônio Cultural

A palavra patrimônio, segundo Carlan e Funari (2010, p. 16), tem sua origem no latim, *patrimonium*, “que significava, entre os antigos romanos, tudo o que pertencia ao pai, *pater* ou *pater familias*, pai de família”. De acordo com esses autores, a família compreendia tudo aquilo que estava sob domínio do seu senhor, incluindo a mulher, os filhos, os escravos, os animais, os bens móveis e imóveis, isto é, todos os bens pertencentes aos pais e que eram transmitidos para os seus filhos (VIEIRA; SOUZA DA SILVA, 2021). “Isso tudo era o *patrimonium*, tudo que podia ser legado por testamento” (CARLAN; FUNARI, 2010, p. 16),

Nesse sentido, Choay (2006, p. 11) apresenta que a palavra patrimônio “estava, na sua origem, ligada às estruturas familiares, econômicas e jurídicas de uma sociedade estável, enraizada no espaço e no tempo”. Ademais, a autora traz o verbete do *Dictionnaire de la langue française* de É. Littré, que o conceitua como “bem de herança que é transmitido, segundo as leis, dos pais e das mães aos filhos” (CHOAY, 2006, p. 11). Em consonância, o Dicionário da Academia Brasileira de Letras (2008, p. 960) o identifica como “bens herdados ou adquiridos por uma pessoa ou instituição”. Logo, compreende-se que o termo patrimônio era, inicialmente, associado aos

interesses da aristocracia, aos valores patriarcais, individuais e privativos, que eram transmitidos entre famílias, a cada geração (CARLAN; FUNARI, 2010; VIEIRA; SOUZA DA SILVA, 2021).

Historicamente, apenas a partir do século XVIII, após a Revolução Francesa, que o termo patrimônio se tornou uma preocupação do Estado, passando a ser “compreendido substancialmente a partir da sua materialidade, como os monumentos e os prédios históricos construídos para durar ao longo dos anos” (VIEIRA; SOUZA DA SILVA, 2021, p. 181), “vinculando-se a uma ideia de nação, amalgamada por símbolos de um passado comum” (FERREIRA, 2006, p. 81). Ademais, é no período compreendido como entreguerras que surge a necessidade de se preservar e recuperar o que fora destruído, e o termo patrimônio passa a ser associado à concepção de cultura, consolidando-se a categoria de Patrimônio Cultural (VIEIRA; SOUZA DA SILVA, 2021), embora ainda não como a conhecemos hoje.

A partir dessa ampliação conceitual, Choay (2006, p. 11) mostra-nos que há uma requalificação da palavra patrimônio a partir da inserção de diversos adjetivos a ela, como, por exemplo, genético, histórico, natural, cultural, entre outros, a transformando em um conceito “nômade”, seguindo “uma trajetória diferente e retumbante” (CHOAY, 2006, p. 11). Com isso, a palavra patrimônio passa a compor “um léxico (...) de expressões cuja característica principal é a multiplicidade de sentidos e definições que a elas podem ser atribuídos” (FERREIRA, 2006, p. 79).

Ferreira (2006, p. 79) coloca que, ao se falar de patrimônio, comumente evoca-se um sentido de permanência do passado, cuja necessidade é de “resguardar algo significativo no campo das identidades”, e associa essa relação dos processos identitários à afirmação de Poulot, que diz que “a história do patrimônio é a história da construção do sentido de identidade e mais particularmente, dos imaginários de autenticidade” (POULOT *apud* FERREIRA, 2006, p. 79). Por outro lado, na contemporaneidade, ele pode ser reconhecido, a partir do pensamento de Gonçalves (2003 *apud* FERREIRA, 2006, p. 79), como “categoria de pensamento”, no qual ele passa a ser abarcado como um grande e constante esforço de salvaguardar “o passado no futuro”, uma “herança cultural do passado, vivida no presente, que será transmitida às futuras gerações” (RODRIGUES, 2017, p. 355). No entanto, para que ele exista, torna-se “necessário que ele seja reconhecido, eleito, que lhe seja conferido valor, o que se dá no âmbito das relações sociais e simbólicas que são tecidas ao

redor do objeto ou do evento em si” (FERREIRA, 2006, p. 79), ou seja, “há uma legitimação social e política do que é [ou não] patrimônio” (RODRIGUES, 2017, p. 355).

(...) todo aquele que sendo objeto, construção ou ambiente, a sociedade lhe atribua um valor especial, estético, artístico, documental, ecológico, histórico, científico, social ou espiritual e que constitua um patrimônio cultural essencial a transmitir às gerações futuras. (BRAGA *apud* ALVORCEM, 2019, p. 34).

Com isso, percebe-se que o patrimônio cultural passa a ser compreendido como um constructo social, “uma representação, material ou imaterial, da cultura e identidade de um grupo social, presente na memória e envolvimento de valores atribuídos pelos membros” (VIEIRA; SOUZA DA SILVA, 2021, p. 181), “coletivamente construídos, partilhados e reproduzidos ao longo do tempo” (RODRIGUES, 2017, p. 337).

Conforme Garcia (2015, p. 4), o termo “abrange uma gama de fenômenos, abordando o ambiente construído, o ambiente natural e aspectos imateriais”. De acordo com Ghirardello e Spisso (2008, p. 13), pode-se considerar patrimônio “todos os bens, materiais e imateriais, naturais ou construídos, que uma pessoa ou povo possui ou consegue acumular”. Nessa perspectiva, Castriota (2009, p. 86) aborda a importância de se considerar “a amplitude do patrimônio cultural, que deve ser contemplado em todas as suas variantes: devem-se trabalhar todos os suportes da memória - as edificações e os espaços, mas também os documentos, as imagens e as palavras”. Enfim, trata-se de um conceito ambíguo, polissêmico, “uma construção social cujo significado se reveste de diferentes atributos conforme quem o emprega, o tempo histórico e a finalidade com que o emprega” (POULOT *apud* ZANIRATO *et al.*, 2021, p. 257).

2.1.1 Patrimônio Histórico Edificado

Para ampliar a reflexão aqui proposta, introduzir-se-á, neste momento, o termo patrimônio acompanhado do adjetivo histórico, como “expressão que designa um bem destinado ao usufruto de uma comunidade (...), constituído pela acumulação contínua de uma diversidade de objetos que congregam por seu passado comum” (CHOAY, 2006, p. 11). Para Choay (2006, p. 12), entre os bens incomensuráveis e heterogêneos do patrimônio histórico, as edificações são as representam o exemplar

que se relaciona mais diretamente com a vida de todos, e, por esse motivo, ela as escolhe como representante do patrimônio histórico. Segundo ela, “a arquitetura é o único meio de que dispomos para conservar um laço com o passado ao qual devemos nossa identidade, e que é parte de nosso ser” (CHOAY, 2006, p. 139).

Complementando seu pensamento, recorreu-se aos escritos de Jhon Ruskin, especificamente ao texto “A lâmpada da memória¹”, que nos sugere que “podemos viver sem ela (a arquitetura), e orar sem ela, mas não podemos rememorar sem ela” (RUSKIN, 2008, p. 54), e que, por esse motivo, a “a arquitetura deve ser feita histórica e preservada como tal” (RUSKIN, 2008, p. 55).

Assim, quando construirmos, lembremo-nos de que construímos para sempre. Que não seja para o deleite presente, nem para o uso presente; que seja uma obra tal que nossos descendentes nos sejam gratos por ela; que nós pensemos, enquanto colocamos pedra sobre pedra, que virá um tempo em que aquelas pedras serão consideradas sagradas porque nossas mãos as tocaram, e que os homens dirão ao contemplar a obra e a matéria trabalhada, “vejam! Nossos pais fizeram isso por nós!”. (RUSKIN, 2008, p. 67).

A arquitetura torna-se, portanto, um “testemunho vivo da memória de um povo (FELICIO, 2017, p. 14), portadora de tempo e de vivências, onde “mais do que reconstruir o passado supostamente conservado ou retido, a preocupação subliminar é garantir o presente e projetá-lo em um devir” (FERREIRA, 2006, p. 80), de forma que continue rememorando e testemunhando esse passado, em um fluxo permanente.

Com isso, depreende-se que as edificações, compreendidas como exemplar representativo do patrimônio histórico, produzidas no passado e reconhecidas no presente, além de uma importante fonte de pesquisa, são de fundamental relevância para a preservação da memória, da identidade dos povos e de suas culturas. Por esse motivo, é de suma importância sua preservação e conservação, a fim de garantir seu prolongamento no espaço e no tempo.

Sabe-se, portanto, que não se deve restringir o termo patrimônio ao acréscido do adjetivo “histórico” aqui introduzido, uma vez que seu conceito tem se ampliado progressivamente, e várias definições podem a ele serem atribuídas, mas a ênfase que aqui foi dada tem por objetivo elucidar o enfoque desta pesquisa.

¹ Título original: *The lamp of memory*

2.1.2 Legislações e instrumentos de proteção

No Brasil, a Constituição Federal de 1988, no Artigo 216, altera o conceito de patrimônio que outrora fora colocado pelo Decreto-lei nº 25, de 30 de novembro de 1937, que estabelecia como patrimônio “o conjunto de bens móveis e imóveis existentes no País e cuja conservação seja de interesse público, quer por sua vinculação a fatos memoráveis da história do Brasil, quer por seu excepcional valor arqueológico ou etnográfico, bibliográfico ou artístico” (BRASIL, 1937), passando a incorporar o “conceito de referência cultural e a definição de bens passíveis de reconhecimento, sobretudo os de caráter imaterial” (IPHAN, 2019, p. 8), conceituando-o como sendo “os bens de natureza material e imaterial, tomados individualmente ou em conjunto, portadores de referência à identidade, à ação, à memória dos diferentes grupos formadores da sociedade brasileira” (BRASIL, 1988).

A partir dessa redefinição realizada pela Constituição, estabeleceu-se como patrimônio cultural as formas de expressão; os modos de criar, fazer e viver; as criações científicas, artísticas e tecnológicas; as obras, objetos, documentos, edificações e demais espaços destinados às manifestações artísticas-culturais; os conjuntos urbanos e sítios de valor histórico, paisagístico, artístico, arqueológicos, paleontológico, ecológico e científico (BRASIL, 1988), e determinou-se que a gestão desses bens cabe à administração pública. Com isso, os órgãos responsáveis pela salvaguarda, conservação e monitoramento do patrimônio nacional atuam nas três instâncias: federal, estadual e municipal, buscando proteger e promover os bens culturais, assegurando sua permanência e usufruto para as gerações presentes e futuras (IPHAN, 2019).

Atualmente, o ente federal responsável pela salvaguarda do patrimônio cultural a nível nacional é o IPHAN – Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional, que apresenta como patrimônio cultural “tudo o que criamos, valorizamos e queremos preservar: são monumentos e obras de arte, e também as festas, as músicas e danças, os folguedos e as comidas, os saberes, fazeres e falares, tudo enfim que produzimos com as mãos, as ideias e a fantasia” (IPHAN, 2019, p. 8).

Em Minas Gerais, o órgão responsável pela preservação do patrimônio a nível estadual é o IEPHA/MG - Instituto Estadual do Patrimônio Histórico e Artístico de Minas Gerais, que considera como patrimônio cultural todos “os bens de natureza material e imaterial que expressam ou revelam a memória e a identidade das

populações e comunidades” (IEPHA, 2020), e como exemplo de bens patrimoniáveis, têm-se os “arquivos, edificações, conjuntos urbanísticos, sítios arqueológicos, ruínas, museus, festas, celebrações, lugares, ofícios, saberes” (IEPHA, 2020), entre outros, que por sua importância histórica e cultural, precisam ser conservados e preservados como legado para futuras gerações.

Em Belo Horizonte, o ente municipal responsável pela proteção do patrimônio é a Diretoria de Patrimônio Cultural, e define como patrimônio cultural

o conjunto das manifestações produzidas socialmente ao longo do tempo, seja no campo das artes, nos modos de viver, nos ofícios, festas, lugares ou na paisagem da própria cidade, com seus atributos naturais, tangíveis, intangíveis e edificados. As edificações, o traçado da cidade, o desenho dos passeios, as praças, o paisagismo, as manifestações culturais, os costumes, os saberes, celebrações e práticas culturais são referências simbólicas e afetivas dos cidadãos em relação ao espaço vivido, e constituem a imagem e a identidade de sua cidade (BELO HORIZONTE, 2018).

Os mecanismos de proteção utilizados por esses entes visam garantir de forma legal a salvaguarda e preservação dos bens culturais, sejam eles de natureza material, imaterial, natural ou arqueológica. Os instrumentos utilizados (Tabela 1) variam de acordo com a natureza do bem.

Tabela 1 – Instrumentos de proteção

Tombamento	Aplicado aos bens materiais, é o mais antigo instrumento de proteção em utilização, que proíbe a destruição de bens culturais tombados, colocando-os sob vigilância. Para que um bem seja tombado, é necessário um processo administrativo, até ser inscrito em pelo menos um dos quatro Livros do Tombo ²
Valoração	Aplicado ao Patrimônio Cultural Ferroviário e atribuído ao órgão nacional (IPHAN) a função de administrar os bens ³
Chancela	Aplicado à Paisagem Cultural, a fim de reconhecer a importância cultural de porções peculiares do território nacional ⁴
Registro	Aplicado aos bens imateriais, também a partir de um processo administrativo, até ser registrado em pelo menos um dos Livros de Registro ⁵

² Livro do Tombo Arqueológico, Etnográfico e Paisagístico; Livro do Tombo Histórico; Livro do Tombo das Belas Artes; e Livro do Tombo das Artes Aplicadas.

³ Instituído pelo IPHAN a partir da Portaria nº 407/2010, a Lista do Patrimônio Cultural Ferroviário onde estão inscritos os bens oriundos do espólio da extinta RFFSA. (IPHAN, 2019, p. 11).

⁴ Instituído pelo IPHAN a partir da Portaria nº 127/2009, promovendo um pacto entre poder público, sociedade civil e iniciativa privada, visando uma gestão compartilhada do território reconhecido. (IPHAN, 2019, p. 11)

⁵ Livro de Registro das Formas de Expressão; Livro de Registro de Lugares; Livro de Registro de Celebrações; e Livro de Registro dos Ofícios.

Cadastro	Aplicado aos bens arqueológicos, com informações e detalhamentos técnicos e filiação cultural dos sítios arqueológicos ⁶
Inventário	Atividade sistemática e permanente de identificação, pesquisa, documentação e gestão do patrimônio cultural

Fonte: IPHAN, 2019; IEPHA, 2020, adaptado pelo autor.

2.1.3 Práticas de preservação

Atualmente, “a importância da preservação ganha novas demandas, decorrente do necessário entendimento de diminuir o impacto sobre o ambiente construído” (ALVORCEM, 2019, p. 35). Com isso, torna-se necessário compreender a prática das intervenções em edificações históricas e seus conceitos.

Como *conservação*, a Carta de Burra (1980) apresenta “os cuidados a serem dispensados a um bem para preservar-lhe as características que apresentem uma significação cultural” (IPHAN, 2000, p. 1). Ainda, “de acordo com as circunstâncias, a conservação implicará ou não a preservação ou a restauração, além da manutenção” (IPHAN, 2000, p. 1). O documento de revisão da Carta de Burra (2013) diz que “significa todos os processos de prestação de cuidados a um sítio de tal forma que ele retenha o seu significado cultural” (ICOMOS, 2013, p. 6). Segundo a NBR 16636-1⁷, trata-se de um “conjunto de atividades realizadas ao longo da vida útil projetada da edificação e espaços construídos ou seus sistemas, para assegurar a continuidade dos parâmetros de desempenho, em conformidade com os requisitos do usuário” (ABNT, 2017, p. 4). Ou seja, são medidas que visam garantir a perenidade de um bem, que, conforme a Carta de Veneza (1964), “exige, antes de tudo, manutenção permanente” (IPHAN, 2000, p. 2).

Como *manutenção*, a Carta de Burra (1980) apresenta “a proteção contínua da substância, do conteúdo e do entorno de um bem, e não deve ser confundido com o termo reparação” (IPHAN, 2000, p. 1). Segundo a NBR 16636-1, trata-se de um “conjunto de atividades que devem ser realizadas ao longo da vida útil projetada da edificação, para conservar ou recuperar a sua capacidade funcional e de seus

⁶ Instituído pelo IPHAN a partir da Portaria nº 241/1998.

⁷ Sobre Elaboração e desenvolvimento de serviços técnicos especializados de projetos arquitetônicos e urbanísticos. ABNT, 2017.

sistemas constituintes, atendendo às necessidades e segurança dos seus usuários” (ABNT, 2017, p. 9). Ou seja, significa cuidados contínuos para a proteção da matéria.

Como *preservação*, a Carta de Burra (1980) apresenta “a manutenção no estado da substância de um bem e a desaceleração do processo pelo qual ele se degrada” (IPHAN, 2000, p. 1). Segundo a NBR 16636-1, sobre Elaboração e desenvolvimento de serviços técnicos especializados de projetos arquitetônicos e urbanísticos, a preservação é um “conjunto de procedimentos e ações organizadas e integradas que objetivam manter a integridade e perenidade do patrimônio edificado, urbanístico ou paisagístico” (ABNT, 2017, p. 20). Ou seja, trata-se da “manutenção de um bem no estado físico em que se encontra e a desaceleração de sua degradação” (GHIRARDELLO; SPISSO, 2008, p. 14) visando seu prolongamento e salvaguarda.

Como *restauro*, Brandi (2005, p. 25) apresenta como “qualquer intervenção voltada a dar novamente eficiência a um produto da atividade humana”, sinônimo de reparação ou de restituição de um estado anterior da obra (BRANDI, 2005). Viollet-le-Duc (2006), por sua vez, apresenta que “restaurar um edifício não é mantê-lo, repará-lo ou refazê-lo, é restabelecê-lo em um estado completo que pode não ter existido nunca em um dado momento” (VIOLLET-LE-DUC, 2006, p. 29). Boito (2008), no entanto, elabora sua teoria da restauração baseada no oposto dos pensamentos de Viollet-le-Duc, ao qual crítica e analisa para encontrar sua própria tese, que foi sintetizada em dois tópicos:

1º é necessário fazer o impossível, é necessário fazer milagres para conservar no monumento o seu velho aspecto artístico e pitoresco; 2º é necessário que os complementos, se indispensáveis, e as adições, se não podem ser evitadas, demonstrem não ser obras antigas, mas obras de hoje (BOITO, 2008, p. 60-61).

A Carta de Burra (1980) apresenta como “o restabelecimento da substância de um bem em um estado anterior conhecido” (IPHAN, 2000, p. 1). A restauração é interpretada como um conjunto de intervenções que proporcionam a recuperação da imagem, da concepção original ou do momento áureo a história da edificação (GUIMARÃES *apud* ALVORCEM, 2019, p. 38). A Carta de Veneza (1964) apresenta como “uma operação de caráter excepcional”, cujo objetivo deve ser “conservar e revelar os valores estéticos e históricos do monumento” (IPHAN, 2000, p. 2). Ainda, “pode ser compreendido como o reestabelecimento da substância de um bem a um estado anterior conhecido, para se tornar novamente eficiente a uma atividade humana” (GASPARY *apud* ALVORCEM, 2019, p. 38).

A partir da década de 1990, questões sobre sustentabilidade foram incorporadas no campo da arquitetura e do urbanismo, inserindo novos paradigmas e a necessidade de se repensar o modo de intervenções no ambiente construído. Passou-se, portanto, de propostas teóricas para uma emergente necessidade da preservação do patrimônio edificado e da condição humana (ALVORCEM, 2019). Com isso, novas práticas foram adotadas para a reabilitação de edifícios, sendo o *retrofit* um dos mais utilizados na contemporaneidade.

Guimarães (2017, *apud* ALVORCEM, 2019, p. 36), coloca que essa técnica propõe uma adequação da edificação existente às necessidades dos atuais usuários, sendo incorporadas a essas edificações tecnologias que propiciem economia energética, sistema de dados, proteção e combate a incêndio, sistemas elétricos e hidráulicos e a renovação de materiais e revestimentos, garantindo, com isso, o aumento da vida útil do edifício. Essa prática, se executada de forma adequada, “é capaz de contribuir para a recuperação e preservação das edificações, pois alia novas tecnologias e materiais a edificações históricas, tornando-as mais eficientes e compatíveis com as atuais necessidades da edificação” (ALVORCEM, 2019, p. 37).

A NBR 15.575-1⁸, apresenta como retrofit a “remodelação ou atualização do edifício ou de sistemas, através da incorporação de novas tecnologias e conceitos, normalmente visando valorização do imóvel, mudança de uso, aumento da vida útil, eficiência operacional e energética” (ABNT, 2013, p. 9), e a Instrução Normativa nº 2 de 2014, considera como “qualquer Edificação Pública Federal nova ou que passar por reforma que altere os sistemas de iluminação, condicionamento de ar ou a envoltória da edificação deve obter a Etiqueta PBE Edifica” (MMA, 2014, p. 35).

A utilização de edificações históricas presentes no ambiente construído das cidades traz benefícios para sustentabilidade na construção civil. A importância da preservação ganha novas demandas na contemporaneidade, decorrente do necessário entendimento de diminuir o impacto sobre o ambiente construído provocado pelo uso dos bens de consumo. A preservação e os novos usos dados aos edifícios e objetos contribuem para a redução de energia e matéria-prima necessária para a produção de novas edificações (FELICIO, 2017; ALVORCEM, 2019).

Nesse contexto, o uso museológico surge como alternativa no que se relaciona aos edifícios históricos. Assim como o termo patrimônio se ampliou consideravelmente

⁸ Sobre Edificações habitacionais. ABNT, 2013.

ao longo da história, o conceito de museu também tem se atualizado. Muito embora, uma diacronia do termo não seja objeto deste estudo, torna-se necessário, para entender o museu contemporâneo, dotado de tecnologia, compreender que sua vocação inicial foi a de reunir objetos, dos mais diversos, nos gabinetes de curiosidades, depois, passou a reunir obras de artes e dispô-las em grandes salões, para, por fim, chegar ao conceito de caixa preta, no qual o espaço expositivo adquire flexibilidade, aproximando-se de um teatro (MARÇAL; CAMPANHOL, 2010; SABINO, 2012; COSTA, 2012).

Considera-se, portanto, que as práticas de preservação supracitadas são instrumentos para implantação da sustentabilidade das edificações, pois propiciam a maximização do ciclo de vida dos edifícios existentes e a requalificação da estrutura urbana ao seu redor. Evitam demolições, qualificam as edificações e contribuem para a redução de consumo de energia e matéria prima necessária para a produção de novas edificações.

2.2 Sustentabilidade

A Revolução Industrial desenrolada no findar do século XVIII serviu de ponto de partida para grandes mudanças em todo o mundo. Contudo, alterações nas atividades produtivas desencadearam, também, uma série de questões ambientais (POTT; ESTRELA, 2017). É notório que à medida que a humanidade avança no processo de intervenção na natureza, a partir dos objetivos de satisfazer suas necessidades e desejos cada vez mais crescentes, algumas tensões, conflitos e crises surgiram no que tange o uso dos espaços e dos recursos naturais disponíveis no meio ambiente (VAN BELLEN, 2004).

O que vivemos hoje no tocante “ambiental” é um reflexo de um passado no qual o desenvolvimento era pautado apenas com enfoque econômico, sem a devida preocupação com as limitações dos recursos naturais, emissões de gases poluentes, e outros fatores envolvidos no âmbito ecológico (POTT; ESTRELA, 2017). Diante disso, entre as décadas de 1960 e 2000, uma série de acordos e convenções foram realizadas a fim de tornar o desenvolvimento econômico menos impactante ao meio ambiente a à humanidade. Há, neste momento, o despertar de um pensamento ecológico, a busca por modelos de desenvolvimentos com menores impactos no meio

ambiente e o surgimento de novas terminologias na literatura científica (POTT; ESTRELA, 2017; FEIL; SCHREIBER, 2017).

No ano de 1972, aconteceu em Estocolmo a Primeira Conferência Mundial sobre o Homem e o Meio Ambiente, cujo objetivo era de entender as relações entre o homem e o meio ambiente, partindo do pressuposto de que o ambiente não é uma fonte inesgotável de recursos. Cria-se, pela sociedade científica, uma percepção de graves problemas futuros, resultantes da ação do homem no meio ambiente, como por exemplo a poluição atmosférica provocada pelas indústrias, a poluição em lagos e rios, efeitos de inversão térmica e ilhas de calor, entre outros problemas ambientais (GURSKI; GONZAGA; TENDOLINI, 2012). Nesse período, surge o conceito de “ecodesenvolvimento”, cujos princípios foram denominados como: “satisfação das necessidades básicas; solidariedade com as gerações futuras; participação popular; preservação do meio ambiente; e a criação de programas educacionais” (BRUSEK *apud* GURSKI; GONZAGA; TENDOLINI, 2012, p.73).

Em 1979, em Genebra, aconteceu a Convenção Internacional destinada a proteger o ambiente contra os efeitos negativos da poluição do ar e a prevenir e reduzir gradualmente a degradação da qualidade do ar e os seus efeitos, incluindo a precipitação ácida, a acidificação das massas de água e dos solos e a eutrofização. Nesse momento, percebeu-se que um polo industrial não causava impactos apenas em suas proximidades, mas poderia atingir diversos outros lugares, ou seja, uma ação isolada que possui efeito global.

Nesse cenário, a ONU assume o papel de organizar e promover acordos mundiais para facilitar o entendimento entre as nações, e estabelecerem metas para a redução da poluição. A partir da criação do Programa Comum de Vigilância Contínua e de avaliação do transporte a longa distância dos poluentes atmosférico, objetivou-se reduzir as emissões de enxofre, azoto, compostos orgânicos voláteis, metais pesados, compostos orgânicos persistentes, além da redução da acidificação, eutrofização e ozônio troposférico (GURSKI; GONZAGA; TENDOLINI, 2012).

Quase uma década depois, em 1987, tem-se o Protocolo de Montreal, um Tratado Internacional para a redução da emissão de substâncias que agredem a camada de ozônio, no qual os países signatários comprometeram-se a substituir as substâncias que reagem com ozônio (O₃) e que são responsáveis pelo “buraco da camada de ozônio” (GURSKI; GONZAGA; TENDOLINI, 2012).

Neste mesmo ano, o Relatório *Brundtland* (apud GONÇALVES; DUARTE, 2006, p. 52) apresenta o termo “desenvolvimento sustentável” cuja definição era “aquele que atende às necessidades do presente, sem comprometer o atendimento às necessidades das gerações futuras”, ou seja, é o desenvolvimento que não esgota os recursos da terra, sendo ecologicamente correto, economicamente viável, socialmente justo e culturalmente aceito. O relatório elaborado pela comissão mundial sobre meio ambiente e desenvolvimento traz uma visão crítica do modelo de desenvolvimento adotado pelos países industrializados e reproduzido pelas nações em desenvolvimento, e ressaltam os riscos do uso excessivo dos recursos naturais sem considerar a capacidade de suporte dos ecossistemas (GONÇALVES; DUARTE, 2006). Há, portanto, uma mudança no discurso, não se falando apenas em recursos naturais, mas em todo o ecossistema.

Nas décadas seguintes, aconteceram as conferências Eco-92, na cidade do Rio de Janeiro – Brasil, em 1992, com o intuito de criar uma ação global para equilibrar as necessidades econômicas, sociais e recursos naturais, e, posteriormente, a Rio+10, em Johannesburgo, em 2002, cujo objetivo era de rever metas e estabelecer mecanismos para o desenvolvimento sustentável, cientes do desafio para melhorar o nível de consumo da população mais pobre e diminuir a pegada ecológica no âmbito mundial (GONÇALVES; DUARTE, 2006).

Nessas reuniões, protocolos internacionais foram firmados, a fim de rever as metas e elaborar mecanismos para o desenvolvimento sustentável. O desafio global de melhorar o nível de consumo da população mais pobre e diminuir a pegada ecológica¹ e o impacto ambiental dos assentamentos humanos no planeta foi o grande tema em debate. (GONÇALVES; DUARTE, 2006, p. 52).

Em 1997, tem-se o Protocolo de Kyoto, Tratado internacional com compromissos mais rígidos para a redução da emissão dos gases que agravam o efeito estufa, considerados, de acordo com a maioria das investigações científicas, como causa antropogênica do aquecimento global. Além dessas, outras conferências e acordos foram criados a fim de revisar os objetivos e metas para minimizar os impactos causados no meio ambiente, como por exemplo, os relatórios IPCC, acordo dos EUA e China, acordo de Paris, entre outros (GONÇALVES; DUARTE, 2006).

Em 2015, 193 líderes mundiais se comprometeram com 17 Metas Globais com o intuito de separa alcançar 3 objetivos extraordinários nos próximos 15 anos, sendo eles a erradicação da pobreza extrema, o combate a desigualdade e injsutiça, e a

contenção da mudança climática, que resultou nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Destaca-se, no âmbito dessa investigação, o ODS 7, que visa assegurar o acesso confiável, sustentável, moderno e preço acessível à energia para todas e todos, cujas metas incluem o aumento da participação de energias renováveis na matriz energética global, além de dobrar a taxa global de melhoria da eficiência energética, e o ODS 11, que visa tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis, no qual uma das metas é de fortalecer esforços para proteger e salvaguardar o patrimônio cultural e natural do mundo (ONU, 2022).

Diante disso, conforme apresenta Van Bellen (2004, p. 67), “o final do século XX presenciou o crescimento da consciência da sociedade em relação à degradação do meio ambiente decorrente do processo de desenvolvimento”. A crise ambiental juntamente com a ação antropogênica conduziu a novos conceitos: sustentável, sustentabilidade e desenvolvimento sustentável. Esses conceitos passaram por discussões críticas a respeito de seus significados e das medidas necessárias para alcançá-los, conduzidas por forte mobilização em torno do tema (VAN BELLEN, 2004).

De acordo com Wackernagel & Rees (*apud* VAN BELLEN 2004, p. 72), “a base do conceito de sustentabilidade é a utilização dos serviços da natureza dentro do princípio da manutenção do capital natural, isto é, o aproveitamento dos recursos naturais dentro da capacidade de carga do sistema”; e a base do desenvolvimento sustentável (2004, p. 73) “é a capacidade de aumentar a economia, reduzindo as desigualdades sociais e os impactos ambientais”. Contudo, de acordo com eles, existe uma confusão envolvendo tais conceitos, uma vez que não são totalmente inocentes, mas, de alguma maneira, refletem os conflitos de interesse acerca do tema.

Feil e Schreiber (2017) apresentam que os termos sustentável, sustentabilidade e desenvolvimento sustentável são notáveis e aceitos em um nível global, porém, ainda são desprovidos de conceitos axiomáticos, ou seja, carece de consenso entre as terminologias, cujas variações se dão pelo número de perspectivas e vinculações ao contexto e ao campo de atuação, uma vez que essas questões são discutidas e direcionadas em quase todas as áreas de conhecimento. Por se tratar de um conceito abrangente, vê-se, portanto, uma dificuldade no seu entendimento.

Dada a complexidade, os pesquisadores Feil e Schreiber (2017) sintetizaram os resultados obtidos a partir de sua pesquisa (Tabela 2), e concluíram que a

sustentabilidade e desenvolvimento sustentável estão inter-relacionados, sendo que o desenvolvimento sustentável é o acesso para se atingir a sustentabilidade. Esses autores apontam que o desenvolvimento sustentável está associado às necessidades humanas e bem-estar ao sistema global humano ambiental, de forma que seu alcance se dará a partir de “uma gestão integrada e holística do sistema ambiental humano” (FEIL & SCHREIBER, 2017, p. 677).

Tabela 2 – Síntese dos conceitos

Sustentável	<ul style="list-style-type: none"> • Solução à escassez de recursos naturais vinculados a questões energéticas e recursos naturais; • Originou-se da deterioração entre ecologia global e o desenvolvimento econômico; • Abrange a sustentabilidade e desenvolvimento sustentável; • Preocupação com o futuro dos recursos naturais e da vida humana;
Sustentabilidade	<ul style="list-style-type: none"> • Qualidade e propriedade do sistema global humano ambiental; • Considera as evoluções dinâmicas temporais; • Abrange os aspectos ambiental, econômico e social; • Equilíbrio mútuo; • Avaliação com indicadores e índices.
Desenvolvimento Sustentável	<ul style="list-style-type: none"> • Objetiva o crescimento econômico sem agressão ambiental humana; • Visão de longo prazo em relação às gerações futuras; • Abrange o ambiental, o econômico e o social em equilíbrio mútuo; • Propõe mudança no comportamento da humanidade; • Materializado por meio de estratégias; • Envolve processos e práticas.

Fonte: FEIL & SCHREIBER, 2017.

2.2.1 Eficiência Energética

Em um momento no qual essas questões são a tônica em diversas áreas de conhecimento, a eficiência energética apresenta-se como ponto de fundamental importância. Segundo Butera (2009) as tecnologias surgidas no final do século XIX tiveram papel transformador na qualidade de vida e no conforto nas edificações, embora ele se fundamentasse na hipótese de que a energia não fosse um fator limitador, “suposição errônea que agora mostra suas consequências, acarretando a escassez de recursos e impactos no clima global” (AMORIM, 2011, p. 196).

A questão energética, hoje, coloca-se como um dos principais impactos das edificações, apesar de não o único. Por outro lado, as edificações têm como função básica a medição do clima externo e um de seus objetivos é atingir e manter o conforto ambiental (térmico, luminoso,

acústico e de qualidade do ar) para seu usuário. (AMORIM, 2011, p. 196).

O uso de energia elétrica pelos setores de forma eficiente, em especial o de edificações, é uma das maiores preocupações mundiais no atual contexto, com implicações nas áreas econômica, social e ambiental (AMORIM, 2011). Segundo Lamberts, Dutra e Pereira (2014, p. 5), “um edifício torna-se mais eficiente que outro, à medida que consome menos energia e possibilita as mesmas condições ambientais de qualidade, para o desempenho das atividades humanas”. Acrescenta ainda que a eficiência energética se define como um “atributo inerente à edificação representante de seu potencial em possibilitar o conforto térmico, visual e acústico aos usuários com baixo consumo de energia” (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014, p. 5). Geller (*apud* ALVORCEM 2019, p. 42), define, por sua vez, que eficiência energética é o “uso de menos energia para uma dada tarefa”.

“Entende-se por eficiência energética, em termos de conservação de energia, sistema ou processo eficiente que possibilite a redução das perdas e otimize o uso da energia” (CGEE, 2017, p. 13). A eficiência energética, portanto, relaciona-se com a possibilidade de redução de consumo de energia, conservação do meio ambiente, segurança energética, redução de custos, expansão econômica e criação de empregos, sem prejuízo do bem-estar do usuário (CGEE, 2017), e “constitui-se em um recurso amplamente disponível para atendimento às necessidades energéticas de forma competitiva e sustentável” (EPE, 2020, p. 5).

Embora o termo “eficiência energética” inclua diversas ações voltadas à mitigação do consumo de energia, também deve ser considerado pelo potencial de conservação da energia elétrica (CGEE, 2017). Essa conservação gera vários benefícios à sociedade, a partir da redução dos impactos ao meio ambiente e estímulo à inovação tecnológica e social (EPE, 2020).

Não por acaso, tais atributos qualificam a eficiência energética como alternativa fundamental no contexto da transição de sistemas energéticos denominados de baixo carbono. Esta denominação, se por um lado vinculada à necessidade de redução de emissões de gases de efeito estufa, que contribuem para o aquecimento global, por outro evita emissões de outros gases poluentes, onde se podem incluir compostos de nitrogênio, enxofre, particulados, entre outros, cuja emissão se evita ao se subtrair consumo, mantendo-se o mesmo nível de qualidade de atendimento (EPE, 2020, p. 5).

Conforto ambiental e eficiência energética tornam-se, portanto, premissas de um modelo de edificação inserida no contexto da sustentabilidade, capaz de

racionalizar o consumo de energia e evitar o desperdício sem comprometer a saúde, segurança, conforto e produtividade do usuário (AMORIM, 2011; LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014). Além disso, podem ser aplicados também no processo de planejamento estratégico na “restauração arquitetônica e reabilitação patrimonial, onde o desenvolvimento de indicadores e padrões de sustentabilidade são ferramentas essenciais” (MOSQUEIRA *et al.*, 2018, p. 66).

Segundo Alvorcem (2019, p. 42), “as edificações históricas possuem potencial para contribuir com a eficiência energética nas edificações, unindo memória e sustentabilidade, pois é uma forma de divulgação deste tema e auxilia na aceitação pelo usuário”.

De acordo com López-Zambrano, Canivell e Calama-González (2019), as soluções para reabilitação energética de um edifício de valor histórico-cultural devem considerar dois aspectos básicos, sendo eles: uma análise histórica e de sua proteção patrimonial; e um estudo das melhores soluções para a tipologia, a fim de que sejam aceitas nos devidos conselhos patrimoniais.

Por fim, conforme confirmado por Garcia (2015, p. 9), “a adaptação das edificações históricas apresenta diversos benefícios e tem sido amplamente buscada”, e que nos próximos anos muitos edifícios terão passados por uma adequação energética, a fim de garantir melhorias, proporcionar economia e garantir o conforto ambiental.

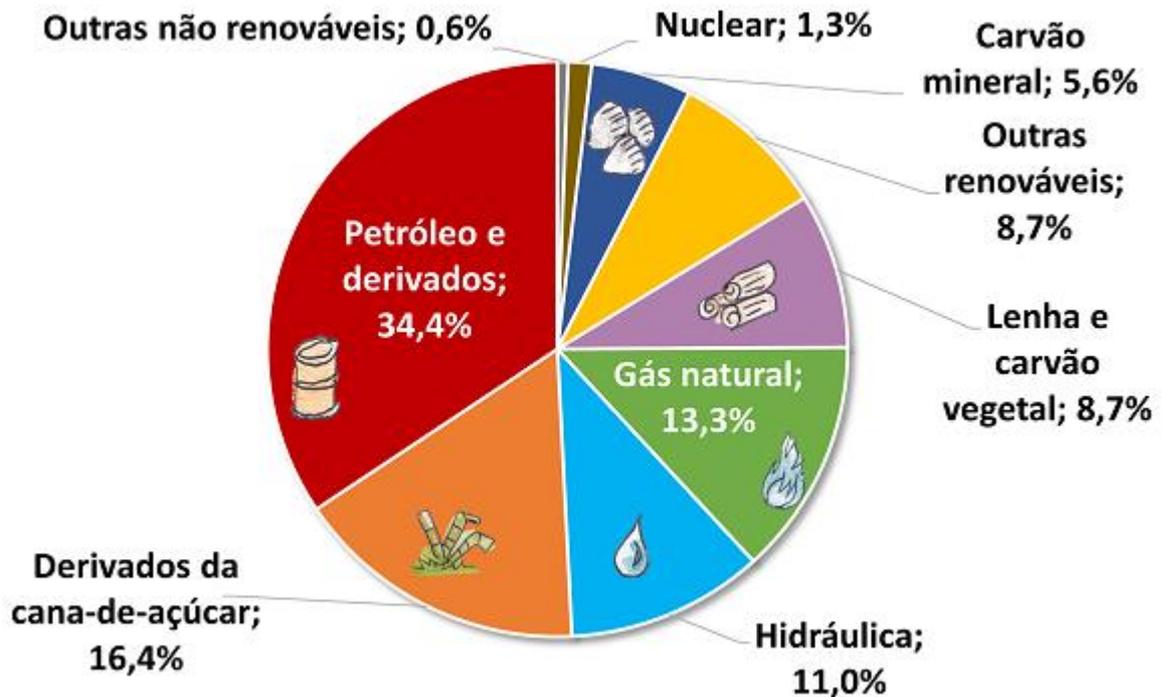
2.2.2 Sistema solar fotovoltaico

A geração de energia elétrica por meio de fontes renováveis em edifícios históricos tem se ampliado e se tornado uma tendência de pesquisa, uma vez que possui grande potencial de redução nas emissões dos gases causadores de efeito estufa. Segundo Natarajan (2015), a exigente meta de redução dos níveis de emissões de gases de efeito estufa até 2050 estabelecida por diversos países não será alcançada se não se incluírem neste processo as edificações históricas, uma vez que elas compõem boa parte do estoque imobiliário de vários países.

A matriz energética do Brasil é composta por fontes renováveis e não renováveis, com percentual de 44,8% e 55,2% respectivamente. Ou seja, somando lenha e carvão vegetal, hidráulica, derivados de cana e outras renováveis, as fontes renováveis representam quase metade (figura 3) da matriz energética brasileira (EPE,

2023). Essa característica é de suma importância, uma vez que as fontes não renováveis são as maiores responsáveis pelas emissões de gases de efeito estufa - GEE. Dessa forma, a participação do Brasil nas emissões dos GEE, acaba sendo menor ao se comparar com outros países no mundo (EPE, 2023).

Figura 3: Matriz energética brasileira



Fonte: EPE, 2023.

De acordo com a EPE, “no Brasil, a maior parte da energia elétrica que consumimos é gerada em usinas hidrelétricas, que é uma fonte de energia renovável e com baixas emissões de GEE”. Entretanto, a construção de uma usina hidrelétrica tem alto impacto ambiental e social, visto que “afeta toda a biodiversidade [local] e a vida da população que vive na região onde são instaladas” (CRUZ *et al.*, 2016, p. 19), além do elevado custo desse tipo de empreendimento. Soma-se a isso, o fato de as hidrelétricas dependerem de chuva “para que os rios tenham água suficiente para movimentar as turbinas” (EPE, 2023). Contudo, os períodos de estiagem e seca tem aumentado no país, fazendo com que sejam acionadas as termelétricas – usinas que utilizam combustíveis fósseis para geração de energia. Como resultado, têm-se aumentos na fatura de energia elétrica e nas emissões de GEE.

Posto isso, fica evidente a necessidade de se diversificar a matriz energética nacional, como por exemplo aproveitar o potencial que o país oferece para geração de energia solar. Ademais, outro desafio a ser enfrentado, é o da reabilitação de edifícios históricos, em especial os protegidos, que carecem de uma abordagem especial para se adequarem a essa nova realidade (ou necessidade), uma vez que possuem valores culturais significativos que precisam ser preservados (NATARAJAN, 2015; LO BASSO *et al.*, 2017; IBRAHIM *et al.*, 2021).

De acordo com Khalil, Hammouda e El-Deeb (2018), um projeto de reabilitação de um edifício patrimonial é sempre uma grande oportunidade para ser introduzida uma adaptação sustentável ao edifício, proporcionando desta forma níveis de eficiência energética. Badawy *et al.* (2022) defendem que a integração de fontes de energia renovável em edifícios históricos deve ser considerada como um processo de reabilitação, uma vez que a reabilitação pode ser definida como o trabalho da adaptação funcional ou estrutural em edificações considerando suas características arquitetônicas. Medici (2021) reforça, ainda, que todo processo de adaptação requer uma cuidadosa avaliação dos projetos, devendo sempre equilibrar a preservação e a adaptação, de forma que consiga proteger o edifício e aumentar o seu desempenho. Ademais, segundo a autora, se uma abordagem inadequada for realizada no processo de reabilitação do edifício, pode acabar negligenciando questões referentes a autenticidade e preservação (MEDICI, 2021).

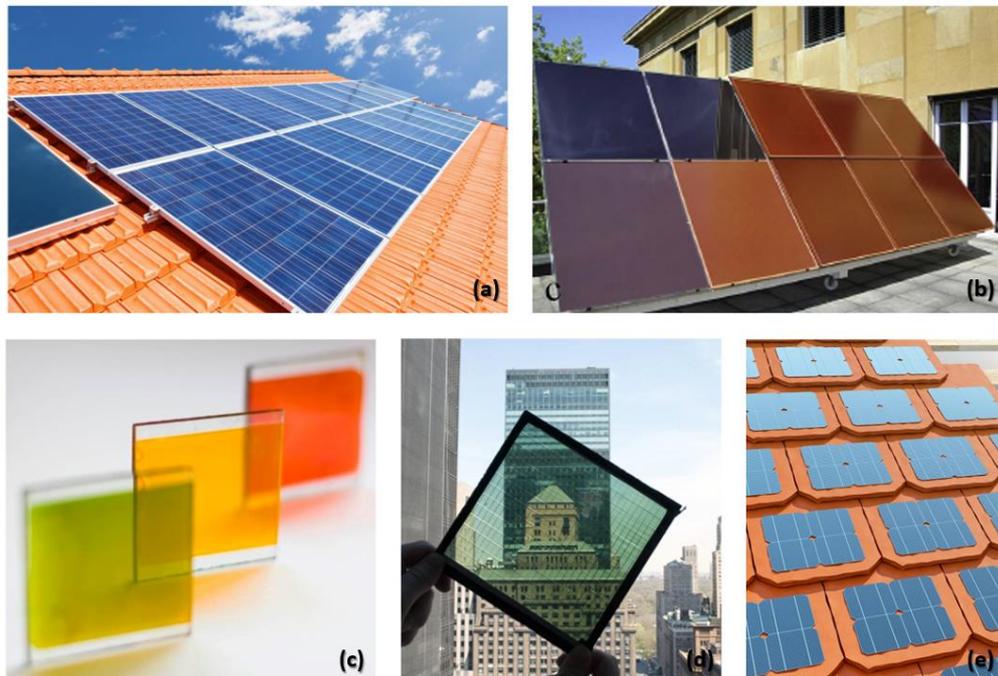
Segundo Thebault *et al.* (2022), entre as inúmeras fontes de energias renováveis existentes, a utilização da sistemas solares em edifícios históricos, que inclui as tecnologias solar térmica e solar fotovoltaica, se tornam particularmente interessante devido à sua disponibilidade em abundância. Entretanto, os autores alertam que a adequação fotovoltaica desses edifícios precisa considerar alguns critérios para a tomada de decisão, que envolvem além da escolha dos componentes que serão utilizados, identificar o valor cultural do edifício e os atributos que precisam ser conservados. (MEDICI, 2021; THEBAULT *et al.*, 2022).

Na arquitetura, podem ser utilizados dois tipos de soluções fotovoltaicas, comumente chamadas de Building Applied Photovoltaics (BAPV), que são os sistemas instalados sobrepostos à edificação; e o Building Integrated Photovoltaics (BIPV), que são sistemas instalados de modo integrados à edificação, podendo substituir, inclusive, componentes convencionais (ZALAMÉA-LEON *et al.*, 2018; ROSA, 2020).

Na Europa, vários estudos estão sendo desenvolvidos na busca de soluções de sistemas solares fotovoltaicos que possam ser integrados ao edifício (BIPV), tendo como critérios de investigação a viabilidade técnica e econômica, a aceitabilidade local, a peculiaridade estética, entre outros. Esses estudos aplicam sistemas solares fotovoltaicos inovadores com objetivo de verificar a eficiência do sistema na geração de energia solar, a probabilidade de redução da utilização de outras fontes energéticas, e a possibilidade de preservação dos atributos que confere valor patrimonial ao edifício (LO BASSO *et al.*, 2017; LUCCHI *et al.*, 2022; THEBAULT *et al.*, 2022).

A partir da literatura revisada, foram identificados e categorizados os seguintes sistemas solares fotovoltaicos utilizados em edificações históricas no contexto internacional: (a) sistema solar fotovoltaico opaco, (b) sistema solar fotovoltaico colorido, (c) sistema solar fotovoltaico semitransparente, (d) película e módulos fotovoltaicos flexíveis e (e) telha fotovoltaica (Figura 4).

Figura 4: Tipos de sistemas fotovoltaicos



(a) sistema solar fotovoltaico opaco, (b) sistema solar fotovoltaico colorido, (c) sistema solar fotovoltaico semitransparente, (d) película fotovoltaica e (e) telha fotovoltaica.

Fonte: LO BASSO *et al.* 2018; ROSA, 2020; tecnoblog.net; portalsolar.com.br; adaptado pelo autor (2022).

Os sistemas solares fotovoltaicos opacos (a) correspondem à grande maioria dos sistemas comercializados e utilizados nas edificações. São compostos por placas

de silícios de coloração azul-escuro, e comumente aplicados de forma sobreposta à envoltória (telhados e fachadas). A cor das células fotovoltaicas é predominantemente escura, projetada para refletir o mínimo de luz possível, e garantindo, dessa forma, que a célula produza a potência máxima de energia para qual foi projetada. Com isso, as perdas de energia ficam em torno de 4%, com a aplicação de uma camada de antirreflexo (ROSA, 2020; LÓPEZ, TROIA, NOCERA., 2021).

Além de produzir energia elétrica a partir da radiação solar, os painéis podem atuar como elemento de sombreamento quando aplicado na envoltória, reduzindo, com isso, a carga térmica transferida à edificação, e, conseqüentemente, o seu resfriamento (KHALIL *et al.*, 2018). Entretanto, esse tipo de instalação pode provocar um forte impacto na aparência visual, não apenas do edifício, mas de toda a paisagem de seu entorno, prejudicando os valores estéticos-culturais por conta da forma e coloração dos painéis (LINGFORS, 2019; THEBAULT, 2022).

Diante disso, estão sendo desenvolvidas algumas técnicas de camuflagem do elemento fotovoltaico, no intuito de reduzir o impacto visual que elas causam nessas edificações. Uma das alternativas é a da utilização de sistemas solares fotovoltaicos coloridos (b) integrados ao edifício. Esses sistemas podem ser produzidos com a mesma cor da base na qual serão montadas, podendo ser aplicados na envoltória dos edifícios históricos com menos impacto visual devido à semelhança que se pode chegar ao material tradicional (ZALAMEA-LÉON⁹, 2018; ROSA¹⁰, 2020; LÓPEZ¹¹, 2021; LIZCANO¹² *et al.*, 2021). Entretanto, ao se alterar as cores do painel fotovoltaico, sua eficiência diminuirá em 15-30%, de acordo com a cor escolhida, além da necessidade de se aumentar espessura da camada antirreflexo (ROSA, 2020).

Outra opção, é a utilização de sistemas solares fotovoltaicos semitransparentes (c), que podem ser utilizados no tratamento de coberturas ou superfícies envidraçadas. Sua aplicação em sistemas de cobertura pode ser realizada com montagem de painéis convencionais (vidro-célula-vidro) mas com células semitransparentes. Essa solução pode ser adotada quando se tem a intenção de promover o aumento de luz natural. Contudo, essa aplicação pode resultar em um

⁹ Cuenca, Equador.

¹⁰ Roma, Itália.

¹¹ Mendrisio, Suíça.

¹² Delft, Holanda.

excesso de luz no ambiente, resultando em ofuscamento e superaquecimento (BELLIA *et al.*, 2015).

A partir de nanotecnologia, é possível também produzir películas fotovoltaicas (d) com células semitransparentes. Essa película pode ser aplicada diretamente ao vidro, de forma que o espectro solar seja transmitido para o dispositivo solar e convertido em energia. Sua eficiência, no entanto, é menor do que as células monocristalinas e policristalinas, com uma média de 6% a 11%. (ROSA, 2020; SUDIMAC *et al.*, 2020, BADAWY, 2022).

Essas películas podem ser aplicadas ainda em outros materiais, como por exemplo o aço inoxidável ou base de polímero, ardósia, madeira e telhas (ZALAMEA-LÉON, 2017; SUDIMAC *et al.*, 2020). A grande questão dessa aplicação é a rápida deterioração do sistema, quando comparado às placas tradicionais protegidas pela camada de vidro. Isso pode resultar em aumento de custos operacionais e limitar o reaproveitamento dos painéis em outros contextos (LÓPEZ *et al.*, 2021).

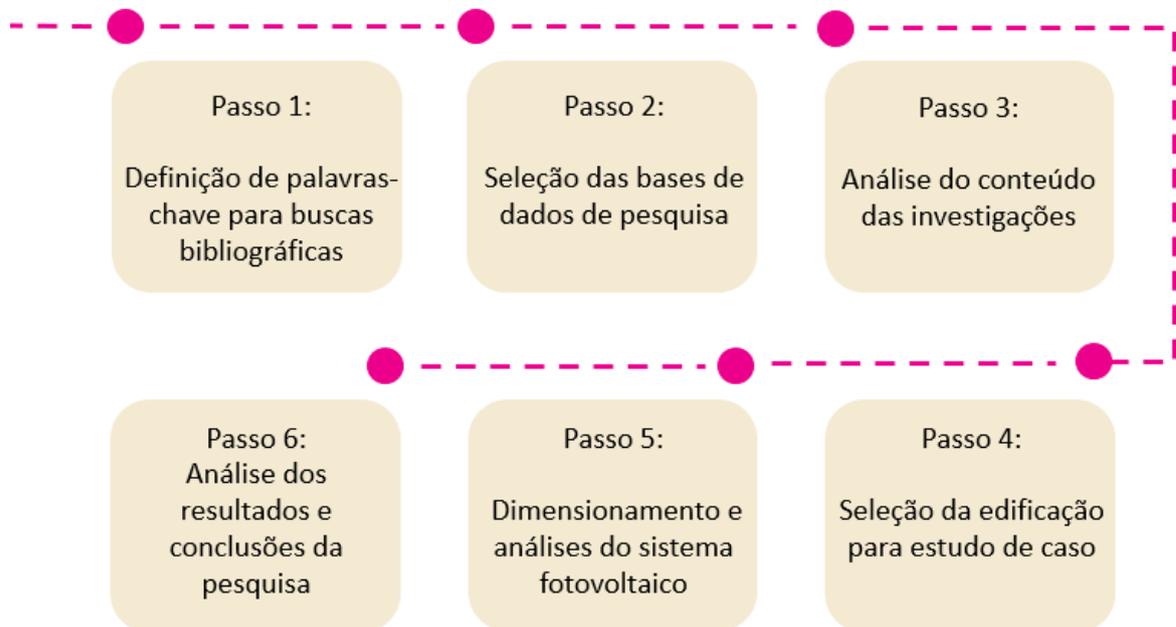
Existem, ainda, as telhas fotovoltaicas (e), nas quais as células fotovoltaicas são colocadas na parte central da telha. Apesar da baixa eficiência (30%) em comparação com algumas outras opções de painéis, esta abordagem proporciona melhor adaptabilidade geométrica, menor impacto visual e uma melhor taxa de ocupação (ZALAMÉA-LÉON *et al.*, 2017; MEDICI, 2021). Entretanto, os preços das telhas solares são 3,33 vezes mais altos que as placas solares monocristalinas ou policristalinas regulares (ZALAMÉA-LÉON *et al.*, 2017).

As tecnologias têm avançado muito rapidamente, o que tem permitido uma melhoria contínua no desempenho das células fotovoltaicas, tanto em termos de eficiência energética, quando em cor, método de integração e design. Dessa forma, é possível adaptar a sua utilização em edificações históricas, preservando a aparência dos materiais tradicionais (ROSA, 2020; SUDIMAC *et al.*, 2020).

3 METODOLOGIA

Essa pesquisa apoia-se em dados qualitativos, por meio da revisão bibliográfica e documental acerca dos temas envolvidos, elucidando os principais conceitos sobre patrimônio cultural, sustentabilidade e eficiência energética; e dados quantitativos, a partir das informações e levantamentos sobre o consumo energético da edificação estudada. O procedimento metodológico percorre os seguintes passos (Figura 5):

Figura 5: Passos metodológicos.



Fonte: O autor, 2023.

Inicialmente, foram definidas as palavras-chave para busca de estudos que fundamentassem a presente investigação, sendo elas: “patrimônio histórico” e “patrimônio histórico e eficiência energética”, “sustentabilidade”, “eficiência energética”. Na sequência, foram definidas as bases de dados para a pesquisa e recuperação das investigações, sendo utilizados o *Google Acadêmico* e o Portal de Periódicos da Capes, com uso de filtro cronológico apanhando trabalhos entre os anos de 2010 e 2021. Foram localizadas teses, dissertações, artigos científicos e publicações diversas que, em conjunto com livros a respeito dos temas envolvidos, contribuíram para a estruturação e desenvolvimento do referencial teórico apresentado neste trabalho.

Os passos subsequentes estão relacionados ao estudo de caso, e contemplam visitas à biblioteca do IEPHA/MG, para consultas a dossiês de tombamento e documentos cadastrais da edificação; visitas a edificação, a fim de complementar possíveis lacunas não preenchidas pela documentação consultada, e o levantamento de informações e características técnicas acerca da mesma e dos elementos que a compõe. No que concerne ao levantamento das informações e características da edificação, foi realizada uma análise dos relatórios técnicos, dossiê de tombamento do Conjunto da Praça da Liberdade, e toda documentação disponível a respeito do edifício, como a coleta de dados sobre o contexto histórico e urbano de Belo Horizonte/MG.

Depois, foi realizado a análise de sombreamento do edifício, por meio de modelagem geolocalizada no SketchUp, e o pré-dimensionamento das placas solares fotovoltaicas a partir da utilização da planilha de pré-dimensionamento básico do projeto RedEE (anexo C) e o cálculo de viabilidade econômica. Por fim, avaliou-se os resultados obtidos e concluiu-se a investigação.

4 ESTUDO DE CASO

Para o desenvolvimento deste estudo, escolheu-se um exemplar da arquitetura histórica da cidade de Belo Horizonte/MG (Figura 6), datado do final do século XIX, construído na ocasião da formação da cidade e nova capital para Minas Gerais: o prédio da antiga Secretaria de Estado da Fazenda de Minas Gerais, atual Memorial Minas Gerais Vale.

Figura 6: Mapa de contextualização.



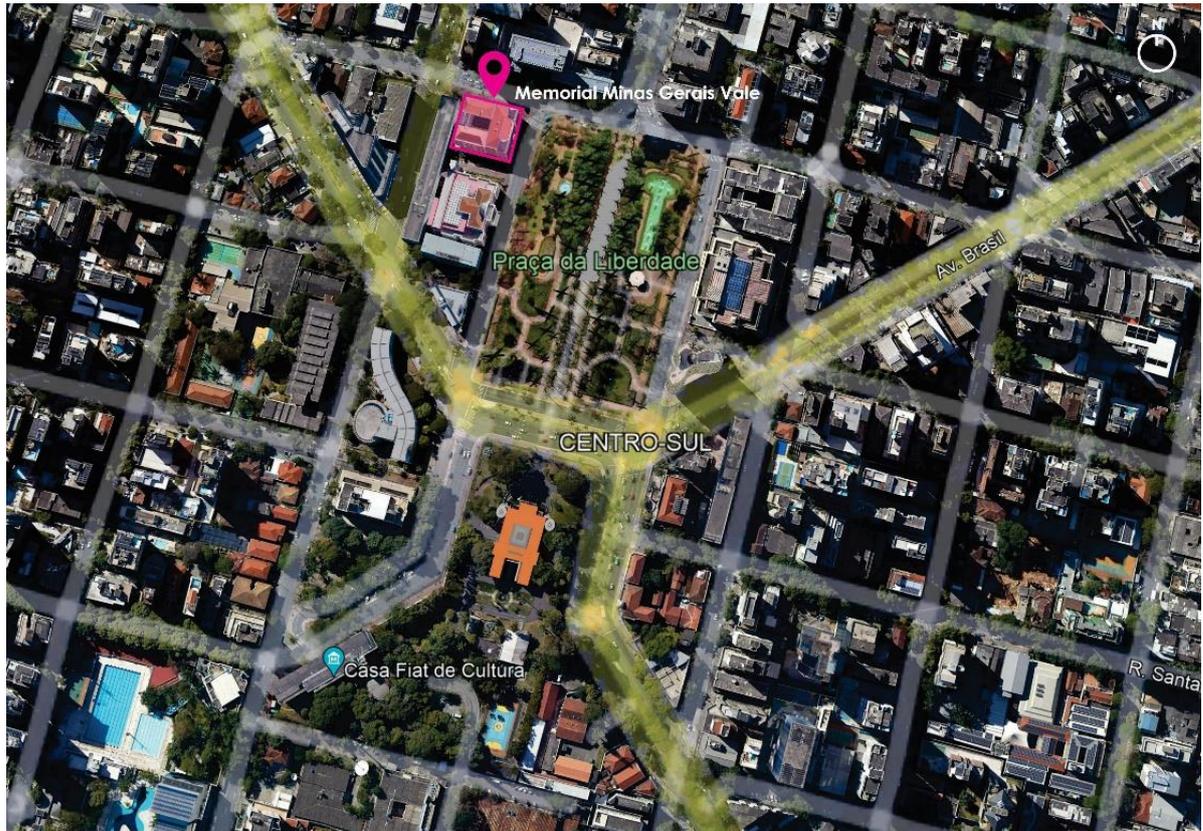
Fonte: O autor, 2023.

A edificação está inserida na Praça da Liberdade (Figura 7), e integra, hoje, o Circuito Cultural Liberdade que foi inaugurado no ano de 2010, e que

(...) alterou o modo de uso de edifícios públicos que integram o Conjunto Arquitetônico da Praça da Liberdade (Figura 6). Os prédios, antes ocupados pelas secretarias e pelo palácio do governo estadual, foram transformados em museus e centros culturais. A administração do estado, que teve lugar na Praça desde a inauguração da cidade, em 1897, foi transferida para um novo local, a Cidade Administrativa Presidente Tancredo Neves¹³, na periferia norte da cidade. O Circuito teve como foco criar um espaço de grande projeção na cidade uma vez que o lugar é um dos mais importantes simbolicamente, razão pela qual é protegido por tombamentos pelos órgãos estaduais e municipais que cuidam do patrimônio (VELOSO; ANDRADE, 2015, p. 6).

¹³ Complexo arquitetônico projetado por Oscar Niemeyer, inserido no bairro Serra Verde, Vetor Norte de Belo Horizonte, que passou a abrigar a sede do governo e as secretarias de estado.

Figura 7: Localização da edificação.



Fonte: Google Earth Pro, adaptado pelo autor, 2023.

A escolha levou em consideração edificações que tivessem relevância histórica para a cidade e que ainda estivessem sendo utilizadas, para facilitar a obtenção de dados e informações que pudessem contribuir com o desenvolvimento deste trabalho.

4.1 De Secretaria de Estado a Museu

O prédio da antiga Secretaria de Estado da Fazenda foi projetado no contexto da nova capital para Minas Gerais para ser a Secretaria do Estado da Fazenda, e seu projeto arquitetônico foi assinado pelo engenheiro-geógrafo pernambucano José de Magalhães (1851-1899), responsável, também, por outras obras na capital mineira, como por exemplo o Palácio da Liberdade¹⁴ (IEPHA, 2006, p. 5). A pedra fundamental foi lançada no dia 07 de setembro de 1895, e sua construção teve início no mesmo ano (IEPHA, 2006, p. 7).

¹⁴ O Palácio da Liberdade foi construído para ser sede e o símbolo do governo. Sua inauguração aconteceu em 1898 e foi palco de importantes acontecimentos políticos que marcaram a história de Minas Gerais e do Brasil (IEPHA, [2017?], p. 56).

O projeto original, [...] desenvolve-se a partir de um módulo central que define o corpo principal da edificação. Corpos laterais, simetricamente dispostos, organizam-se de forma a gerar pavilhões laterais marcados por coberturas diferenciadas. Destes elementos, os dois localizados na parte posterior da edificação possuem, originalmente, dois pavimentos enquanto o restante do prédio desenvolve-se em três pavimentos (IEPHA, 2006, p. 18).

Sua concepção arquitetônica possui uma simplicidade de linhas, com fachadas composta por corpos alternadamente avançados, “sendo as superfícies planas, os planos de paredes, intercalados e definidos por ressaltos a semelhança de cunhais executados em cantaria, possuindo vãos simetricamente superpostos” (IEPHA, 2006, p. 20). Os ambientes internos são organizados em torno de um núcleo central, e no hall de entrada, uma escadaria em ferro fundido, de Sistema Joly¹⁵, faz a conexão com os andares superiores.

Em março de 1897, já estavam concluídos “a cobertura do edifício, o revestimento das paredes externas do primeiro e segundo pavimentos e das paredes internas do segundo e terceiro pavimentos.” (IEPHA, 2006, p. 8). O lado externo teve suas molduras pintadas em tom creme, sobre fundo em tom mais forte. Sobre a cimalha o terceiro pavimento, destaca-se o escudo do Estado de Minas Gerais ladeado de ramagens ao centro do frontão. Em junho do mesmo ano, no interior do prédio, já estavam assentados os marcos e guarnições das portas e janelas, além dos assoalhos e forros. No entanto, “na inauguração da cidade, em 12 de dezembro de 1897, os trabalhos de acabamento do interior do prédio ainda não haviam sido concluídos.” (IEPHA, 2006, p. 8).

De arquitetura eclética, com predominância neoclássica, o prédio possui elementos que remetem ao regime republicano, dos quais destaca-se a “Alegoria da República”¹⁶ (Figura 8) no segundo pavimento, de Frederico Antônio Steckel, responsável pela ornamentação do edifício (IEPHA, 2006, p. 9). Outros elementos corroboram seu estilo, que seguiu as “tendências arquitetônicas de fins do século XIX, principalmente de influência francesa,” (MMGV, 2010) como por exemplo, o uso de materiais nobres na construção, as colunas com capiteis coríntios, as formas simétricas, os relevos e estuques.

¹⁵

¹⁶ Referência histórica que traz a figura feminina simbolizando a culminância do regime político recém-implantado no Brasil (MMGV, 2010).

Figura 8: Alegoria da República.



Fonte: Camila Navarro, 2013.

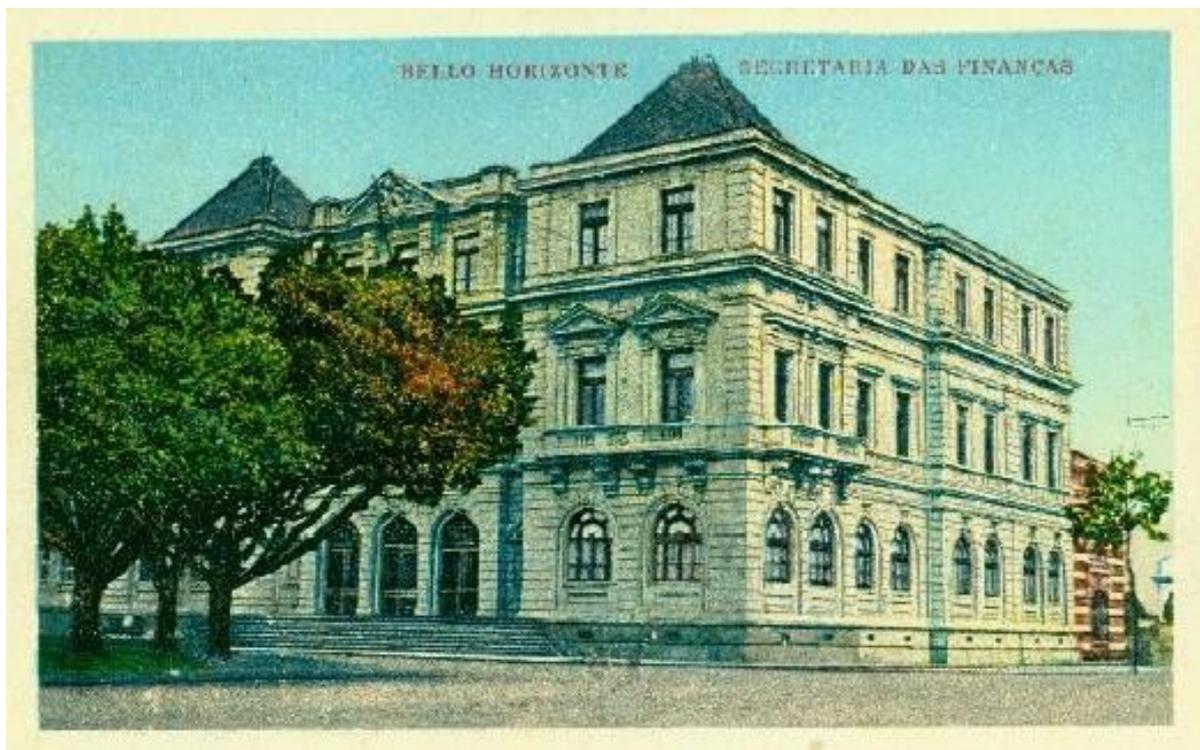
Após sua construção, algumas modificações foram sendo realizadas ao longo das décadas seguintes. Em fotografia datada de 1904 (Figura 9), é possível perceber que a porção posterior do terceiro pavimento não ocupava toda a extensão da edificação, concentrando-se a uma faixa estreita na seção frontal do edifício, sendo construído apenas em 1908 (IEPHA, 2006). Nos anos seguintes, algumas obras de reformas foram sendo realizadas (Figura 10), “constando essas por vários pequenos serviços como substituição de calhas, consertos no para-raios, serviço de pintura e obras no telhado.” (IEPHA, 2006, p. 11).

Figura 9: Secretaria de Estado das Finanças, 1904.



Fonte: Acervo Museu Histórico Abílio Barreto.

Figura 10: Secretaria de Estado das Finanças, 1910.



Fonte: Acervo Museu Histórico Abílio Barreto.

Percebe-se, portanto, que essas modificações e ampliações no edifício, realizadas com o intuito de solucionar demandas espaciais, não tiveram uma preocupação e um estudo conceitual do projeto de José de Magalhães, prejudicando a compreensão original da obra e a função de seus elementos, e causando descaracterizações.

No ano de 1977, o edifício, juntamente com a Praça da Liberdade e edificações adjacentes, foi tombado pelo IEPHA/MG, por meio do decreto nº 18531 de 02 de junho de 1977, e inscrito nos livros de Tombo nº I, do Tombo Arqueológico, Etnográfico e Paisagístico, nº II, do Tombo de Belas Artes, e nº III, do Tombo Histórico, das obras de artes e dos Documentos Paleográficos ou Bibliográficos, ficando denominado como Conjunto Arquitetônico e Paisagístico da Liberdade (IEPHA, 2014, p. 51). Possui, também, tombamento municipal pelo Conselho Deliberativo do Patrimônio de Belo Horizonte, conforme Processo Nº 01592279569, Deliberação 03/90, de novembro de 1994. E, no ano de 2009, iniciaram-se as obras de restauração para poder abrigar o Memorial Minas Gerais Vale.

O projeto de reforma foi concebido pelas empresas ESTUDIO Arquitetura e TETRO Arquitetura, e teve como premissa inicial adequá-lo à sua nova função: ser um museu. Os arquitetos responsáveis retornaram as aberturas originalmente existentes na parede que serve de pano de fundo para a escadaria do vestíbulo, recuperando, assim, a iluminação interna. Para isso, as salas e as construções acrescentadas na área central foram demolidas, o telhado foi removido, e uma cobertura de vidro, cuja estrutura foi concebida em aço, foi instalada, permitindo a infiltração da luz natural. Assim, criaram o pátio interno, “elemento que mais claramente representa a intervenção arquitetônica contemporânea no edifício” (ARCHDAILY, 2012). As faces das fachadas voltadas ao pátio foram revestidas com chapas de aço corten, e, por meio de aberturas em todas elas, propiciou-se a conexão entre os espaços expositivos, “permitindo uma fruição da edificação a partir de diversos pontos de vista, acentuando a relação entre o antigo e o contemporâneo”. (ARCHDAILY, 2012).

Considerando os novos fluxos internos que viriam a acontecer a partir da inauguração do museu, novas instalações para circulações, verticais e horizontais, foram concebidas no prédio: a caixa do elevador panorâmico – que liga o subsolo e os demais andares - e as passarelas de ligação entre os espaços expositivos, ambas

em estrutura metálica, contrapondo-se à escadaria existente ao hall de entrada, e distinguindo o contemporâneo do antigo.

O “Memorial Minas Gerais Vale” ou apenas “Memorial Vale”, inaugurado em 2010, é um dos equipamentos culturais que compõe o Circuito Liberdade¹⁷ em Belo Horizonte/MG. “No Memorial, as mineiridades incorporam o passado, o presente e o futuro, dando vida ao espaço onde a potência da história se funde com as pulsações contemporâneas da arte e da cultura.” (MMGV, 2020, p. 10).

Desde sua inauguração, o Memorial é administrado pela empresa mineradora Vale S.A., e assumiu a pesquisa, a conservação e a comunicação de registros da cultura material e imaterial mineira como suas principais atividades. Caracterizado como museu da experiência¹⁸, seu projeto museográfico, criado pelo designer Gringo Cardia, buscou fazer um memorial sem objetos, mas composto por salas conceituais que mostrassem a riqueza histórica e a diversidade de um estado fundamental na formação do país.” (MMGV, 2020, p. 33). Sua principal característica é não possuir um grande acervo físico, tendo a história de Minas Gerais contada por meio de aparatos tecnológicos, de forma interativa e atraente, gerando ambientes sensoriais e descontraídos, o que o diferencia de outros equipamentos culturais do circuito. Com isso, o Memorial instiga o visitante a percorrer seus caminhos e descobrir a história e os costumes de Minas Gerais apresentados em suas 31 salas, divididas nos três pavimentos.

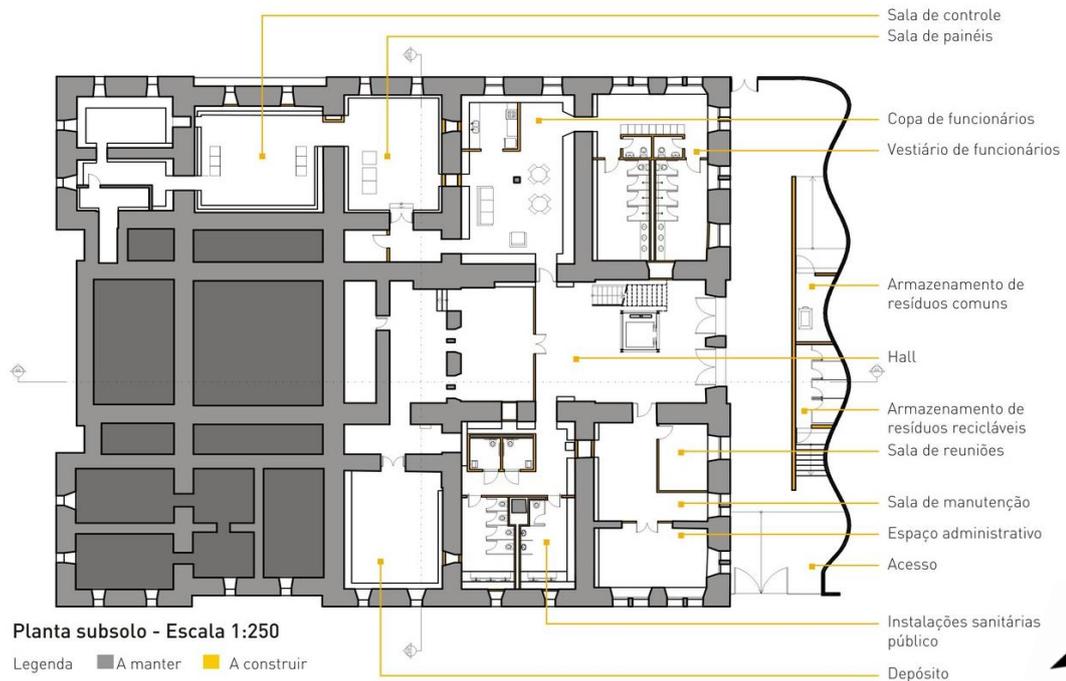
4.1.1 Características Construtivas

A edificação possui 4200 m² distribuídos em quatro pavimentos. O pavimento subterrâneo abriga, atualmente, as salas de controle e de painéis, copa e vestiários para os funcionários, salas de reuniões, depósitos e administração do espaço (Figura 11) (IPEHA, 2006).

¹⁷ O Circuito Liberdade foi inaugurado em 2010 [...] é composto por 15 instituições, dentre museus, centros de cultura e de formação, que mapeiam diferentes aspectos do universo cultural e artístico. (IPEHA, [2017?], p. 3).

¹⁸ Disponível em: <https://memorialvale.com.br/pt/memorial-mg-vale/sobre/>. Acesso em 04 mai 2022.

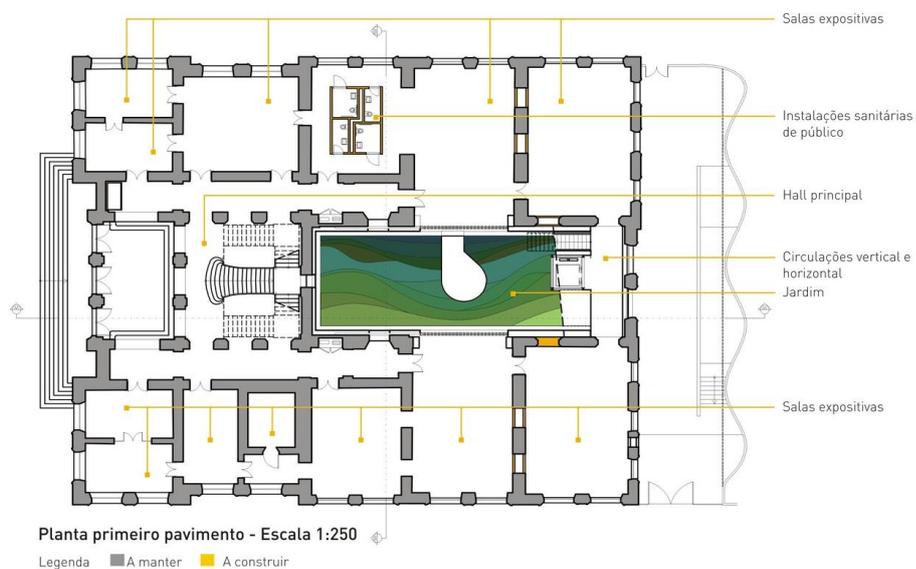
Figura 11: Planta do subtérreo da edificação.



Fonte: ArchDaily Brasil, 2012.

O pavimento térreo abriga a recepção do museu, guarda-volumes, café, miateca, sala do educativo, salas de exposições permanentes, instalações sanitárias, jardim no pátio central e as instalações para circulação vertical e horizontal (Figura 12) (IPEHA, 2006).

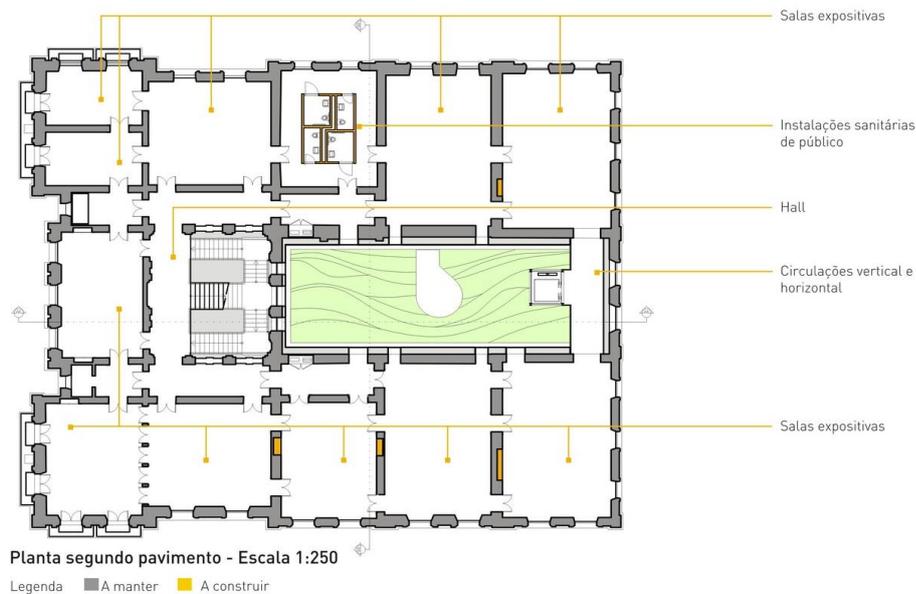
Figura 12: Planta do pavimento térreo.



Fonte: ArchDaily Brasil, 2012.

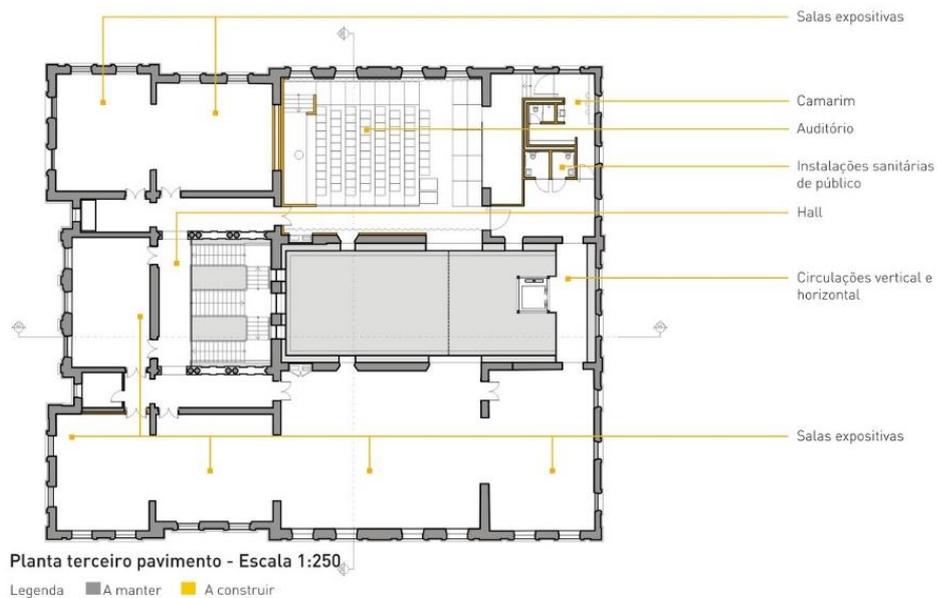
O segundo pavimento abriga as salas de exposições permanentes e as salas de exposições temporárias, instalações sanitárias e as instalações de circulação vertical e horizontal (Figura 13) e o terceiro pavimento abriga as salas de exposições permanentes, instalações sanitárias e o auditório (Figura 14) (IPEHA, 2006).

Figura 13: Planta do segundo pavimento.



Fonte: ArchDaily Brasil, 2012.

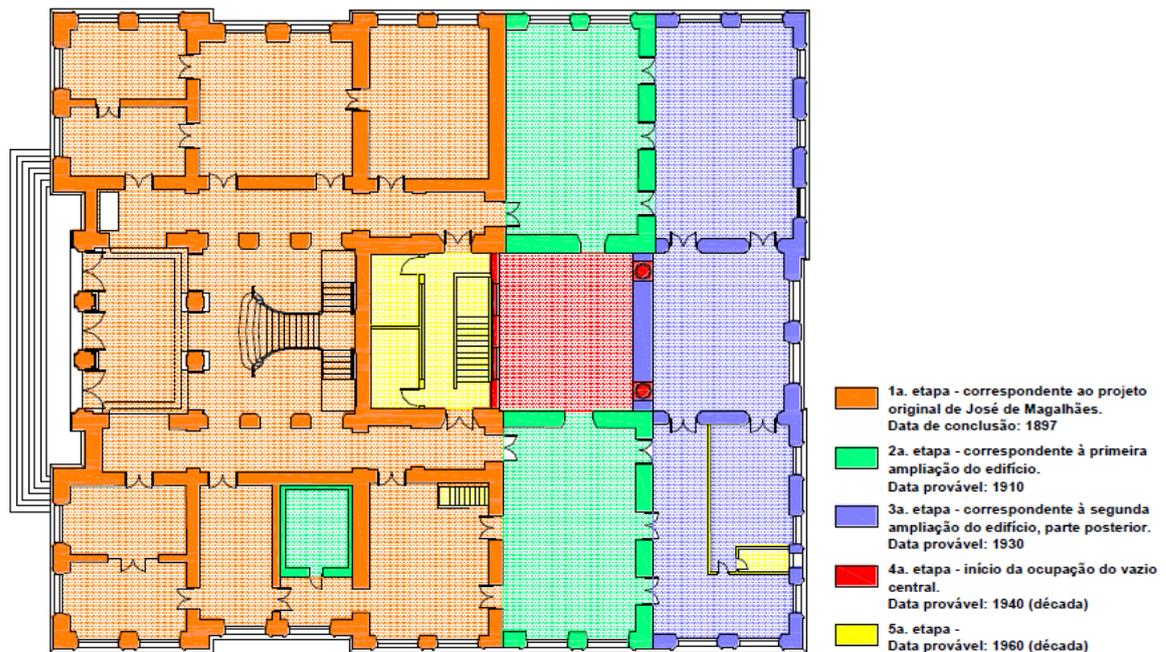
Figura 14: Planta do Terceiro Pavimento.



Fonte: ArchDaily Brasil, 2012.

O sistema construtivo do trecho inicial (correspondente à primeira etapa de construção – Figura 15) é composto de fundações e embasamento em alvenaria de pedras irregulares, com juntas de assentamento preenchidas com argamassa, com tratamento de cantaria do lado externo (IPEHA, 2006).

Figura 15: Etapas construtivas.



Fonte: IEPHA, 2006.

As paredes são em alvenaria de tijolo maciço autoportante, tanto nas vedações internas quanto nas externas, com espessura média de 80 cm, com revestimento em argamassa fina, acabamento regular no lado externo, e preparação especial no lado interno para recebimento de pinturas decorativas (IPEHA, 2006).

O piso do hall, vestíbulo e corredores laterais do pavimento térreo são compostos ladrilhos hidráulicos de diferentes geometrias e desenhos, enquanto o piso dos demais espaços são em tabuados lisos, com a utilização de diferentes tipos de madeira (IPEHA, 2006).

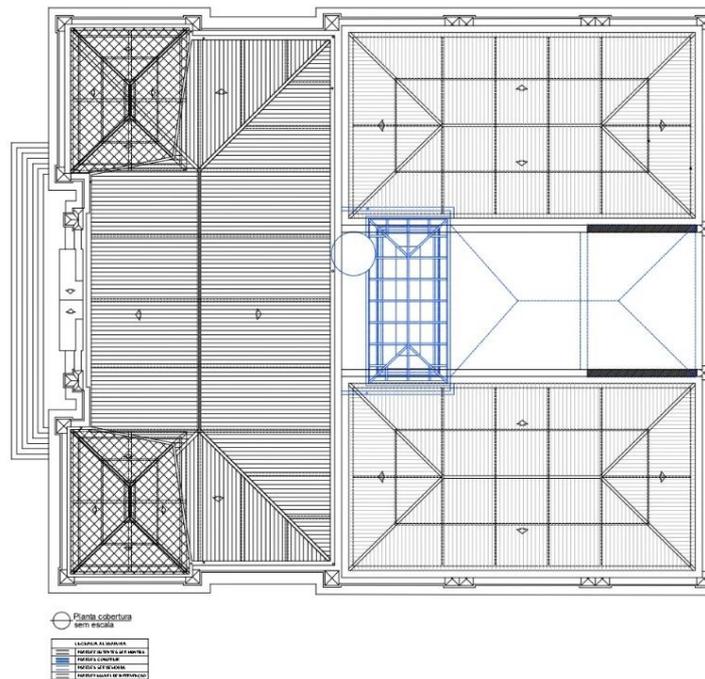
Os forros do hall são em telas com pinturas decorativas, fixados em suporte de madeira, enquanto nos demais espaços são em tabuado de madeira, com frisos e paginação geométrica, formando quadros com acabamento em pintura lisa (IPEHA, 2006).

O barroteamento foi realizado com vigas metálicas tipo duplo T, com espaçamento médio de 60 cm e peças de madeira fixadas na face superior e inferior para recebimento dos pisos e os forros – “nos cômodos pertencentes ao bloco original,

a madeira de recobrimento das vigas recebe acabamento com tela arrematada com frisos, também em madeira” (IEPHA, 2006, p. 31).

A cobertura é subdividida em seis trechos (Figura 16) com quatro águas cada, sendo quatro com telhas francesas e dois com telhas de zinco colocadas em diagonal, coroando os torreões frontais, sem isolamento térmico. Além disso, “uma cobertura em chapa de policarbonato recobre o trecho do pátio central” (IPEHA, 2006, p. 32).

Figura 16: Planta de cobertura.



Fonte: GRILLO, 2007.

Possui, ainda, calhas de escoamento para as águas pluviais, todas revestidas com manta asfáltica e acabamento aluminizado. Por fim, os acréscimos ocorridos buscaram manter uma certa uniformidade com o sistema construtivo original, porém com algumas diferenças:

A solução estrutural utilizada para suportar o piso do pavimento térreo do acréscimo executado em 1908 excetua-se da tipologia de todo o restante do prédio ao utilizar barroamento em peças de madeira. Quando da ampliação efetuada em 1927, trecho do piso do pavimento térreo é executado em laje de concreto com vigamento misto em perfil metálico e concreto. Nos demais pavimentos, em ambas as intervenções, mantém-se a tipologia estrutural inicial (IEPHA, 2006, p. 32).

Em relação às esquadrias, o edifício possui janelas retangulares coroadas com frontões, com duas folhas de giro e vidro simples. Ademais, todo o prédio possui

sistema de condicionamento de ar que funciona durante todo o horário de funcionamento, com aparelhos distribuídos entre as diversas salas e espaços do Memorial. O sistema de iluminação possui variação na quantidade de luminárias e lâmpadas de acordo com a temática de cada sala, e que ficam em funcionamento durante todo o dia, sem nenhum sistema de automação e controle ou aproveitamento da luz natural. Além disso, por se tratar de um museu com acervo digital, é dotado de tecnologias como tablets, projetores, monitores, sonorização entre outros instrumentos que ficam em funcionamento durante todo o tempo em que o espaço permanece aberto à visitação. Todos esses fatores influenciam diretamente no consumo energético deste edifício.

4.1.2 Dados de consumo de energia elétrica

A Tabela 3 mostra o consumo mensal em kWh e em R\$. Para o cálculo em reais, foi considerado o valor tarifário de 2022 referente a bandeira verde (R\$ 0,61).

Tabela 3 – Dados de consumo de energia elétrica

Mês/Ano	Consumo kWh	Média kWh/dia	Dias de Faturamento	Consumo Mensal em R\$
Dez/2021	24.800	885,71	28	R\$ 15.128,00
Jan/2022	23.800	721,21	33	R\$ 14.518,00
Fev/2022	10.000	344,82	29	R\$ 6.100,00
Mar/2022	38.000	1.200,00	30	R\$ 23.180,00
Abr/2022	12.400	427,58	29	R\$ 7.564,00
Mai/2022	38.400	1.200,00	32	R\$ 23.424,00
Jun/2022	22.800	760,00	30	R\$ 13.908,00
Jul/2022	23.000	718,15	32	R\$ 14.030,00
Ago/2022	18.800	648,27	29	R\$ 11.468,00
Set/2022	23.600	766,66	30	R\$ 14.396,00
Out/2022	25.400	793,75	32	R\$ 15.494,00
Nov/2022	24.400	841,37	29	R\$ 14.884,00
Consumo Anual	285400	-	265	R\$ 174.094,00

Fonte: CEMIG, 2022 (fornecido pela administração do Memorial Minas Gerais Vale, Anexo A).

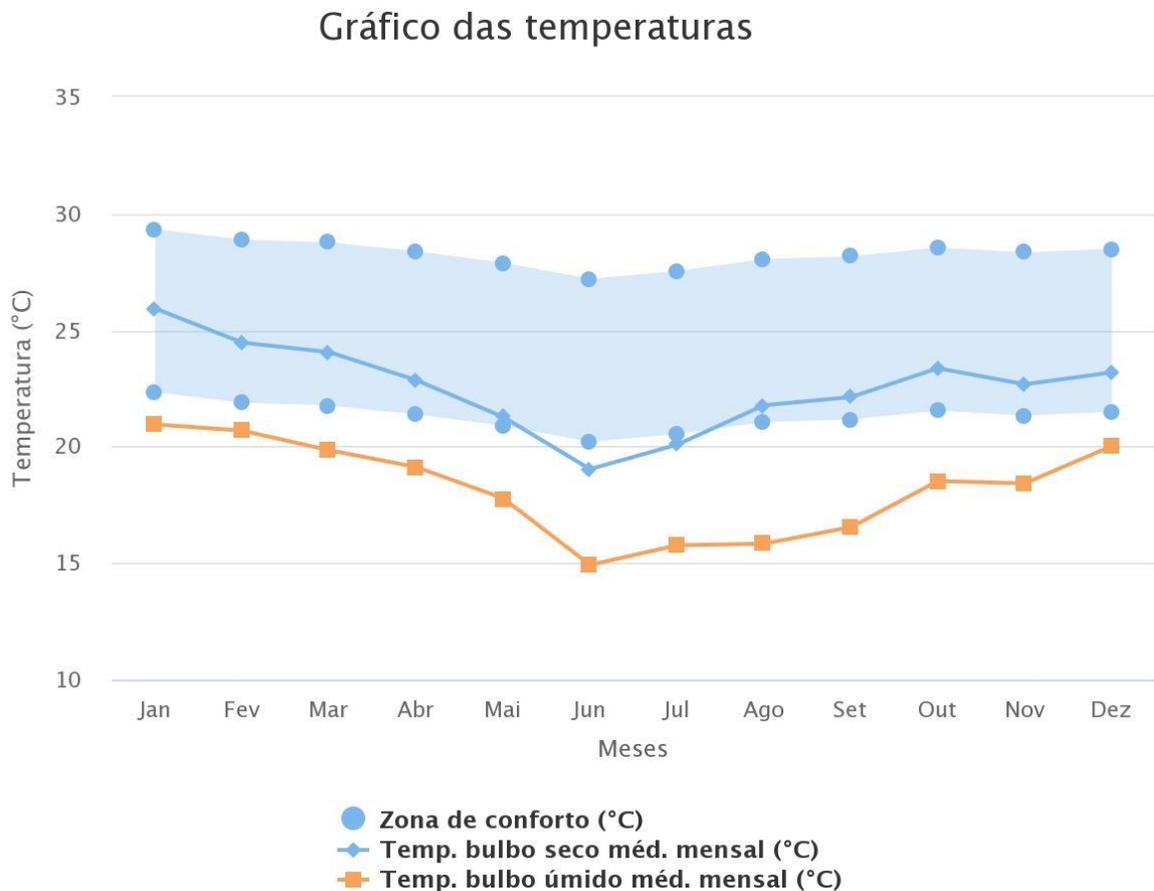
Os dados apresentados foram coletados junto à fatura de energia elétrica fornecida pela concessionária (CEMIG). O período de análise compreende os meses de dezembro/2021 a novembro/2022, totalizando doze meses. Esse período marca a retomada das atividades do Memorial após longo período fechado em decorrência da pandemia de Covid-19 (mar/2020 a nov/2021). Seu funcionamento ocorre todos os dias, com alteração de horários, divididos da seguinte forma: segunda-feira – apenas expediente administrativo das 8h às 18h; terça-feira, quarta-feira, sexta-feira e sábado

– aberto ao público das 10h às 18h; quinta-feira – aberto ao público das 10h às 22h; domingo – aberto ao público das 10h às 16h.

4.1.2 Caracterização climática de Belo Horizonte

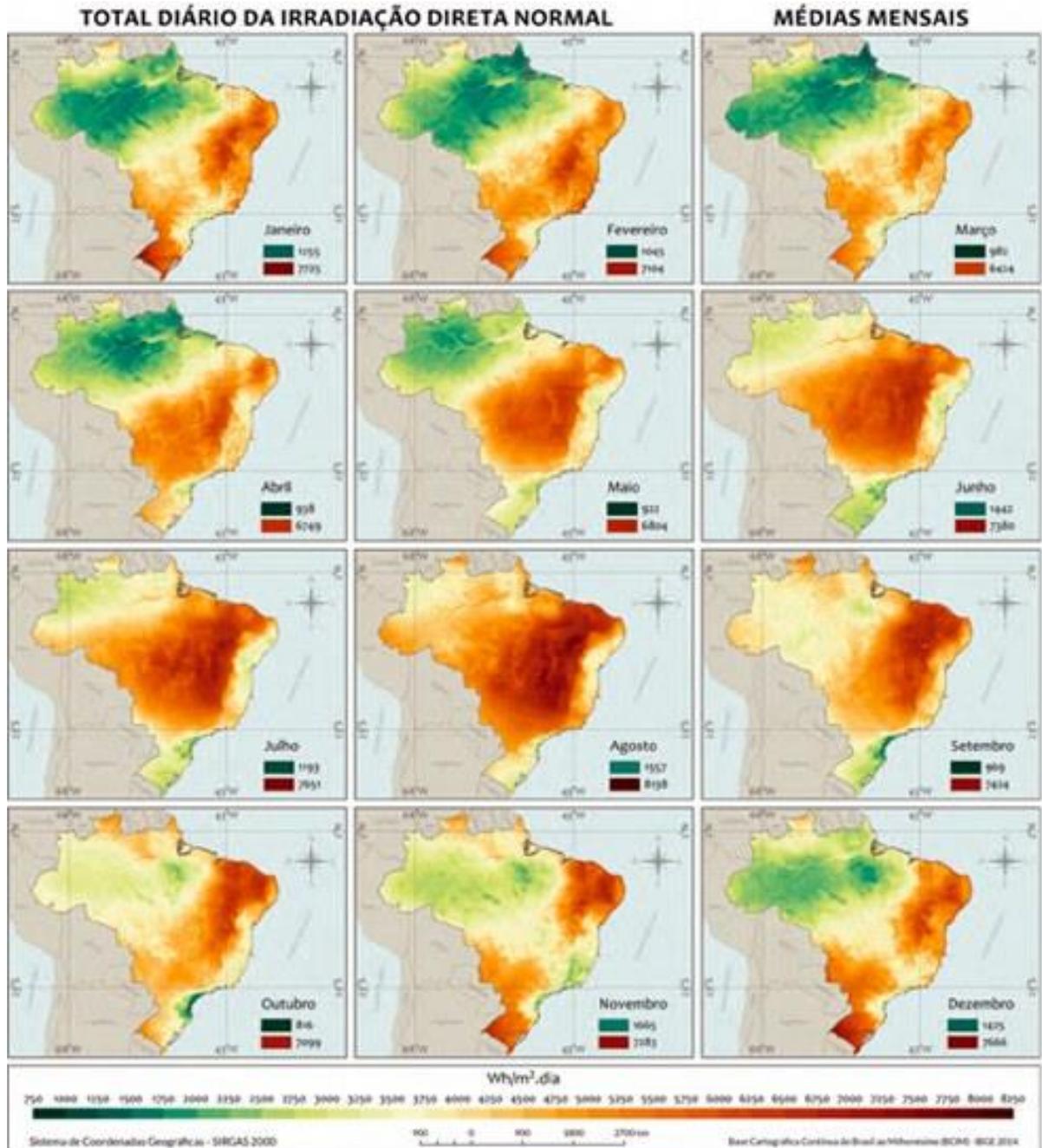
A cidade de Belo Horizonte está situada a cerca de 19,55° de latitude sul, na altitude de 852m, com uma temperatura média de 22,56 °C (PROJETEEE, 2022), e enquadrando dentro dos limites da região tropical. A figura 17 apresenta um gráfico d temperaturas, com as variações ao longo do ano.

Figura 17: Gráfico de temperaturas.



Percebe-se que, durante todo o ano, a cidade apresenta boa radiação solar, principalmente quando comparada com outras cidades / regiões do país, conforme evidenciado na figura 18, mapa de produção de energia solar no território nacional.

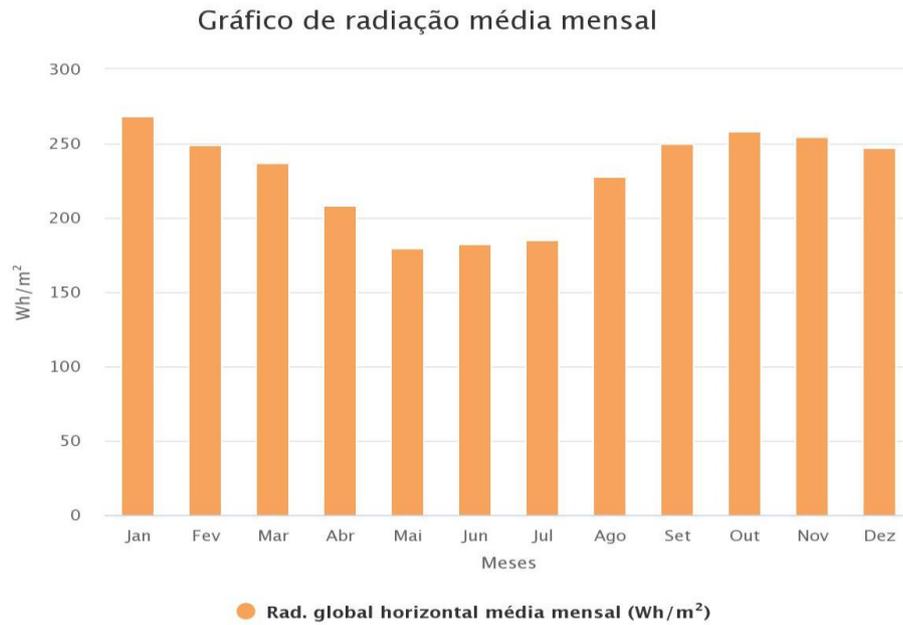
Figura 18: Mapa de produção de energia solar no território nacional.



Fonte: Atlas Brasileiro de Energia Solar

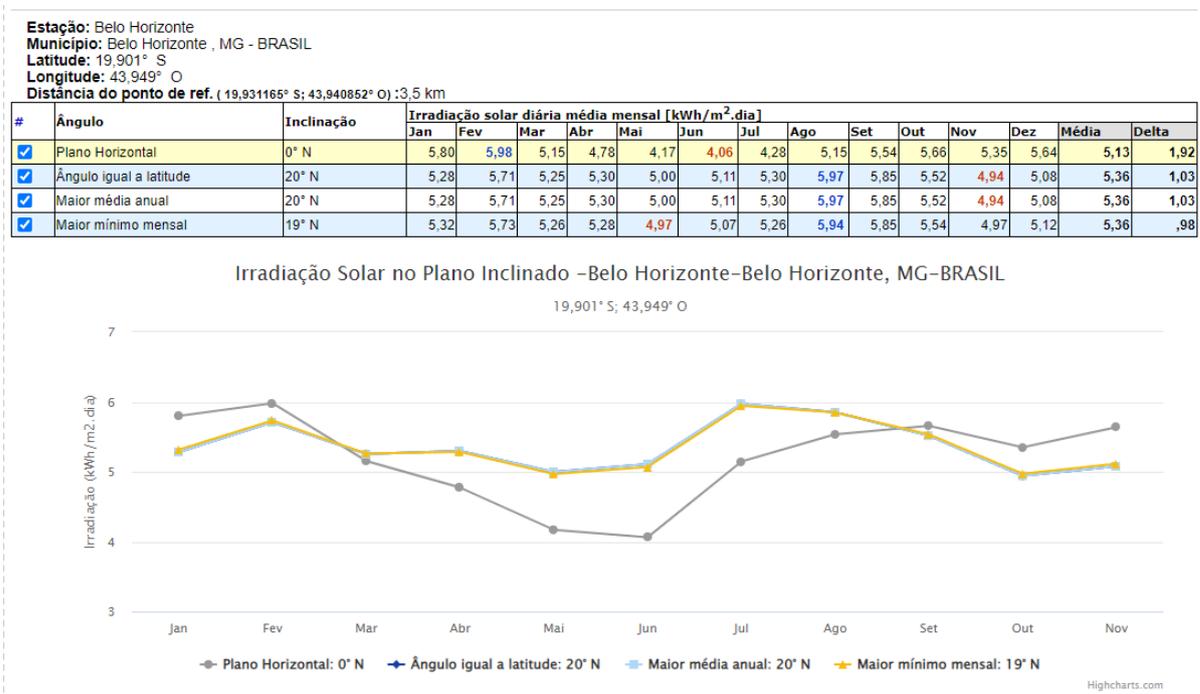
A figura 19 apresenta o gráfico de radiação média mensal, chegando a 1930,20 kWh/m^2 ano, e a figura 20 apresenta os valores de GHI (*Global horizontal irradiation*), com média de irradiação diária de 5,13 kWh/m^2 dia o que pode contribuir para geração de energia solar.

Figura 19: Gráfico de radiação média mensal.



Fonte: PROJETEEE, 2022.

Figura 20: Gráfico de irradiação solar média diária.



Fonte: CRESESB, 2022.

5 RESULTADOS

5.1 Pré-dimensionamento solar fotovoltaico

Segundo Alvorcem (2019, p. 121), “as análises de sombreamento tornaram-se importantes para se verificar a influência do sombreamento nos módulos, e se é viável a implantação de sistemas fotovoltaicos nestas edificações”. Para o estudo de caso, será pré-dimensionado um sistema solar fotovoltaico *on-grid*, que consiste em um sistema conectado à rede elétrica, no qual o excedente produzido é distribuído à rede de transmissão da concessionária, ou é complementado pela concessionária quando a demanda é maior que a produção (MOURÃO, 2017). Para o pré-dimensionamento, foram consideradas as análises de sombreamento ocasionadas na cobertura da edificação.

A partir desta análise, foi possível determinar as áreas mais indicadas para a disposição dos módulos fotovoltaicos, devido a ocorrência de maior radiação solar.

5.1.1 Análise de sombreamento

A análise de sombreamento foi realizada a partir de modelagem geolocalizada pelo software *SketchUp*, simulada conforme solstícios e equinócios, em dias e horários determinados, a saber, dias 22 de março (equinócio), 21 de junho (solstício de inverno e 22 de dezembro (solstício de verão).

Por meio desse estudo, foi possível perceber que as sombras geradas na cobertura são ocasionadas por elementos da própria edificação, e que as edificações que compõem o entorno imediato não ocasionam em sombreamento devido a distância entre elas.

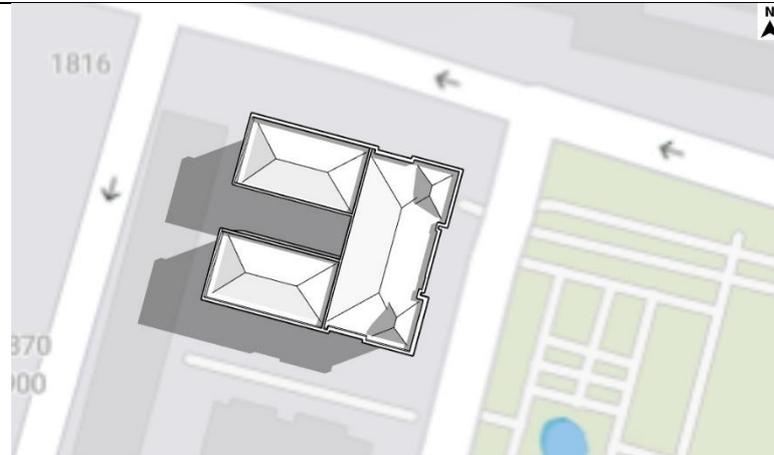
Observa-se também que no horário das 12h (meio-dia) possui uma maior incidência direta na cobertura em todos os dias analisados, permanecendo totalmente exposta à radiação solar.

Os demais horários apresentaram pequenas variações no sombreamento, mas que não resultam em impedimento para a utilização dos sistemas solares nesses planos da cobertura, conforme evidenciado nas Tabelas 4, 5 e 6.

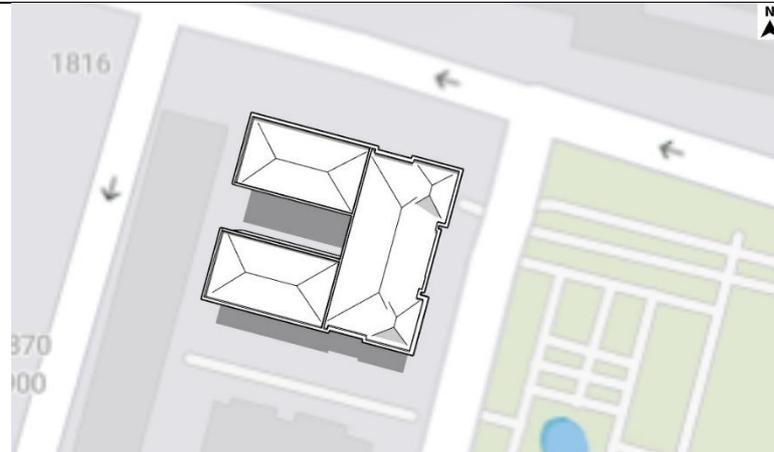
Tabela 4 – Análise de sombreamento – 22 de março

Dia 22 de março - Equinócio

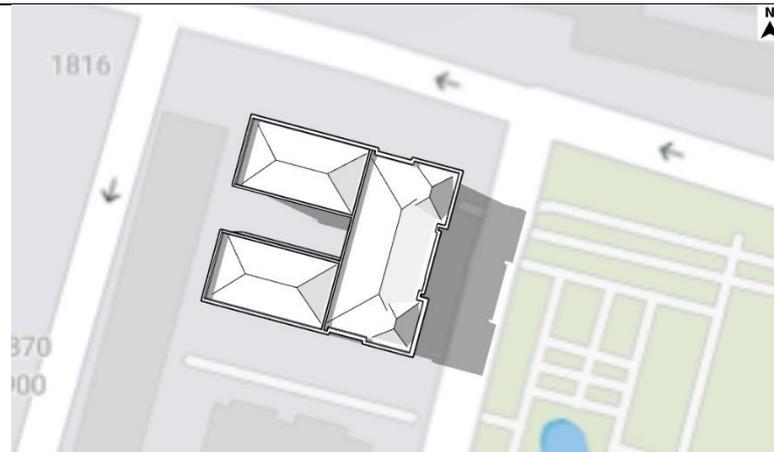
09h



12h



15h



Fonte: O autor, 2023.

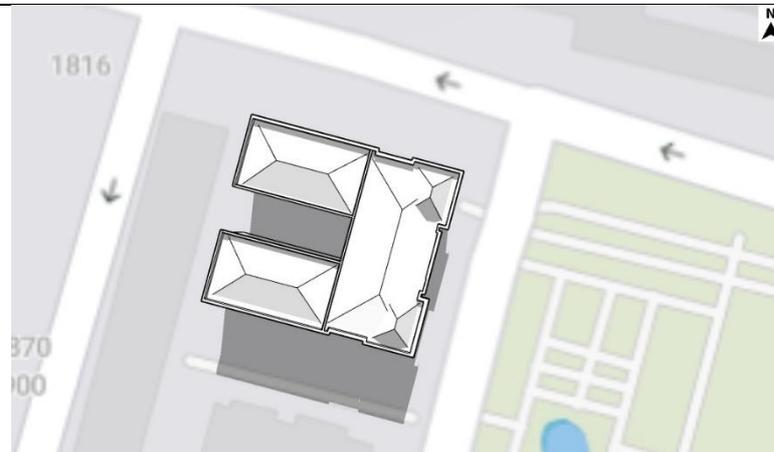
Tabela 5 – Análise de sombreamento – 21 de junho

Dia 21 de junho – Solstício de Inverno

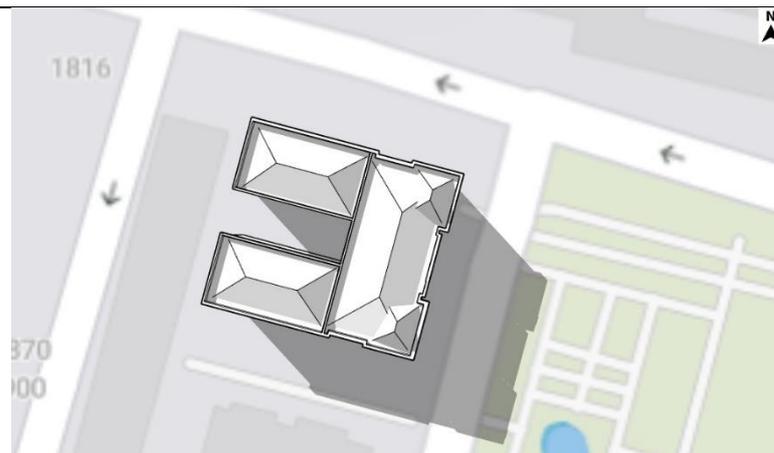
09h



12h



15h

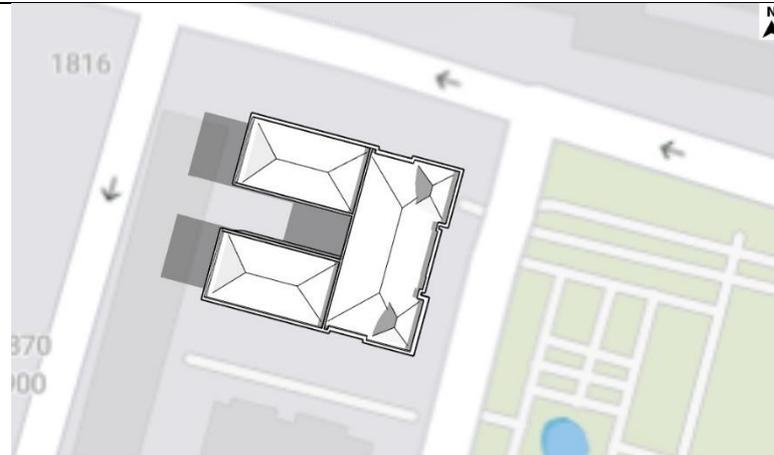


Fonte: O autor, 2023.

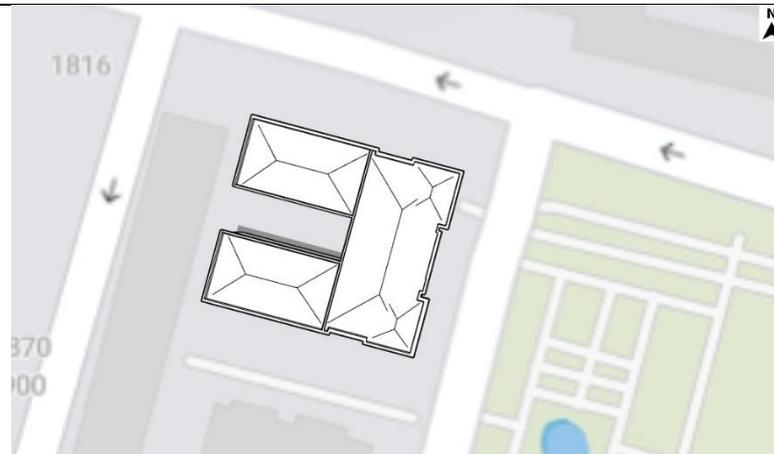
Tabela 6 – Análise de sombreamento – 22 de dezembro

Dia 22 de dezembro – Solstício de Verão

09h



12h



15h



Fonte: O autor, 2023.

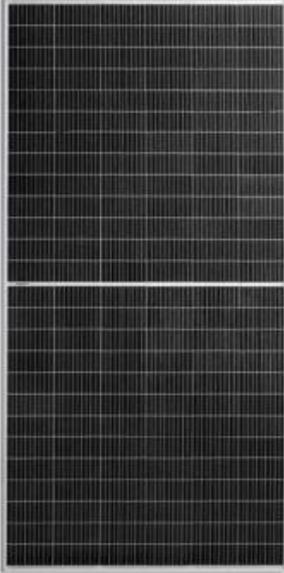
A partir dessa análise, é possível concluir que a cobertura do Memorial Minas Gerais Vale apresenta poucas áreas afetadas pelo sombreamento, o que permite, portanto, a instalação dos módulos fotovoltaicos em toda sua extensão.

5.1.2 Pré-dimensionamento do sistema fotovoltaico on-grid

Para o pré-dimensionamento hipotético do sistema fotovoltaico on-grid para a edificação, foi selecionado o modelo “Placa Solar Fotovoltaica 595W Monocristalina - Luxen Solar Series 5”.

O módulo possui as seguintes dimensões: 2443 x 1134 x 35 mm, e apresenta máxima potência nominal (Pmax) de 595W. Justifica-se a escolha em razão da facilidade de manuseio e fixação do módulo, a alta potência e as dimensões favoráveis à instalação. As características do módulo fotovoltaico sugerido estão apresentadas na figura 21.

Figura 21: Características do módulo fotovoltaico.

Potência		595 Wp	
Tensão de Máxima Potência		43,62 V	
Corrente de Máxima Potência		13,64 A	
Eficiência Módulo		21,29 %	
Nº de Células		156	
Material		Silício Monocristalino	

Fonte: NEOSOLAR. Disponível em: <https://www.neosolar.com.br/> (Anexo B).

Com base na planilha de dimensionamento básico desenvolvida por Gustavo Gontijo, no âmbito do projeto RedEE – Edifícios Públicos, foi realizado o pré-dimensionamento do sistema solar fotovoltaico on-grid para o Memorial Minas Gerais Vale. Os dados de entrada foram baseados nas informações coletadas acerca da irradiação anual da cidade de Belo Horizonte/MG, e dos dados técnicos do módulo fotovoltaico selecionado para a simulação. Para a área disponível, foram considerados apenas os planos inclinados da cobertura que possuem telha cerâmica do tipo francesa. Os resultados são apresentados na Figura 22:

Figura 22: Pré-dimensionamento do sistema solar fotovoltaico.

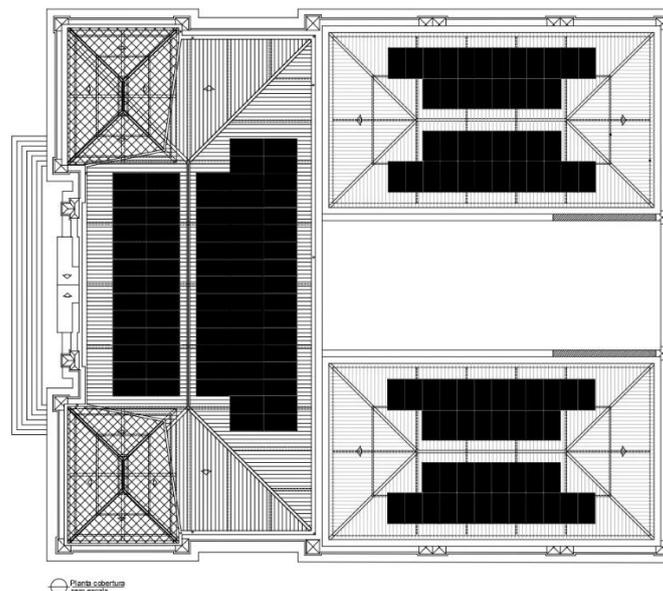
Dados		
Item	Valor	Unidade
Irradiação anual (GHI)	1930,2	kWh/m ²
Eficiência do módulo fotovoltaico	21,3%	
Área do módulo fotovoltaico	2,77	m ²
Perdas estimadas	20%	
Geração anual por módulo	910,64	kWh
Este é um módulo de aproxim.	589,733	Wp

Limitação: Área disponível		
Área total disponível	600	m ²
Fator de utilização da área	70%	
Área possível a ser coberta por módulos	420	m ²
Número de módulos	152	unidades
Potência nominal instalada	89,64	kWp
Geração anual calculada	138417,60	kWh/ano

Fonte: MME, 2021

Os resultados apresentam que, de acordo com a área total disponível para a instalação, seriam possíveis a instalação de 152 módulos fotovoltaicos, com produção anual calculada em 138.417,60 kWh/ano. A figura 23 apresenta um layout com a disposição dessas placas:

Figura 23: Disposição das placas solares fotovoltaicas.



Fonte: GRILLO, adaptado pelo autor, 2023.

Para verificação da potência nominal instalada obtida a partir do pré-dimensionamento realizado por meio da planilha da RedEE – Edifícios Públicos, utilizou-se a Equação 1:

Equação 1

$$P_{\text{real}} = n \cdot P_{\text{módulo}}$$

Onde:

n = número de módulos

$P_{\text{módulo}}$ = potência unitária do módulo

$$P_{\text{real}} = 152 \cdot 0,595$$

$$P_{\text{real}} = 90,44 \text{ kWp}$$

Para verificação da energia total gerada pelo sistema, utilizou-se a Equação 2:

Equação 2

$$E = P_{\text{fv}} \cdot H_{\text{tot}} \cdot 30 \cdot \text{TD}$$

Onde:

E = energia a ser gerada

P_{fv} = Potência dos módulos

H_{tot} = irradiação total

TD = taxa de desempenho do módulo

Tabela 7 – Energia gerada

Mês	Irradiação* (kWh/m ²)	Energia (kWh)	Valor em R\$
Janeiro	5,28	11274,32	R\$ 6.877,34
Fevereiro	5,71	12192,5	R\$ 7.437,43
Março	5,25	11210,26	R\$ 6.838,26
Abril	5,30	11317,03	R\$ 6.903,39
Maio	5,00	10676,44	R\$ 6.512,63
Junho	5,11	10911,32	R\$ 6.655,91
Julho	5,30	11317,03	R\$ 6.903,39
Agosto	5,97	12747,67	R\$ 7.776,08
Setembro	5,85	12491,44	R\$ 7.619,78
Outubro	5,52	11786,79	R\$ 7.189,94
Novembro	4,94	10548,32	R\$ 6.434,48
Dezembro	5,08	10847,27	R\$ 6.616,83
	Geração Anual	137320,40	R\$ 83.765,44
*Irradiação solar no plano inclinado			

Fonte: o autor, 2023.

Nota-se que os resultados obtidos a partir da Equação 1 e Equação 2 estão muito próximos aos resultados apresentados pela ferramenta de pré-dimensionamento (diferença encontrada de 0,80%), garantindo a confiabilidade da ferramenta.

Com base nos dados recebidos da administração do Memorial Minas Gerais Vale, o consumo anual da edificação, tendo em vista seu uso museológico, é de 285.400,00 kWh/ano. Com este cenário, atinge-se, portanto, a geração de aproximadamente 49% da demanda energética do edifício, o que representaria uma economia considerável no valor da fatura de energia elétrica do memorial.

5.1.3 Análise de viabilidade econômico-financeira

Existem três critérios eficazes de análise para gerenciamento de recursos naturais, sendo eles: (i) análise custo-benefício (ACB), que consiste em comparar o valor do custo com o do benefício, na qual analisa-se se os benefícios são maiores que os custos de projetos; (ii) análise custo-utilidade (ACU), que calcula indicadores de benefícios capazes de integrar critérios ecológicos e econômicos; e a (iii) análise custo-eficiência (ACE), que considera diversas opções para se “alcançar a prioridade política pré-definida, comparando os custos relativos para obtenção dos objetivos, resultando no menor custo possível” (ALVES, 2017, p. 30).

Para essa investigação, será utilizada a ACB por meio dos cálculos de Valor Presente Líquido (VPL), que considera o valor do investimento, considerando tempo e taxa de juros, Taxa Interna de Retorno (TIR), que se refere ao valor de anulação do VPL, “de forma que a soma dos saldos negativos e positivos do projeto durante a vida útil seja zero” (ALVES, 2017, p. 30), *payback* descontado, que se refere ao tempo que o investidor terá para igualar ou superar o valor do investimento inicial, e o Retorno Sobre Investimento (ROI).

O cálculo do Valor Presente Líquido (VPL) é realizado a partir da Equação 4:

Equação 4

$$VPL_{(n)} = FC_{(n)} / (1 + i)^n$$

Onde:

$VPL_{(n)}$ = Valor presente líquido (R\$);

$FC_{(n)}$ = Fluxo de caixa no período (R\$);

n = Período (ano ou meses);

i = Taxa básica de juros (SELIC) (%).

Para a análise da TIR, utiliza-se a equação 5, considerando o investimento inicial do projeto e o fluxo de caixa gerado no período de utilização do sistema, sendo o seu resultado comparado com a Taxa Mínima de Atratividade (TMA).

$$\text{VPL} = \text{invest. Inicial} + \text{FC}_{(n)} / (1 + \text{TIR})^n \quad \text{Equação 5}$$

Onde:

$\text{VPL}_{(n)}$ = Valor presente líquido (R\$);

$\text{FC}_{(n)}$ = Fluxo de caixa no período (R\$);

n = Período (ano ou meses);

O cálculo de *payback* descontado é realizado pela Equação 6, tendo como TMA o valor da média da SELIC nos últimos 5 anos.

$$\text{Paybackdescontado} = \text{FC}_n / (1 + \text{TMA})^n \quad \text{Equação 6}$$

Onde:

$\text{FC}_{(n)}$ = Fluxo de caixa no período (R\$);

n = Período (meses);

TMA = SELIC (%).

Por fim, foi realizada a análise de retorno sobre investimento (ROI), no qual o investimento do projeto será validado como viável ou não a partir da equação 7:

$$\text{ROI} = \text{LucroOperacional} - \text{InvestimentoInicial} / \text{Investimento inicial} \times 100 \quad \text{Equação 7}$$

Adotou-se o seguinte cenário (Apêndice A) para os devidos cálculos: o valor do kWh de R\$ 0,61 (valor referente ao ano de 2022) com reajuste anual de 8,80% (valor referente ao último reajuste, uma vez que os dados referentes ao reajuste dos últimos anos não se encontram disponíveis no site da concessionária); uma taxa de manutenção anual de R\$ R\$ 1441,36¹⁹, considerando o valor de 0,5% sobre o custo inicial do sistema acrescido de 11,45% ao ano referente a média da taxa SELIC

¹⁹ Informação disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/tudo-sobre-a-manutencao-do-painel-solar>>. Acesso em 15 fev 2023.

(últimos 05 anos); e o fluxo de caixa do período, para o qual foi considerado o valor anual economizado a partir da instalação do sistema fotovoltaica, subtraído pelo custo da manutenção; Para a TMA (=Média SELIC últimos 5 anos) foi utilizado o valor de 11,45% (BCB, 2023). O valor do investimento inicial está apresentado no anexo D.

Tabela 8 – Cálculo do VPL, TIR, Lucratividade e Payback

Investimento Inicial	R\$ 288.762,00					
Taxa de Desconto	11,45%					
Período (ano)	Fluxo de Caixa	Valor Presente	VP Acumulado		Soma VPs (Ano 1 a 24)	R\$ 3.861.028,07
0	-R\$ 288.762,00	-R\$ 288.762,00	-R\$ 288.762,00		VPL do Projeto	R\$ 1.309.700,27
1	R\$ 82.324,08	R\$ 73.866,38	-R\$ 214.895,62		Taxa Interna de Retorno	35%
2	R\$ 88.285,08	R\$ 71.076,69	-R\$ 143.818,93		Taxa de Lucratividade	13,37
3	R\$ 94.672,45	R\$ 68.388,55	-R\$ 75.430,38		Tempo de Payback	4,16
4	R\$ 101.298,87	R\$ 65.657,50	-R\$ 9.772,89			
5	R\$ 107.640,32	R\$ 62.600,04	R\$ 52.827,15			
6	R\$ 113.873,25	R\$ 59.421,18	R\$ 112.248,33			
7	R\$ 119.999,00	R\$ 56.184,58	R\$ 168.432,91			
8	R\$ 126.018,87	R\$ 52.941,35	R\$ 221.374,26			
9	R\$ 131.934,16	R\$ 49.732,08	R\$ 271.106,34			
10	R\$ 137.746,15	R\$ 46.588,50	R\$ 317.694,84			
11	R\$ 143.456,10	R\$ 43.534,97	R\$ 361.229,80			
12	R\$ 149.065,28	R\$ 40.589,68	R\$ 401.819,48			
13	R\$ 154.574,92	R\$ 37.765,75	R\$ 439.585,23			
14	R\$ 159.986,24	R\$ 35.072,09	R\$ 474.657,32			
15	R\$ 165.300,47	R\$ 32.514,19	R\$ 507.171,51			
16	R\$ 170.518,79	R\$ 30.094,77	R\$ 537.266,28			
17	R\$ 175.642,41	R\$ 27.814,30	R\$ 565.080,59			
18	R\$ 188.279,86	R\$ 26.752,39	R\$ 591.832,97			
19	R\$ 201.820,30	R\$ 25.730,22	R\$ 617.563,19			
20	R\$ 216.328,19	R\$ 24.746,38	R\$ 642.309,57			
21	R\$ 231.872,57	R\$ 23.799,50	R\$ 666.109,07			
22	R\$ 248.527,43	R\$ 22.888,26	R\$ 688.997,33			
23	R\$ 266.372,02	R\$ 22.011,36	R\$ 711.008,69			
24	R\$ 285.491,26	R\$ 21.167,57	R\$ 732.176,27			

Fonte: o autor, 2023.

A partir dos cálculos realizados, identificou-se que o tempo de payback seria de 4,16 anos, com taxa interna de retorno de 35%, taxa de lucratividade de R\$ 13,37. Com isso, estima-se que com o sistema fotovoltaico pré-dimensionado, haveria economia com a fatura de energia elétrica durante pelo menos 20 anos. Sabe-se, pois, que não foram considerados os custos com a instalação, nem verificado a necessidade de um reforço estrutural na cobertura. Entretanto, acredita-se que mesmo com tais valores, o cenário final ainda seria positivo frente ao investimento.

5.1.4 Redução da pegada de carbono

Para o cálculo de redução de emissões evitadas por meio da geração de energia a partir do cenário apresentado, utilizou-se a Equação 3:

Equação 3

$$ECO_2 = E * Fe$$

Onde:

ECO_2 = emissões anuais de dióxido de carbono evitadas (tCO_2)

E = energia gerada durante o ano

Fe = fator de emissão (tCO_2) da energia elétrica do Sistema Interligado Nacional – SIN

$$ECO_2 = 133,61967 * 0,3490^{20}$$

$$ECO_2 = 46,6332 \text{ (} tCO_2/\text{ano)}$$

Com esse resultado, fica evidente que a instalação de sistemas solares fotovoltaicos em edificações históricas não só contribuiria para a geração de energia como também para a redução da pegada de carbono.

5.1.5 Análise do impacto visual

No que diz respeito ao impacto visual que poderia ser causado a partir da instalação das placas fotovoltaicas na edificação, observa-se que, pela altura da edificação, como também pelos elementos que compõe suas fachadas – platibanda, frontão etc. - as placas fotovoltaicas não seriam vistas pelo fruidor do espaço na qual a edificação está inserida (Praça da Liberdade), visto que tais elementos ocultam a cobertura da edificação, área na qual foi simulada a instalação.

As figuras 24, 25 e 26, retiradas do *Google Street View* corroboram essa afirmação, quando, de diversos ângulos analisados não foi possível visualizar a cobertura da edificação.

²⁰ O Valor do Fator de Emissão utilizado foi Fatores de emissão da margem de operação pelo método simples ajustado, ano base 2020, disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/dados-e-ferramentas/fatores-de-emissao>. Acesso em. 26 nov. 2022.

Figura 24: Vista parcial da fachada frontal e fachada lateral direita.



Fonte: *Google Street View*, 2023.

Figura 25: Vista parcial da fachada lateral esquerda.



Fonte: *Google Street View*, 2023.

Figura 26: Vista parcial da fachada frontal e fachada lateral esquerda.



Fonte: *Google Street View*, 2023.

6 CONCLUSÕES

O presente estudo avaliou a possibilidade de utilização de sistemas solares fotovoltaicos em edificações históricas, a partir do estudo de caso do edifício da antiga Secretaria de Estado da Fazenda, que atualmente abriga o Memorial Minas Gerais Vale, em Belo Horizonte – MG.

Para o estudo de caso, foi realizado o pré-dimensionamento do sistema solar fotovoltaico a partir da ferramenta disponibilizada pelo Ministério de Minas e Energia que consiste em uma Planilha de Pré-dimensionamento Básico. Os dados de entrada utilizados foram coletados em sites de referências e os resultados obtidos foram comparados com os resultados dos cálculos a partir das equações apresentadas. Nota-se que a ferramenta disponibilizada possui alto grau de confiabilidade, uma vez que os cálculos realizados ficaram muito próximos aos resultados apresentados por ela.

A partir do sistema solar fotovoltaico dimensionado, seria possível uma economia de energia elétrica de aproximadamente 50%, o que resultaria em uma

redução na fatura da energia, mesmo não cobrindo toda a demanda energética do edifício. Entretanto, outras medidas podem ser feitas ao longo do tempo para maior eficiência energética, como por exemplo a adequação do sistema de iluminação por lâmpadas eficientes, e entendimento do uso do sistema de ar-condicionado para seu uso eficiente.

Ademais, a utilização de fontes renováveis de energia contribui também na redução da pegada de carbono. Muito embora o valor obtido seja relativamente baixo, se adotado em outras edificações de mesma tipologia, a redução pode se tornar significativa ao longo dos anos, permitindo, assim, alcançar as metas definidas pelos acordos internacionais e ODS.

Não se pode, contudo, desconsiderar o impacto visual que as placas fotovoltaicas podem causar na edificação e em seu entorno imediato, e que estudos voltados para a redução deste impacto devem ser levados em conta no dimensionamento e instalação de tais sistemas. Para o Memorial Minas Gerais Vale acredita-se que o impacto seria baixo, uma vez que a proposição de instalação é para a cobertura da edificação. Ademais, a platibanda ocultaria parte do sistema, reduzindo ainda mais o impacto visual. Contudo, frente à necessidade de se reduzir o consumo de combustíveis fósseis e dos gases de efeito estufa, reconhecer as placas solares como um “novo normal” na paisagem urbana e histórica se torna essencial para a mitigação dos efeitos das mudanças climáticas.

Por fim, preservar os edifícios históricos é uma forma de garantir sua perenidade no tempo, como também reduzir os efeitos das mudanças climáticas garantem a continuidade da vida humana na terra. Além disso, todo o valor economizado a partir da instalação do sistema pode ser destinado à manutenção do edifício, garantindo, assim, a sua conservação. Dito isso, reforça-se que todos os esforços devem ser tomados para a proteção do meio ambiente, incluindo aqui os edifícios históricos.

REFERÊNCIAS

- ACADEMIA BRASILEIRA DE LETRAS. **Dicionário escolar da língua portuguesa**. 2ª ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2008.
- ALVORCEM, C. L. V. **Análise da relação do patrimônio arquitetônico com a eficiência energética em edifícios históricos em Santa Maria, RS**. 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/18784>. Acesso em: 15 jul. 2021.
- ALVES, J. F. A. Estudo de viabilidade econômica de uma obra residencial aplicando análise de sensibilidade e simulação de cenários. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.
- AMORIM, C. N. D. Eficiência energética em edificações: perspectivas para a universidade de Brasília. *In*: LAYRARGUES, Philippe Pomier; ZANETI, I. C. B. B. (orgs.). **Universidade para o século XXI: educação e gestão ambiental na Universidade de Brasília**. Brasília: Cidade Gráfica e Editora, 2011, p. 193-208.
- ARCHDAILY BRASIL. **Memorial Minas Gerais / Estudio Arquitetura + TETRO Arquitetura**. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/976921/memorial-minas-gerais-estudio-arquitetura-plus-tetro-arquitetura>. Acesso em: 04 mai. 2022.
- ASSOCIAÇÃO DE NORMAS TÉCNICAS BRASILEIRA – ABNT. **NBR 16636-1:2017 - Elaboração e desenvolvimento de serviços técnicos especializados de projetos arquitetônicos e urbanísticos. Parte 1: Diretrizes e Terminologia**. Rio de Janeiro, 2017.
- ASSOCIAÇÃO DE NORMAS TÉCNICAS BRASILEIRA – ABNT. **NBR 15575-1: Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho – Parte 1: Requisitos gerais**. Rio de Janeiro, 2008.
- BADAWY, N. *et al.* Relevance of monocrystalline and thin-film technologies in implementing efficient gridconnected photovoltaic systems in historic buildings in Port Fouad city, Egypt. **Alexandria Engineering Journal**, v. 61, p. 12229-12246, 2021. DOI: doi.org/10.1016/j.aej.2022.06.007
- BELO HORIZONTE. Diretoria de Patrimônio Cultural e Arquivo Público. **Patrimônio cultural**. Belo Horizonte: 2018. Disponível em <https://prefeitura.pbh.gov.br/fundacao-municipal-de-cultura/patrimonio>. Acesso em: 01 jun. 2022.
- BELLIA, L. *et al.* Energy requalification of a historical Building: a case study. **Energy and Building**, v. 95, p. 184-189, 2015. DOI: doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.10.060
- BOITO, C. **Os restauradores**: conferência feita na exposição de Turim em 7 de junho de 1884. Tradução Paulo Mugayar Kuhl *et al.* Revisão Renata Maria Parreira Cordeiro. 3. ed. Cotia-SP: Ateliê Editorial, 2008.
- BRASIL. Presidência da República. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**: Nós, representantes do povo brasileiro, reunidos em Assembléia Nacional Constituinte para instituir um Estado Democrático, destinado a assegurar o exercício dos direitos sociais e individuais, [...]. Brasília, DF: Planalto, [2018].

Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm. Acesso em: 10 jun. 2022.

BRASIL. Presidência da República. **Decreto-Lei nº 25, de 30 de novembro de 1937**: organiza a proteção do patrimônio histórico e artístico nacional. Rio de Janeiro, RJ: Gustavo Capanema. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del0025.htm. Acesso em: 10 jun. 2022.

BRANDI, C. **Teoria da restauração**. Tradução Beatriz Mugayar Kuhl. Revisão Renata Maria Parreira Cordeiro. 4. ed. Cotia-SP: Ateliê Editorial, 2019.

BUTERA, F. M. **Da caverna à casa ecológica**: história do conforto e da energia. São Paulo: Nova Técnica, 2009.

CARLAN, C. U; FUNARI, P. P. A. Patrimônio e colecionismo: algumas considerações. **Revista Acadêmica Magistro**. Rio de Janeiro, v. 1, n. 1, p. 16-24, jul. 2010. Disponível em: <http://publicacoes.unigranrio.edu.br/index.php/magistro/article/view/1056/0>. Acesso em 10 jun. 2022.

CASTRIOTA, L. B. **Patrimônio Cultural**: conceitos, políticas, instrumentos. Belo Horizonte: Anablume, 2009.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS – CGEE. **Prospecção tecnológica no setor de energia elétrica**: evolução tecnológica nacional no segmento de eficiência energética. Brasília, DF: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2017. Disponível em: https://www.cgEE.org.br/documents/10195/734063/aneel_2017_6-8.pdf/8ffe175b-f2ac-4aab-bad6-37b7fd597aec?version=1.4. Acesso em: 13 jun. 2022.

CENTRO DE REFERÊNCIAS PARA ENERGIAS SOLAR E EÓLICA SÉRGIO DE S. BRITO. **Belo Horizonte**. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php#data>. Acesso em 11 nov. 2022.

CHOAY, F. **A alegoria do patrimônio**. Tradução de Luciano Vieira Machado. 4ª ed. São Paulo: Estação Liberdade: UNESP, 2006.

COSTA, R. X. Expografia moderna contemporânea: Diálogos entre arte e arquitetura. In: Asensio, Sabino, Asenjo & Castro (eds.). **Museos y Arquitectura**: Series de investigacion iberoamericana de museologia. Ano 3. v. 8. Universidade Autonoma de Madrid, Madrid, 2012. p 67-78.

CRUZ, A. R. et al. Impacto causado pela implantação de usina hidrelétrica e PCH's na Amazônia Meridional. **Revista Eletrônica Georaguaia**, Barra do Garças-MT, v. 6, n. 1, p. 19-29, 2016.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanco Energético Nacional 2021**: ano base 2020. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética – EPE, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/spe/publicacoes/balanco-energetico-nacional/2-balanco-energetico-nacional-ben/ben2021.pdf/view>. Acesso em: 16 jun. 2022.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanco Energético Nacional 2021**: ano base 2020. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética – EPE, 2021.

Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-675/topico-638/BEN2022.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2023.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Ações para promoção da eficiência energética nas edificações brasileiras**: no caminho da transição energética. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética – EPE, 2020.

FARIA *et al.* Avaliação da qualidade da iluminação natural em construção tombada pelo patrimônio histórico. In: Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído. **Anais [...]**, 7, Balneário Camboriu, 2017.

FEIL, A.; SCHREIBER, D. Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: desvendando as sobreposições e alcance de seus significados. **Cadernos EBAPE.BR**, v. 14, nº 3, artigo 7, Rio de Janeiro, jul./set. 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cebape/a/hvbYDBH5vQFD6zfjC9zHc5g/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 23 jul. 2021.

FERREIRA, M. L. M. Patrimônio: discutindo alguns conceitos. **Diálogos**, v. 10, n. 3, p. 79-88, ago. 2017. Disponível em: <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/Dialogos/article/view/38967>. Acesso em 01 jun. 2022.

FELÍCIO, R. A. **Arquitetura colonial sobre a óptica da eficiência energética**: o caso do museu regional de caeté. Monografia (Especialização em Eficiência Energética) – Universidade Federal de Santa Maria, Novo Hamburgo, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/12593>. Acesso em: 18 set. 2021.

GARCIA, M. S. Relação entre eficiência energética e a proteção do patrimônio: abordagens discutidas em publicações no período de 2010 a 2015. In: Seminário Mestres e Conselheiros: agentes multiplicadores do patrimônio, 7., 2015, Belo Horizonte. **Anais [...]**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2017.

GHIRARDELLO, N.; SPISSO, B. (coord.). **Patrimônio histórico**: como e por que preservar. Bauru, SP: Canal 6, 2008.

GLOBAL SOLAR ATLAS. Belo Horizonte. Disponível em: <https://globalsolaratlas.info/map?c=-19.904927,-43.932953,11&s=-19.91332,-43.91716&m=site>. Acesso em 18 nov. 2022.

GONÇALVES, J. C. S.; DUARTE, D. H. S. Arquitetura sustentável: uma integração entre ambiente, projeto e tecnologia em experiências de pesquisa, prática e ensino. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 6, n. 4, p. 51-81, out./dez. 2006. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/3720>. Acesso em: 01 jun. 2022.

GURSKI, B.; GONZAGA, R.; TENDOLINI, P. Conferência de Estocolmo: um marco na questão ambiental. **Administração de empresas em revista**. Curitiba, v. 1, n. 7, p. 65-79, 2012. Disponível em: <http://revista.unicuritiba.edu.br/index.php/admrevista/article/view/466>. Acesso em 24 jul 2021.

IBRAHIM, H. *et al.* Towards nearly-zero energy in heritage residential buildings retrofitting in hot, dry climates. **Sustainability**, v. 13, 2021. DOI: doi.org/10.3390/su132413934

INTERNATIONAL COUNCIL ON MONUMENTS AND SITES – ICOMOS. **The Burra Charter**. Austrália: ICOMOS, 2013. Disponível em: <https://australia.icomos.org/wp-content/uploads/The-Burra-Charter-2013-Adopted-31.10.2013.pdf>. Acesso em 16 jun. 2022.

INSTITUTO ESTADUAL DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO DE MINAS GERAIS – IEPHA/MG. **Secretaria de Estado da Fazenda**: projeto executivo de restauração. Belo Horizonte: IEPHA/MG, 2016.

INSTITUTO ESTADUAL DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO DE MINAS GERAIS – IEPHA/MG. **O Iepha**. Disponível em: <http://www.iepha.mg.gov.br/index.php/institucional/o-iepha#hist%C3%B3ria>. Acesso em: 04 mai. 2022.

INSTITUTO ESTADUAL DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO DE MINAS GERAIS – IEPHA/MG. **Elaboração de inventários de bens culturais**. Belo Horizonte: IEPHA/MG, 2020.

INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL – IPHAN. **Memórias do presente**. Campo Grande: IPHAN-MS, 2019.

INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL – IPHAN. **Carta de Burra, 1980**. Traduzido pelo IPHAN. Austrália: ICOMOS, 1980. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/uploads/ckfinder/arquivos/Carta%20de%20Burra%201980.pdf>. Acesso em: 16 jun. 2022.

INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL – IPHAN. **Carta de Atenas, 1964**. Traduzido pelo IPHAN. Atenas: ICOMOS, 1964. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/uploads/ckfinder/arquivos/Carta%20de%20Veneza%201964.pdf>. Acesso em: 16 jun. 2022.

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

KHALIL, A. M. R.; HAMMOUDA, N. Y.; EL-DEEB, F. K. Implementing sustainability in retrofitting heritage buildings. Case study: Villa Antoniadis, Alexandria, Egypt. **Heritage**, v. 1, p. 57-87, 2018. DOI: doi.org/10.3390/heritage1010006

LAMBERTS, R; DUTRA, L.; PEREIRA, F. **Eficiência energética na arquitetura**. 3 ed. Rio de Janeiro: ELETROBRAS/PROCEL, 2014. Disponível em: https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/apostilas/eficiencia_energetica_na_arquitetura.pdf. Acesso em: 18 out. 2021.

LIZCANO, J. C. O. *et al.* Colored optic filters on c-Si IBC solar cells for building integrated photovoltaic applications. *Progress in photovoltaic*, v. 30, n. 401, p. 401-435, 2021. DOI: doi.org/10.1002/pip.3504

LINGFORS, D. *et al.* Target-based visibility assessment on Building envelopes: applications to PV energy and buildings. *Energy and Buildings*, v. 204, p. 1-8, 2019. DOI: doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.109483

LO BASSO, G. *et al.* Hybrid systems adoption for lowering historic buildings PFEC (primary fossil energy consumption): a comparative energy analysis. *Renewable Energy*, v. 117, p. 414-433, 2018. DOI: doi.org/10.1016/j.renene.2017.10.099 LÓPEZ, C. *et al.* Risk-benefit assessment scheme for renewable solar solutions in traditional and historical buildings. *Sustainability*, v. 13, n. 5246, p. 1-35, 2021. DOI: doi.org/10.3390/su13095246

LÓPEZ, C. S. P.; TROIA, F.; NOCERA, F. Photovoltaic BIPV systems and architectural heritage: new balance between conservation and transformation. An assessment method for heritage values compatibility and energy benefits of interventions. *Sustainability*, v. 13, p. 1-31, 2021. DOI: doi.org/10.3390/su13095107

LUCCHI, E. Photovoltaic Technologies in historic buildings and protected áreas: comprehensive legislative framework in Italy and Switzerland. *Energy Policy*, n. 161, 2022.

MARÇAL, A. O.; CAMPANHOL, E. M. A expografia museal: da coleção pessoal ao novo museu. In: IV Congresso de Iniciação Científica – Uni-FACEF, 2010, Franca. **Caderno de Resumos do IV Congresso de Iniciação Científica**, p 27-28, 2010.

MEDICI, S. Italian architectural heritage and photovoltaic systems. Matching style with sustainability. *Sustainability*, v. 13, p. 2-23, 2021. DOI: doi.org/10.3390/su13042108

MEMORIAL MINAS GERAIS VALE - MMGV. **10 anos: Memorial Minas Gerais Vale**. Belo Horizonte: Associação Memorial Minas Gerais Vale, 2020.

MEMORIAL MINAS GERAIS VALE – MMGV. **Memorial Minas Gerais Vale: sobre**. Disponível em: <https://memorialvale.com.br/pt/memorial-mg-vale/sobre/>. Acesso em: 04 mai. 2022.

MINAS GERAIS. Assembleia Legislativa de Minas Gerais. **Decreto nº 18531, de 2 de junho de 1977**. Belo Horizonte: Assembleia Legislativa de Minas Gerais, 1977. Disponível em: <https://www.lexml.gov.br/urn:urn:lex:br;minas.gerais:estadual:decreto:1977-06-02;18531>. Acesso em: 04 mai. 2022.

MINAS GERAIS. Assembleia Legislativa de Minas Gerais. **Decreto nº 18531, de 02/06/1977**. Belo Horizonte: Assembleia Legislativa de Minas Gerais, 1977. Disponível em: <https://www.almg.gov.br/consulte/legislacao/completa/completa.html?tipo=DEC&num>

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES. **Fator Médio: inventários corporativos**. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/dados-e-ferramentas/fatores-de-emissao>. Acesso em: 26 nov. 2022. =18531&comp=&ano=1977. Acesso em: 04 mai. 2022

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. **Guia prático de eficiência energética: reunindo a experiência prática do projeto de etiquetagem**. Brasília: MMA, Ministério do Meio Ambiente e Ministério da Cultura / Ministério do Meio Ambiente, 2014. Disponível em: <https://www.gov.br/compras/pt-br/agente-publico/logistica-publica-sustentavel/materiais-de-apoio/biblioteca-digital/guia-pratico-de-eficiencia-energetica-reunindo-a-experiencia-pratica-do-projeto-de-etiquetagem-ministerio-do-meio-ambiente-e-ministerio-da-cultura-2014.pdf>. Acesso em 16 jun. 2022.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME. **Materiais disponíveis para download.** Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/spe/sef/materiais-disponiveis-para-download>. Acesso em: 11 nov. 2022.

MOSQUEIRA, J. L. E. *et al.* Sustainability standards for patrimonial housing in the Historic Center of Cuenca – Ecuador. **Estoa**, v. 8, p. 65-78, jan. 2019. Disponível em: <https://publicaciones.ucuenca.edu.ec/ojs/index.php/estoa/article/view/2461>. Acesso em: 20 set. 2021.

NATARAJAN, F. M. S. PV in histórico dwellings: the potential to reduce domestic CO2 emissions. *Building Engineering*, v. 3, p. 70-78, 2015. DOI: doi.org/10.1016/j.jobe.2015.06.004NEOSOLAR. Placa Solar Fotovoltaica 595W luxen solar series. Disponível em: <https://www.neosolar.com.br/loja/placa-solar-fotovoltaica-595w-luxen-solar-series-5.html>. Acesso em 18 nov. 2022.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS – ONU. **Objetivos do Desenvolvimento Sustentável.** Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em 20 nov. 2022.

POTT, C. M.; ESTRELA, C. C. Histórico ambiental: desastres ambientais e o despertar de um novo pensamento. **Revista Dilemas Ambientais e fronteiras do conhecimento II: Estudos Avançados**, [S.l.], v. 31, n. 89, p. 271-283, 2017. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/132431>. Acesso em: 25 jul. 2021.

PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA – PROCEL. **Resultados PROCEL ano base 2020.** Rio de Janeiro: PROCEL, 2021. Disponível em: <http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View=%7B5A08CAF0-06D1-4FFE-B335-95D83F8DFB98%7D&Team=¶ms=itemID=%7B692C8EE2-0F26-4806-9A14-19F19B11DF76%7D;&UIPartUID=%7B05734935-6950-4E3F-A182-629352E9EB18%7D>. Acesso em: 10 jun. 2022.

PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA – PROCEL. **Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas.** Rio de Janeiro: PROCEL, 2021. Disponível em: <http://www.pbeedifica.com.br/inic>. Acesso em: 10 jun. 2022.

PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA – PROCEL. **Manual de aplicação da INI-C:** edificações comerciais, de serviços e públicas. Rio de Janeiro: PROCEL, 2021. Disponível em: http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/Manual%20INI-C_JUN_V01.pdf. Acesso em: 16 jun. 2022.

RODRIGUES, D. Patrimônio cultural, memória social e identidade: interconexões entre os conceitos. **Letras escreve**, Macapá, v.7, n.4, p. 337-361, 2º sem, 2017. Disponível em: <https://periodicos.unifap.br/index.php/letras>. Acesso em: 01 jun. 2022.

ROSA, F. Building-integrated photovoltaics (BIPV) in historical buildings: Opportunities and constraints. *Energies*, v. 13, p. 1-28, 2020. DOI: doi.org/10.3390/en13143628

RUSKIN, J. **A lâmpada da memória**. Tradução Maria Lucia Bressan Pinheiro. Revisão Beatriz Gladys Mugayar Kuhl. Cotia-SP: Ateliê Editorial, 2008.

SABINO, P. R. Arquitetura e expografia: um estudo de suas relações em museus e instituições culturais. In: **Cadernos de pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo**. Mackenzie: São Paulo, v. 11, n. 2, p. 195-219, 2011.

SUDIMAC, B.; URGINÓVIC, A.; JURCEVIC, M. The application of photovoltaic systems in sacred buildings for the purpose of electric power production: the case study of the Cathedral of St. Michael the Archangel in Belgrade. *Sustainability*, v. 12, p. 1-18, 2020. DOI: doi.org/10.3390/su12041408

THEBAULT, M. *et al.* Large-scale evaluation of the suitability of buildings for photovoltaic integration: case study in Greater Geneva. *Applied Energy*, v. 316, p. 1-13, 2022. DOI: doi.org/10.1016/j.apenergy.2022.119127.

VAN BELLEN, H. M. Desenvolvimento sustentável: uma descrição das principais ferramentas de avaliação. **Revista Ambiente & Sociedade**, v.7, n.1, p. 67-88, jan./jun 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1414-753X2004000100005>. Acesso em: 25 jul. 2021.

VELOSO, C. S.; ANDRADE, Luciana Teixeira. Circuito Cultural da Praça da Liberdade: turismo e narrativas museológicas. **Revista Iberoamericana de Turismo**, Penedo, v. 5, n, especial, p 05-17, abr. 2015. Disponível em: <https://www.seer.ufal.br/index.php/ritur/article/download/1563/1222>. Acesso em: 21 set. 2019.

VIEIRA, A. L.; SOUZA DA SILVA, C. L. Do património ao património digital 3.0. **Museologia e interdisciplinaridades**, Brasília, v. 10, nº especial, p. 179-194, dez. 2021. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/museologia/article/view/37686>. Acesso em: 16 jun. 2022.

VIOLLET-LE-DUC, E. E. **Restauração**. Tradução Beatriz Mugayar Kuhl. Revisão Renata Maria Parreira Cordeiro. 4. ed. Cotia-SP: Ateliê Editorial, 2006.

ZALAMEA-LÉON, E. *et al.* Urban photovoltaic potential of inclined roofing for buildings in heritage centers in equatorial areas. *Green of Building*, v. 3, n. 3, p. 45-69, 2017.

ZALAMEA-LÉON, E. *et al.* Architectural perspectives and photovoltaic roofs in heritage urban contexts. *ACE: Architecture, City and Environment*, v. 13, n. 38, p. 185-210, 2018. DOI: doi.org/10.5821/ace.13.38.5369ZANIRATO, Sílvia Helena *et al.* Patrimônio cultural: saberes e fazeres no discurso cultural-epistemológico. **Estudos Avançados**, [S.l.], v.35, n. 103, p. 255-270, 2021. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/003062587>. Acesso em 01 jun. 2022.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Composição de Fluxo de Caixa

	Valor kWh *		Produção kWh		Valor da Geração		Consumo Anual kWh		Valor do Consumo		Valor da manutenção		Valor da Manutenção **		Valor total da conta		Economia de		Valor presente								
0																		-R\$ 288.762,00		-R\$ 288.762,00							
1		0,61		137320,4	R\$	83.765,44		285399,00	R\$	174.093,39				1441,36	R\$	91.769,31	R\$	82.324,08	R\$	73.866,38	-R\$	288.762,00					
2	R\$	0,61	0,0488	R\$	0,66	137320,4	1098,563	136221,8368	R\$	89.742,95	285400,00	R\$	188.021,52	R\$	1.441,36	R\$	16,50	R\$	1.457,86	R\$	99.736,44	R\$	88.285,08	R\$	71.076,69	-R\$	200.476,92
3	R\$	0,66	0,0527	R\$	0,71	136221,8	1089,775	135132,0621	R\$	96.147,00	285400,00	R\$	203.063,24	R\$	1.457,86	R\$	16,69	R\$	1.474,56	R\$	108.390,79	R\$	94.672,45	R\$	68.388,55	-R\$	105.804,47
4	R\$	0,71	0,0568	R\$	0,77	135132,1	1081,056	134051,0056	R\$	102.790,31	285400,00	R\$	218.844,72	R\$	1.474,56	R\$	16,88	R\$	1.491,44	R\$	117.545,85	R\$	101.298,87	R\$	65.657,50	-R\$	4.505,60
5	R\$	0,76	0,0608	R\$	0,82	134051	1072,408	132978,5976	R\$	109.148,83	285400,00	R\$	234.256,32	R\$	1.491,44	R\$	17,08	R\$	1.508,52	R\$	126.616,00	R\$	107.640,32	R\$	62.600,04	R\$	103.134,72
6	R\$	0,81	0,0648	R\$	0,87	132978,6	1063,829	131914,7688	R\$	115.399,04	285400,00	R\$	249.667,92	R\$	1.508,52	R\$	17,27	R\$	1.525,79	R\$	135.794,67	R\$	113.873,25	R\$	59.421,18	R\$	113.873,25
7	R\$	0,86	0,0688	R\$	0,93	131914,8	1055,318	130859,4506	R\$	121.542,26	285400,00	R\$	265.079,52	R\$	1.525,79	R\$	17,47	R\$	1.543,26	R\$	145.080,52	R\$	119.999,00	R\$	56.184,58	R\$	119.999,00
8	R\$	0,91	0,0728	R\$	0,98	130859,5	1046,876	129812,575	R\$	127.579,80	285400,00	R\$	280.491,12	R\$	1.543,26	R\$	17,67	R\$	1.560,93	R\$	154.472,25	R\$	126.018,87	R\$	52.941,35	R\$	126.018,87
9	R\$	0,96	0,0768	R\$	1,04	129812,6	1038,501	128774,0744	R\$	133.512,96	285400,00	R\$	295.902,72	R\$	1.560,93	R\$	17,87	R\$	1.578,80	R\$	163.968,56	R\$	131.934,16	R\$	49.732,08	R\$	131.934,16
10	R\$	1,01	0,0808	R\$	1,09	128774,1	1030,193	127743,8818	R\$	139.343,03	285400,00	R\$	311.314,32	R\$	1.578,80	R\$	18,08	R\$	1.596,88	R\$	173.568,17	R\$	137.746,15	R\$	46.588,50	R\$	137.746,15
11	R\$	1,06	0,0848	R\$	1,14	127743,9	1021,951	126721,9308	R\$	145.071,27	285400,00	R\$	326.725,92	R\$	1.596,88	R\$	18,28	R\$	1.615,16	R\$	183.269,82	R\$	143.456,10	R\$	43.534,97	R\$	143.456,10
12	R\$	1,11	0,0888	R\$	1,20	126721,9	1013,775	125708,1553	R\$	150.698,94	285400,00	R\$	342.137,52	R\$	1.615,16	R\$	18,49	R\$	1.633,66	R\$	193.072,24	R\$	149.065,28	R\$	40.589,68	R\$	149.065,28
13	R\$	1,16	0,0928	R\$	1,25	125708,2	1005,665	124702,4901	R\$	156.227,28	285400,00	R\$	357.549,12	R\$	1.633,66	R\$	18,71	R\$	1.652,36	R\$	202.974,20	R\$	154.574,92	R\$	37.765,75	R\$	154.574,92
14	R\$	1,21	0,0968	R\$	1,31	124702,5	997,6199	123704,8702	R\$	161.657,52	285400,00	R\$	372.960,72	R\$	1.652,36	R\$	18,92	R\$	1.671,28	R\$	212.974,48	R\$	159.986,24	R\$	35.072,09	R\$	159.986,24
15	R\$	1,26	0,1008	R\$	1,36	123704,9	989,639	122715,2312	R\$	166.990,89	285400,00	R\$	388.372,32	R\$	1.671,28	R\$	19,14	R\$	1.690,42	R\$	223.071,85	R\$	165.300,47	R\$	32.514,19	R\$	165.300,47
16	R\$	1,31	0,1048	R\$	1,41	122715,2	981,7218	121733,5094	R\$	172.228,57	285400,00	R\$	403.783,92	R\$	1.690,42	R\$	19,36	R\$	1.709,77	R\$	233.265,13	R\$	170.518,79	R\$	30.094,77	R\$	170.518,79
17	R\$	1,36	0,1088	R\$	1,47	121733,5	973,8681	120759,6413	R\$	177.371,76	285400,00	R\$	419.195,52	R\$	1.709,77	R\$	19,58	R\$	1.729,35	R\$	243.553,11	R\$	175.642,41	R\$	27.814,30	R\$	175.642,41
18	R\$	1,47	0,1175	R\$	1,59	120759,6	966,0771	119793,5642	R\$	190.029,01	285400,00	R\$	452.731,16	R\$	1.729,35	R\$	19,80	R\$	1.749,15	R\$	264.451,30	R\$	188.279,86	R\$	26.752,39	R\$	188.279,86
19	R\$	1,59	0,1269	R\$	1,71	119793,6	958,3485	118835,2156	R\$	203.589,48	285400,00	R\$	488.949,65	R\$	1.749,15	R\$	20,03	R\$	1.769,18	R\$	287.129,35	R\$	201.820,30	R\$	25.730,22	R\$	201.820,30
20	R\$	1,71	0,1371	R\$	1,85	118835,2	950,6817	117884,5339	R\$	218.117,63	285400,00	R\$	528.065,63	R\$	1.769,18	R\$	20,26	R\$	1.789,44	R\$	311.737,44	R\$	216.328,19	R\$	24.746,38	R\$	216.328,19
21	R\$	1,85	0,148	R\$	2,00	117884,5	943,0763	116941,4576	R\$	233.682,50	285400,00	R\$	570.310,88	R\$	1.789,44	R\$	20,49	R\$	1.809,93	R\$	338.438,30	R\$	231.872,57	R\$	23.799,50	R\$	231.872,57
22	R\$	2,00	0,1599	R\$	2,16	116941,5	935,5317	116005,926	R\$	250.358,08	285400,00	R\$	615.935,75	R\$	1.809,93	R\$	20,72	R\$	1.830,65	R\$	367.408,31	R\$	248.527,43	R\$	22.888,26	R\$	248.527,43
23	R\$	2,16	0,1727	R\$	2,33	116005,9	928,0474	115077,8786	R\$	268.223,64	285400,00	R\$	665.210,61	R\$	1.830,65	R\$	20,96	R\$	1.851,61	R\$	398.838,58	R\$	266.372,02	R\$	22.011,36	R\$	266.372,02
24	R\$	2,33	0,1865	R\$	2,52	115077,9	920,623	114157,2555	R\$	287.364,07	285400,00	R\$	718.427,46	R\$	1.851,61	R\$	21,20	R\$	1.872,81	R\$	432.936,19	R\$	285.491,26	R\$	21.167,57	R\$	285.491,26

* Cenário de reajuste de 8,80 % ao ano.

** Cenário de reajuste de 11,45 % ao ano com base na média SELIC (últimos 10 anos)

Taxa de Desconto 11,45%

ANEXOS

ANEXO A - Histórico do Consumo de Energia Elétrica (novembro/2021 a novembro/2022)

Mês/Ano	Consumo kWh	Média kWh/Dia	Dias
NOV/ 22	24 .400	841 ,37	29
OUT/ 22	25 .400	793 ,75	32
SET/ 22	23 .600	786 ,66	30
AGO/ 22	18 .800	648 ,27	29
JUL/ 22	23 .000	718 ,75	32
JUN/ 22	22 .800	760 ,00	30
MAI/ 22	38 .400	1 .200 ,00	32
ABR/ 22	12 .400	427 ,58	29
MAR/ 22	38 .000	1 .200 ,00	30
FEV/ 22	10 .000	344 ,82	29
JAN/ 22	23 .800	721 ,21	33
DEZ/ 21	24 .800	885 ,71	28
NOV/ 21	15 .400	513 ,33	30

Ouvidoria CEMIG: 0800 728 3838 - Agência Nacional de Energia Elétrica

ANEXO B - Ficha Técnica do Painel Solar

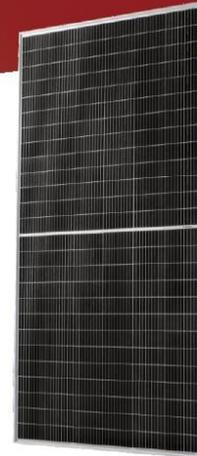


Quality Maker

LUXPOWER® SERIES 5
575-595W Mono

M10/182mm Cell . 156 Half-Cell Layout

LUXPOWER® Series 5 solar modules stand out with the breakthrough innovation of M10 size (182mm) solar cells for the highest power generation and the lowest LCOE, which makes Series 5 the optimal choice for large solar power plants. The gallium-doped wafer technology empowers significantly the performance against LID and the latest integrated segmented ribbon technology increases the power output and enhances the module reliability for long-term use.



Gallium-doped Technology



Half Cut Cell Technology



MBB Technology



Anti-PID
Low LID
Performance

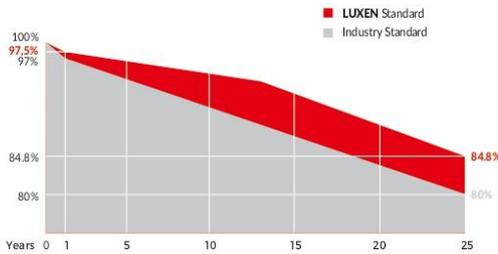


Less Hot Spot
Shading Effects



Lower BOS & LCOE

Linear performance Warranty



Comprehensive Certificates

- ISO9001:2015 QMS
- ISO14001:2015 EMS
- ISO45001:2018 OHSMS
- IEC61215/IEC61730 Standard quality



LUXEN SOLAR ENERGY CO., LTD.
Suzhou: No.22,North Guandu Road,Suzhou,Jiangsu,215104,China
Nantong: No.1.Haiyue Road,Nantong,Jiangsu,226000,China
T: +86 512 6708 1572 | F: +86 512 6708 1570 | sales@luxensolar.com

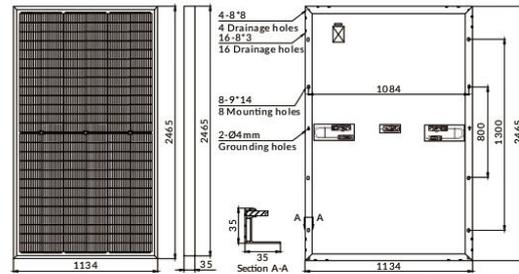
www.luxensolar.com

LUXPOWER® Mono | 575 - 595W

Quality Maker

MECHANICAL CHARACTERISTICS

Solar Cells	Mono
No. of Cells	156 (6x26)
Dimensions	2465 x 1134 x 35mm
Weight	30.0kgs
Front Glass	3.2mm coated tempered glass
Frame	Anodized aluminium alloy
Junction Box	Ip68 rated (3 by pass diodes)
	4.0mm ²
Output Cables	1800mm (+) / 1800mm (-)
	Length can be customized
Connectors	Mc4 compatible
Mechanical load test	5400Pa



ELECTRICAL PARAMETERS

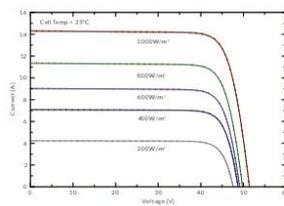
POWER CLASS	LNVH-575M		LNVH-580M		LNVH-585M		LNVH-590M		LNVH-595M	
	STC	NOCT								
Maximum power (Pmax)	575W	437W	580W	441W	585W	445W	590W	449W	595W	453W
Open Circuit Voltage (Voc)	50.45V	49.25V	50.66V	49.47V	50.84V	49.69V	51.02V	49.91V	51.21V	50.13V
Short Circuit Current (Isc)	14.41A	11.27A	14.46A	11.31A	14.52A	11.35A	14.57A	11.39A	14.63A	11.43A
Voltage at Maximum power (Vmpp)	43.04V	41.03V	43.19V	41.25V	43.33V	41.47V	43.48V	41.69V	43.62V	41.91V
Current Maximum Power (Impp)	13.36A	10.65A	13.43A	10.69A	13.50A	10.73A	13.57A	10.77A	13.64A	10.81A
MODULE EFFICIENCY (%)	20.57%		20.75%		20.93%		21.11%		21.29%	

STC: Irradiance 1000W/m², cell temperature 25°C, AM1.5G NOCT: Irradiance 800W/m², ambient temperature 20°C, wind speed 1m/s, AM1.5G

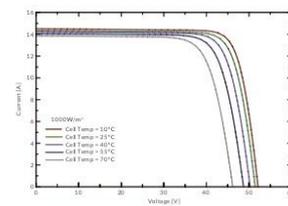
PACKING CONFIGURATION

Container	20'GP	40'HQ
Pieces per pallet	31	31
Pallets per container	4	16
Pieces per container	124	496

I-V CURVE



LNVH-585M/I-V



OPERATING CHARACTERISTICS

Operating Module Temperature	-40°C to + 85°C
Maximum System Voltage	1500 DC (IEC)
Maximum Series Fuse Rating	25A
Power Tolerance	0/+5W

TEMPERATURE CHARACTERISTICS

Nominal Operating Temperature (Noct)	45±2°C
Temperature Coefficient of Pmax	-0.36%/°C
Temperature Coefficient of Voc	-0.28%/°C
Temperature Coefficient of Isc	+0.05%/°C

Note: Due to continuous technical innovation, R&D and improvement, technical data above mentioned may be of modification accordingly. LUXEN SOLAR have the sole right to make such modification at anytime without further notice.



ANEXO C – Dimensionamento do Sistema Fotovoltaico



Planilha de Dimensionamento Básico Sistema fotovoltaico - Módulos

Dados			
Item	Valor	Unidade	Observação
Irradiação anual (GHI)	1930,2	kWh/m ²	O valor da irradiação anual (GHI) pode ser encontrado no site http://globalsolaratlas.info
Eficiência do módulo fotovoltaico	21,3%		Informação disponível na ficha técnica do módulo.
Área do módulo fotovoltaico	2,77	m ²	Informação disponível na ficha técnica do módulo.
Perdas estimadas	20%		A composição de perdas pode ser feita na aba 'Perdas' desta planilha
Geração anual por módulo	910,64	kWh	Geração do módulo = Irradiação x Área do módulo x Eficiência do módulo x (1 - perdas)
Este é um módulo de aproxim.	589,733	Wp	Potência do módulo em Wp = 1000 * Eficiência * área de superfície do módulo

Limitação: Área disponível		
Área total disponível	600	m ²
Fator de utilização da área	70%	
Área possível a ser coberta por módulo	420	m ²
Número de módulos	152	unidades
Potência nominal instalada	89,64	kWp
Geração anual calculada	138417,60	kWh/ano

Limitação: Energia a ser gerada		
Energia a ser gerada		kWh/ano
Número de módulos necessários	0	unidades
Potência nominal instalada	0,00	kWp
Geração anual calculada	0,00	kWh/ano
Área coberta por módulos	0	m ²
Fator de utilização da área	70%	
Área total necessária	0,00	m ²

Limitação: Potência instalada		
Potência limite		kWp
Número possível de módulos	0	unidades
Potência nominal instalada	0,00	kWp
Geração anual calculada	0,00	kWh/ano
Área coberta por módulos	0,00	m ²
Fator de utilização da área	70%	
Área total necessária	0,00	m ²

ANEXO D – Custo das placas fotovoltaicas

15/02/2023 18:05

Carrinho de Compras



Carrinho de Compras

Produto	Preço	Qtd	Subtotal	
 Kit Gerador Energia Solar 2,38 kWp - Microinversor Deye c/ Wifi SUN2000 - Painel Luxen Ver mais detalhes	R\$7.599,00	38	R\$288.762,00	
ATUALIZAR VALORES		CONTINUAR COMPRANDO		

Cupom de Desconto

Informe o cupom [APLICAR](#)

Calcular frete e prazo de entrega

30140-010 [CALCULAR](#)

Opção	Prazo*	Valor
<input type="radio"/> Frete Grátis	10 dias úteis	R\$0,00
<input type="radio"/> Econômico 2	7 dias úteis	R\$13.544,69
<input type="radio"/> Rápido 1	5 dias úteis	R\$18.484,11
<input type="radio"/> Rápido 2	6 dias úteis	R\$14.016,75

* Atenção: O prazo começa a contar no próximo dia útil após a emissão da Nota Fiscal.

[ATUALIZAR TOTAL](#)

Subtotal **R\$288.762,00**

Valor Total **R\$288.762,00**

[FINALIZAR PEDIDO](#)

NEWSLETTER

Cadastre seu e-mail e receba nossas ofertas e novidades.

Informe seu email

[INSCREVER](#)

[PROMOÇÕES](#)

