

Estudo De Viabilidade Técnico-Econômico Para A Implementação De Sistema Fotovoltaico Em Ambiente Hospitalar

Technical And Economic Feasibility Study For The Implementation Of A Photovoltaic System In A Hospital Environment

André Augusto Ferreira, Doutor em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF).

andre.ferreira@ufjf.br

Daniela Chagas de Araújo Mariano, Mestranda em Ambiente Construído, Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF).

daniela.mariano@estudante.ufjf.br

Isabela Rodrigues Silva Loures, Mestranda em Ambiente Construído, Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF).

rodrigues.isabela@estudante.ufjf.br

Larissa Enes Rosa, Mestranda em Ambiente Construído, Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF).

larissa.enes@estudante.ufjf.br

Moisés Luiz Lagares Júnior, Doutor em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF).

moises.lagares@ufjf.br

Número da sessão temática da submissão – [04]

Resumo

O presente estudo analisa a viabilidade técnica e econômica da implantação de um sistema solar fotovoltaico na Santa Casa de Misericórdia de Juiz de Fora, instituição hospitalar de referência regional. Considerando o elevado consumo energético característico de hospitais, o trabalho buscou avaliar alternativa sustentável para reduzir custos operacionais e aumentar a autossuficiência energética. A metodologia envolveu o levantamento da área disponível para instalação dos módulos solares, a modelagem volumétrica do entorno para análise da insolação e a estimativa de custos associados ao projeto. Foram selecionados módulos fotovoltaicos, instalados em arranjos que priorizam a redução de perdas por sombreamento e asseguram maior desempenho. Do ponto de vista técnico, o estudo demonstrou que a cobertura do estacionamento oferece condições favoráveis para a instalação do sistema, considerando aspecto de orientação solar, dimensionamento e capacidade estrutural. Os resultados apontam que a adoção da energia solar fotovoltaica em hospitais não apenas é viável, mas representa estratégia de sustentabilidade e resiliência energética. Além da economia financeira, a medida contribui para a redução da emissão de gases de efeito estufa e fortalece o compromisso

institucional com a transição energética, podendo servir de referência para outras instituições de saúde no Brasil.

Palavras-chave: Estudo de Viabilidade; Sistema Fotovoltaico; Eficiência Energética; Hospitais; Sustentabilidade.

Abstract

This study analyzes the technical and economic feasibility of implementing a photovoltaic system at Santa Casa de Misericórdia de Juiz de Fora, a regional reference hospital. Considering the high energy consumption characteristic of hospitals, the research aimed to evaluate sustainable alternatives to reduce operational costs and increase energy self-sufficiency. The methodology involved surveying the area available for solar panel installation, conducting volumetric modeling of the surroundings for solar incidence analysis, and estimating the costs associated with the project. Photovoltaic modules were selected and arranged in layouts designed to minimize shading losses and ensure higher performance. From a technical perspective, the study demonstrated that the parking lot roof provides favorable conditions for system installation, considering solar orientation, sizing, and structural capacity. The results indicate that the adoption of photovoltaic solar energy in hospitals is not only feasible but also represents a strategy for sustainability and energy resilience. In addition to financial savings, the measure contributes to the reduction of greenhouse gas emissions and strengthens the institutional commitment to energy transition, potentially serving as a reference for other healthcare institutions in Brazil.

Keywords: Feasibility Study; Photovoltaic System; Energy Efficiency; Hospitals; Sustainability.

1. Introdução

Edifícios hospitalares representam uma das tipologias construtivas mais complexas e exigentes do ponto de vista energético, uma vez que operam de forma contínua e exigem elevados padrões de conforto térmico, qualidade do ar, iluminação e segurança (Jain et al., 2021). A energia solar apresenta alto potencial de aplicação em ambientes urbanos, devido à flexibilidade de instalação dos módulos em diversas superfícies (Usta et al., 2025). Nesse contexto, a adoção de sistemas fotovoltaicos em hospitais pode reduzir significativamente os custos operacionais e aumentar a autossuficiência energética (Bienvenido-Huertas et al., 2023).

Ferramentas de modelagem tridimensional urbana e georreferenciamento têm desempenhado papel fundamental, possibilitando análises precisas sobre a disponibilidade solar em áreas específicas e sobre o comportamento dos sistemas ao longo do tempo (Usta et al., 2025). Já o estudo de econômica possibilita identificar se a implantação de um sistema fotovoltaico em hospitais é financeiramente vantajosa.

Partindo da hipótese de que estudos de viabilidade técnica e econômica, que considerem parâmetros estruturais, energéticos e econômicos, podem aumentar significativamente a probabilidade de êxito na implementação de sistemas fotovoltaicos em ambientes

hospitalares, reduzindo custos operacionais, aumentando a autossuficiência energética e diminuindo a dependência da rede elétrica convencional, busca-se responder à seguinte questão de pesquisa: é viável, técnica e economicamente, implantar um sistema de geração de energia fotovoltaica na Santa Casa de Misericórdia de Juiz de Fora?

Dessa forma, o presente artigo propõe um estudo de caso, conforme proposto por Gil (2022), voltado à avaliação do potencial de implantação da geração de energia solar fotovoltaica na Santa Casa de Misericórdia de Juiz de Fora, Minas Gerais. A instituição, reconhecida por sua importância regional e pela complexidade de seus serviços, apresenta uma configuração construtiva que possibilita a análise das áreas disponíveis para instalação de módulos solares fotovoltaicos. A metodologia envolve o mapeamento e a identificação de áreas com potencial para a instalação de módulos fotovoltaicos e análise do impacto econômico.

2. Procedimentos Metodológicos

Para o alcance dos objetivos deste trabalho, o estudo fundamenta-se na análise e levantamento da área externa do hospital Santa Casa de Misericórdia de Juiz de Fora, com foco em potenciais coberturas. Foram utilizadas ferramentas computacionais de auxílio de desenhos técnicos e imagens de satélite a fim de identificar as superfícies livres e adequadas para a instalação de arranjos solares fotovoltaicos. Além disso, com emprego do *software SketchUP*, realizou-se um estudo do entorno da edificação para identificar zonas de sombreamento que possam comprometer o desempenho do sistema, considerando a orientação solar e o tempo de insolação ao longo do dia e do ano.

Por fim, com base nesses dados, foi estimado um orçamento contemplando a viabilidade proposta e uma estimativa financeira de retorno do investimento. Essa abordagem visa contribuir para o aprimoramento das práticas de planejamento energético em ambientes hospitalares, demonstrando a relevância da integração entre ferramentas técnicas de análise espacial e estratégias para economia e sustentabilidade no setor da saúde.

2.1 Estudo de Caso: Implantação de Sistema Fotovoltaico na Santa Casa de Misericórdia de Juiz de Fora

A Santa Casa de Misericórdia de Juiz de Fora foi fundada em 1854 e se tornou o maior hospital da Zona da Mata mineira, realizando aproximadamente 29 mil cirurgias por ano (Santa Casa, 2025). Cerca de 70% dos atendimentos são realizados por meio do Sistema Único de Saúde (SUS), o que reforça seu papel essencial no atendimento público e na promoção da saúde da população local e regional.

Em 2011, em parceria com a Companhia Energética de Minas Gerais (Cemig), a instituição recebeu o maior sistema de aquecimento solar da América Latina, com uma área coletora de 1.280 m² e capacidade para aquecer 66.000 litros de água (Enalter, 2011). Essa implantação proporcionou uma economia mensal de aproximadamente R\$ 30.000,00, evidenciando a redução de custos promovida pelo sistema de aquecimento térmico. Porém, esse tipo de

sistema não gera eletricidade, embora economize, limitando-se a atender à demanda de aquecimento de água.

Nesse contexto, a proposta do presente trabalho de associar os dois sistemas, aproveitando a área disponível para a instalação de módulos fotovoltaicos. Enquanto os coletores térmicos são eficientes para o aquecimento de água, os sistemas fotovoltaicos produzem eletricidade para alimentar diversos equipamentos que apresentam alto consumo, reduzindo a dependência da rede elétrica convencional.

3. Resultados

3.1 Área de Implantação

Para avaliar a viabilidade da associação dos dois tipos de sistema, foi realizado um levantamento da área disponível nas coberturas da Santa Casa de Misericórdia de Juiz de Fora, incluindo os edifícios principais, os anexos e os estacionamentos. Após o levantamento e a análise das condições técnicas e estruturais, constatou-se que as estruturas de cobertura do estacionamento apresentam melhor potencial para a implantação das placas solares, sendo a área disponível para a implantação delimitada, conforme indicado na Figura 1.



Figura 1: Área para implantação. Fonte: *Google Maps*, adaptado pelos autores (2025).

Em seguida, procedeu-se à projeção de uma simulação por meio de modelagem digital utilizando o *software SketchUp*. Foram modeladas as volumetrias existentes do hospital, bem como das edificações localizadas no entorno imediato da área de interesse. A modelagem considerou as curvas de nível do terreno, a quantidade de pavimentos de cada edificação e o dimensionamento das projeções volumétricas, objetivando a análise precisa da insolação e do potencial de captação solar na área prospectada, ilustrado na Figura 2.

Para exatidão das projeções solares, a volumetria foi georreferenciada através de uma extensão disponível no software utilizado, o que permitiu a geolocalização com precisão via *Google Maps*. Para tal, foram inseridas informações das coordenadas geográficas da Santa Casa, latitude -21.7710 e longitude -43.3444 na extensão utilizada.

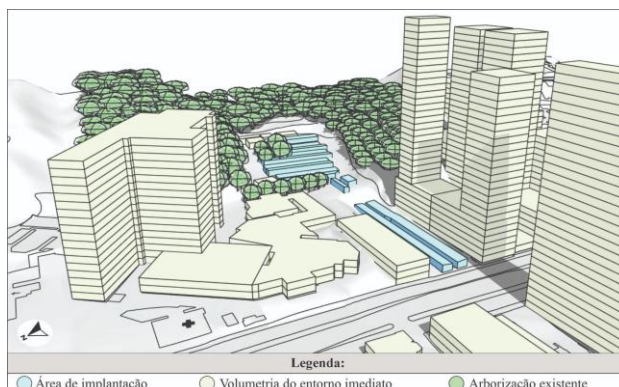


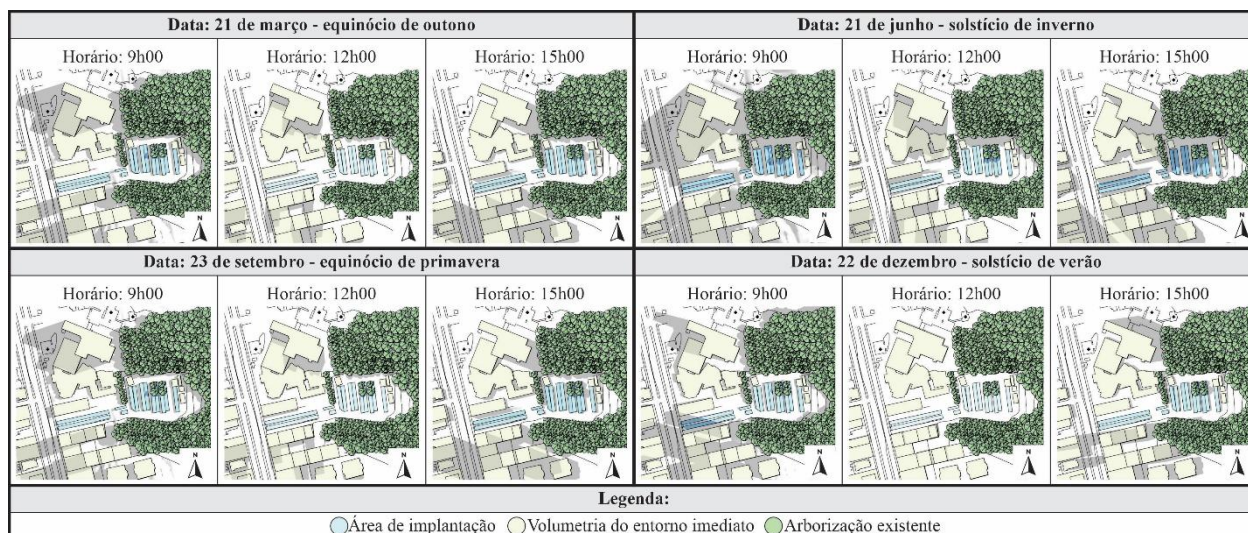
Figura 2: Perspectiva da simulação via software Sketchup. Fonte: Os autores (2025).

Segundo Ferreira *et al.* (2012), a análise da radiação solar em superfície urbana evidencia variação sazonal e diurna, com picos de insolação ao meio-dia e comportamentos distintos em diferentes estações do ano (equinócios e solstícios). Desse modo, foram definidas quatro datas, correspondentes aos solstícios e equinócios do hemisfério Sul como métrica para a análise das projeções de incidência solar, sendo: 21 de março, para o equinócio de outono; 21 de junho, para o solstício de inverno (apresentando menor insolação no hemisfério Sul); 23 de setembro, para o equinócio de primavera; e 22 de dezembro, para o solstício de verão (maior insolação no hemisfério Sul).

Como definição complementar, os estudos seguiram os horários equivalentes a três momentos principais de insolação do dia, permitindo assim a observação da variação da sombra e incidência solar, sendo eles: 9h00, Sol da manhã (caracterizado por ângulo mais raso); 12h00, ponto mais alto do Sol no céu (marcado como período de máxima insolação direta); e 15h00, sol da tarde (situação de sombra projetada para o lado oposto).

Por fim, foram geradas as imagens ilustradas no Quadro 1, correspondendo às simulações de incidência solar conforme os parâmetros definidos. Essa técnica permite observar a variação da trajetória solar ao longo do ano e serve como base para análise da viabilidade de implantação do sistema fotovoltaico.

Quadro 1: Projeção de incidência solar nos telhados do estacionamento



Fonte: Os autores (2025).

O estudo da trajetória solar, evidenciado pelas imagens no Quadro 1, permite a visualização das variações das sombras e os períodos de maior e menor exposição direta ao sol durante momentos diferentes do dia. Observou-se que, os equinócios (outono e primavera), apresentam padrões de sombra bastante semelhantes, o que afirma a simetria solar nesses períodos e não avança sobre os módulos fotovoltaicos.

Por sua vez, no solstício de inverno, nota-se a presença de sombreamento mais acentuado, principalmente nos extremos horários estabelecidos (9h00 e 15h00), o que evidencia a menor altura solar e, portanto, a maior inclinação das sombras - fator crítico para perdas por sombreamento dos módulos fotovoltaicos. Já no solstício de verão, nota-se maior incidência solar direta ao meio-dia, com a projeção de sombras significativamente reduzidas, o que favorece o desempenho energético máximo das placas nesse período.

Com isso, tem-se como diagnóstico preliminar que, a incidência solar é mais presente que o sombreamento na maior parte do ano, possibilitando a implantação da geração solar fotovoltaica no local selecionado. Para o dimensionamento e posicionamento eficiente dos módulos fotovoltaicos recomenda-se a orientação Norte dos módulos e atenção especial ao sombreamento causado pela volumetria do entorno e arborização existente, especialmente nos meses de inverno.

3.2 Sistema Fotovoltaico

Após o estudo de incidência solar, foram selecionadas as características dos módulos fotovoltaicos a serem utilizados. Tais equipamentos apresentam variações significativas em termos de dimensões, potência e tipo de célula. Essas características variam conforme o fabricante, o modelo, o custo e, sobretudo, a aplicação pretendida. Nesse contexto, para direcionar a escolha do modelo mais adequado, foram adotadas as seguintes premissas como critérios de desempenho a serem atendidos: i) demanda energética elevada e contínua, uma vez que hospitais consomem energia 24 horas por dia; ii) redução de custos com energia elétrica, por meio de um projeto otimizado que aproveite de forma eficiente as áreas de cobertura disponíveis nos telhados; e iii) desempenho eficiente em condições de sombreamento parcial, buscando minimizar perdas por sombras projetadas de estruturas vizinhas.

Com base nessas exigências, o modelo selecionado foi o de tecnologia monocristalina *half-cell*, ilustrado na Figura 3. Ele apresenta as seguintes características: 144 células, com eficiência superior a 20%, potência unitária de 550W e tolerância a sombreamento intermitente, qualidade especialmente relevante para ambientes externos que apresentam alturas baixas. Em geral, esses módulos possuem dimensões aproximadas de 2,20 m x 1,10 m, podendo haver pequenas variações conforme o fabricante.



Figura 3: Imagem representativa da placa fotovoltaica selecionada. Fonte: Intelbras (2025).

Buscando garantir a segurança e o bom desempenho energético, foram consideradas as orientações da NBR 16690 (2019), que estabelece parâmetros técnicos para assegurar o bom desempenho e a segurança dos sistemas fotovoltaicos.

No mercado, existem três configurações principais para sistemas fotovoltaicos. O sistema *on grid* é conectado à rede elétrica e envia todo o excedente da energia gerada para a concessionária, compensando o consumo por meio de créditos. Seu funcionamento depende integralmente da rede e, por questões de segurança, é desligado automaticamente em caso de falta de energia. O sistema *off grid*, por sua vez, é totalmente isolado, utilizando exclusivamente baterias eletroquímicas para armazenar a energia excedente gerada. É indicada para locais sem acesso à rede elétrica ou com frequentes instabilidades no fornecimento. Essa configuração demanda maior investimento em armazenamento (Cunha *et. al.*, 2024). Já o sistema híbrido combina as duas modalidades, possibilitando tanto a conexão à rede quanto o uso de baterias, garantindo maior flexibilidade e segurança operacional.

Uma vez que ambientes hospitalares necessitam do recebimento de energia de forma ininterrupta e face às limitações de injeção de energia na rede elétrica pelas distribuidoras de energia, o sistema considerado mais viável foi o sistema híbrido (conectado à rede e com baterias). Com isso, o sistema foi projetado considerando as condições de baixo sombreamento no local, priorizando o uso de *strings* longas em série, ilustrado esquematicamente na Figura 4, para atender às especificações dos inversores. Foi adotado arranjo em série, com módulos de 550 W, tensão de operação (V_{mp}) aproximada de 41 V e tensão de circuito aberto (V_{oc}) de 49 V. As *strings* foram distribuídas por unidade de água de telhado, garantindo tensões de operação entre 492 V e 656 V, faixa ideal para o rastreamento de máxima potência (MPPT) dos inversores, cuja faixa típica situa-se entre 200 V e 800 V.

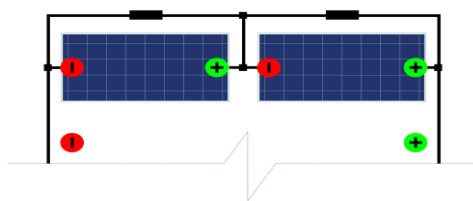


Figura 4: Representação esquemática do arranjo utilizado. Fonte: Os autores (2025).

Para a simulação da capacidade, foram consideradas apenas as áreas de cobertura de telhado desobstruídas, excluindo-se as regiões com presença de árvores ou outros bloqueios físicos. O levantamento resultou em um total de 1.823 m² de cobertura metálica disponível para a instalação dos módulos fotovoltaicos. Como medida de reforço estrutural considerou-se a implementação de perfis I laminados (vigas I) para o fortalecimento dos pilares e da cobertura, assegurando resistência mecânica adequada e durabilidade do sistema implantado. Com base nessa área, estimou-se a possibilidade de acomodar 615 módulos, totalizando cerca de 1.488,3 m² em área ocupada pelos módulos, cada um com dimensões de 2,20 m x 1,10 m, dispostos com espaçamento de 10 mm entre si, conforme ilustrado na Figura 5.

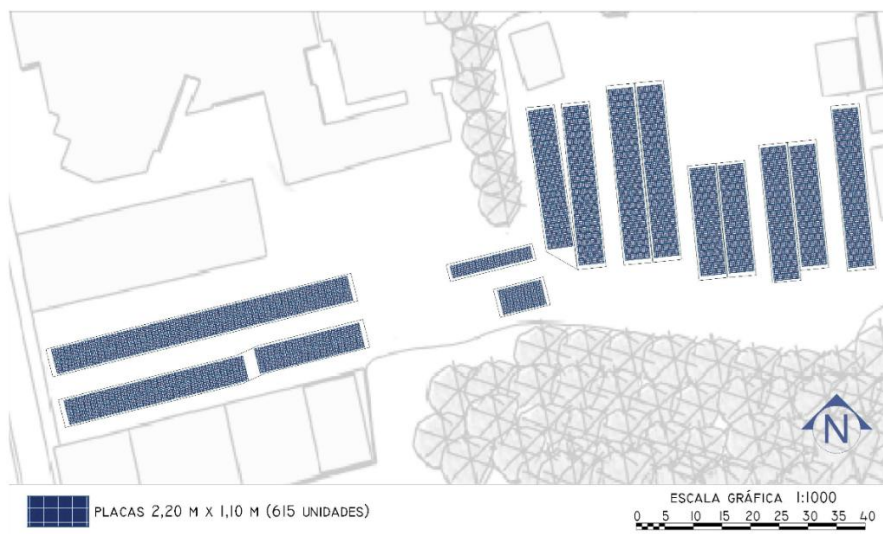


Figura 5: Projeção da capacidade de placas na área de implantação. Fonte: Os autores (2025).

Por fim, foram listados e contabilizados os principais componentes de instalação necessários para a implantação da projeção elaborada. Para isso, foram considerados os suportes e trilhos para instalação dos módulos fotovoltaicos, os inversores, os cabos fotovoltaicos, os conectores e demais componentes de fixação, os *string* boxes e os DPS (Dispositivo de Proteção contra Surtos), além de prever uso de mão de obra especializada.

3.3 Viabilidade Econômica

Para a análise de viabilidade econômica, a partir de orientações base de Instalações elétricas de arranjos fotovoltaicos - Requisitos de projeto dispostos pela NBR 16690 da ABNT 2019, foram listados os itens a serem contemplados para a instalação. A seguir, realizou-se uma pesquisa de custo no mercado regional, considerando todos os componentes e peças listados no Quadro 2, para estimar o custo médio de cada produto, a fim de obter o orçamento global. Desta forma, foram elencados 14 itens relativos ao sistema, além da estimativa de custo de mão de obra especializada. Logo, este apresenta uma estimativa detalhada de valores para a instalação de um sistema fotovoltaico híbrido, composto por 615 módulos monocristalinos de 550 W, estruturados sobre telhados e conectados a 6 inversores trifásicos HY-50K-HT.

Nele, estão discriminadas as quantidades de cada componente, incluindo trilhos, cabos, conectores, grampos, parafusos e elementos estruturais como vigas e tubos de metalon, assim como materiais de acabamento e proteção, como tinta anticorrosiva, caixas de junção e DPS. Para o armazenamento de energia, também estão listadas as baterias LiFePO₄, com a quantidade estimada de 1.300 unidades. Cada item apresenta o custo médio unitário e o custo total, permitindo uma visão clara do investimento necessário por componente, exceto a mão de obra, em que o custo médio total e unitário são iguais.

Quadro 2 - Cotação média de custeio de materiais para implantação do sistema

Item	Descrição	Quantidade	Custo Médio Unitário	Custo Médio Total
1	Placa fotovoltaica monocristalina 550W (2,20 m x 1,10 m)	615 un.	R\$ 1.000,00	R\$ 615.000,00

2	Trilhos para painéis fotovoltaicos (2,40 m)	565 un.	R\$ 30,00	R\$ 16.950,00
3	Inversor trifásico híbrido (HY-50K-HT (50 kW, 4 MPPT, 8 strings, 1000 Vdc))	6 un.	R\$ 15.000,00	R\$ 90.000,00
4	Cabo fotovoltaico (vermelho + preto; 6mm; 100 m)	5 un.	R\$ 1.200,00	R\$ 6.000,00
5	Conector	1230 un.	R\$ 10,00	R\$ 12.300,00
6	Braçadeiras (kit com 10 unidades)	123 un.	R\$ 65,00	R\$ 7.995,00
7	Grampos (mid/end clamps; para 4 placas)	308 un.	R\$ 75,00	R\$ 23.100,00
8	Parafusos inox (kit 10 unidades)	246 un.	R\$ 110,00	R\$ 27.060,00
9	Viga I de 6 m (reforço estrutural)	69 un.	R\$ 1.000,00	R\$ 69.000,00
10	Metalon 80 x 40 x 2,65 mm; kit c/ 18 unidades c/ 6 m cada barra (reforço estrutural)	6 un.	R\$ 140,00	R\$ 840,00
11	Tinta pintura/anticorrosiva (1 litro)	70 un.	R\$ 50,00	R\$ 3.500,00
12	Caixa de junção	13 un.	R\$ 150,00	R\$ 1.950,00
13	DPS (Dispositivo de Proteção Contra Surtos)	6 un.	R\$ 80,00	R\$ 480,00
14	Bateria LiFePO4 3,2 V/200 Ah	1300 un.	R\$ 70,00	R\$ 91.000,00
15	Mão de Obra	1.823 m²	R\$ 280,85	512.000,00
Custo Médio Global: R\$ 1.477.175,00				

Fonte: Os autores (2025).

De acordo com a Distribuidora Solar Fotus (2025) há uma fórmula geral para que seja possível quantificar a energia gerada pelo sistema fotovoltaico proposto, Equação (1).

Equação (1) - Energia da geração = Tempo de exposição x rendimento x 30 dias x potência total dos painéis

O tempo de exposição pode ser determinado a partir da inserção da latitude e longitude no site do Centro de Referência para Energias Solar e Eólica Sérgio Brito (CRESESB). A plataforma disponibiliza um gráfico acompanhado de uma tabela que apresenta os valores de irradiação solar diária média mensal (kWh/m². dia) para todos os meses do ano. Os resultados também indicam a orientação ótima para a instalação dos módulos fotovoltaicos, confirmando o Norte como o direcionamento mais eficiente para a captação de energia na área estudada. Ao considerar a média do plano horizontal (que corresponde ao mínimo de irradiação incidente passível de ser aproveitada pelo sistema) obtém-se 4,53 kWh/m². dia.

Para cálculo do rendimento, utiliza-se um valor padrão de 80%, considerando que perdas por temperatura, incompatibilidade elétrica, acúmulo de sujeira, eficiência do cabeamento e perdas do inversor (Fotus, 2025). Os 30 dias se referem à energia gerada em um mês e a potência total dos painéis se refere a quantidade de placas previstas pela quantidade da potência unitária do módulo (615 x 550w), que deverá estar em kWp. Sendo assim, 338.250 W é o mesmo que 338,25 kWp. Logo, Energia da geração = 4,53 x 0,8 x 30 x 338,25 = 36.774,54 kWh/mês.

A concessionária de energia responsável por Minas Gerais, Estado em que a Santa Casa de Misericórdia de Juiz de Fora está inserida, oferece a “Tarifa Branca”, que prevê 3 faixas de cobrança da energia: fora de ponta, intermediária e ponta. A primeira se refere ao período do dia em que a distribuidora registra menor demanda por eletricidade e, por isso, ela será mais barata para o cliente. Na faixa intermediária e de ponta vão estar os horários em que a demanda é maior e, por isso, a energia terá um preço mais alto. No grupo B3 GD, que inclui demais classes que não sejam residenciais e rurais, e que possuam sistemas de geração distribuída como as fotovoltaicas (Cemig, 2025).

Multiplicando-se a energia gerada pelo sistema fotovoltaico proposto pelo valor em reais cobrado no horário de fora de ponta e ponta, será gerada uma economia entre R\$16.882,45 a R\$ 46.703,66 na Bandeira Verde, quando os custos são mais baixos para o consumidor e R\$ 19.490,50 a R\$49.645,57 por mês na Bandeira Vermelha, quando os valores ficam mais altos. Conforme o Quadro 3, no cenário 1, considerando menor valor encontrado, o sistema fotovoltaico proposto geraria uma economia anual de R\$202.589,40 e no cenário 2, considerando o maior valor entrado, R\$595.746,84. Aplicando a fórmula de retorno de investimento (*payback*) simples, conforme a Equação (2).

$$\text{Equação 2 - Payback} = \frac{\text{investimento inicial}}{\text{economia anual}}$$

O *payback* simples mede o tempo necessário para recuperar o investimento inicial, sem considerar o valor do dinheiro no tempo, os fluxos de caixa após o período de retorno, o risco ou incerteza do projeto, tampouco leva em conta o custo de oportunidade do capital. Ainda assim, fornece uma visão válida para medir a viabilidade financeira de um investimento, sendo uma ferramenta útil para auxiliar na tomada de decisões, especialmente em projetos que demandam análise inicial de liquidez e retorno imediato.

Quadro 3 - Retorno de Investimento - PayBack Simples

Projeção	Investimento Inicial	Economia Anual	Tempo de Retorno (anos)
Cenário 1 – Fora de Ponta + Bandeira Verde	R\$ 1.477,175	R\$ 202.589,40	7,29
Cenário 2 – Ponta + Bandeira Vermelha	R\$ 1.477,175	R\$ 595.746,84	2,47

Fonte: Os autores (2025).

Sendo o sistema proposto híbrido, é ideal utilizá-lo ligado à rede quando apresentar horários fora de ponta e bandeira verde e utilizar a energia das baterias quando forem horários de ponta e bandeira vermelha, otimizando a utilização do sistema e economizando.

Com base na projeção realizada, mesmo ao se considerar fatores como o desgaste natural do sistema, os custos de manutenção, a desvalorização e a redução de eficiência após 10 anos de operação (conforme estimado pelo fabricante), e tendo em vista que a vida útil dos sistemas fotovoltaicos pode atingir aproximadamente 25 anos, verifica-se que o investimento apresenta viabilidade de retorno.

Assim, para instituições hospitalares com estrutura administrativa consolidada, especialmente aquelas de caráter histórico, como a Santa Casa de Misericórdia, a proposta de implantação mostra-se tecnicamente consistente e economicamente vantajosa.

Considerações Finais

O presente estudo permitiu demonstrar que a adoção de sistemas fotovoltaicos em ambientes hospitalares representa uma estratégia viável tanto do ponto de vista técnico quanto econômico. No caso específico da Santa Casa de Misericórdia de Juiz de Fora, verificou-se que as condições estruturais das coberturas, associadas à elevada incidência solar da região, oferecem potencial energético significativo, maximizando o aproveitamento das áreas disponíveis e assegurando níveis satisfatórios de geração energética ao longo do ano.

A análise econômica reforçou a atratividade do investimento. Mesmo diante de cenários conservadores, com emprego de baterias eletroquímicas, a economia anual obtida com a geração própria de energia indica um tempo de retorno relativamente curto, sobretudo quando comparado à vida útil do sistema. Tal condição evidencia que, além de reduzir a dependência da rede elétrica convencional, o projeto contribui para a sustentabilidade financeira da instituição, liberando recursos que podem ser direcionados à melhoria dos serviços prestados.

Adicionalmente, a implantação de sistemas fotovoltaicos em hospitais extrapola a dimensão econômica, configurando-se como uma medida alinhada às políticas de sustentabilidade e de eficiência energética. Ao reduzir a emissão de gases de efeito estufa e ampliar a resiliência energética em contextos de instabilidade da rede, o uso de energia solar fortalece o compromisso institucional com práticas responsáveis e inovadoras, capazes de servir como referência para outras unidades hospitalares no Brasil.

Por fim, também se pode destacar a possibilidade do emprego de sistemas híbridos como microrredes elétricas, em que a energia das baterias pode ser utilizada para alimentar cargas prioritárias durante interrupções de fornecimento de eletricidade pela concessionária de energia.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 16690:2019** Instalações elétricas de arranjos fotovoltaicos - Requisitos de projeto. Rio de Janeiro, 2019.

BIENVENIDO-HUERTAS, David.; SÁNCHEZ-GARCÍA, Daniel; TEJEDOR, Blanca; RUBIO-BELLIDO, Carlos. An innovative approach to assess the limitations of characterizing solar gains in buildings: A Spanish case study. **Energy and Buildings**, v. 293, p. 113206, ago. 2023. Acesso: 11 de julho de 2025.

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIAS SOLAR E EÓLICA SÉRGIO BRITO (CRESESB). Potencial solar. Disponível em: <https://cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata>. Acesso em: 02 de agosto de 2025.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS (CEMIG). Tarifas e Serviços. Disponível em: <https://www.cemig.com.br/atendimento/valores-de-tarifas-e-servicos/>. Acesso em: 02 de agosto de 2025.

CUNHA, Alexandre Abrahami Pinto da; Divino, Bruno Amorim do Amor; GANEM, Marcelo Alvinho Sanjuan Dias; Hughes, Guilherme de Sena; Ribeiro, Bruno Madureira. Geração de energia fotovoltaica on grid / off grid para comparação de custos da implementação entre residências e motorhomes. **Contribuciones a Las Ciencias Sociales**, São José dos Pinhais, v.17, n.4, p. 01-21, 2024.

ENALTER. Cases: Santa Casa - Maior sistema de Aquecimento Solar da América Latina. Disponível em: <https://enalter.com.br/case/santa-casa/>. Acesso em: 02 de agosto de 2025.

- FERREIRA, Mauricio Jonas; DE OLIVEIRA, Amauri Pereira; SOARES, Jacyra; CODATO, Georgia; BARBARO, Eduardo Wilde; ESCOBEDO, João Francisco. Radiation balance at the surface in the city of São Paulo, Brazil: diurnal and seasonal variations. **Theoretical and applied climatology**, v. 107, n. 1, p. 229-246, 2012. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Jacyra-Soares/publication/225480970_Radiation_balance_at_the_surface_in_the_city_of_Sao_Paulo_Brazil_Diurnal_and_seasonal_variations/links/00b7d52000bf13f7d6000000/Radiation_balance_at_the_surface_in_the_city_of_Sao_Paulo_Brazil_Diurnal_and_seasonal_variations.pdf. Acesso em: 03 de agosto de 2025.
- FOTUS. Sete passos fáceis para dimensionar um projeto fotovoltaico do grupo B. Disponível em: <https://fotus.com.br/blog/7-passos-faceis-para-dimensionar-um-projeto-fotovoltaico-do-grupo-b/>. Acesso em 02 de agosto de 2025.
- GIL, Antônio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. 7 ed. Barueri [SP]: Atlas, 2022. ISBN978-65-597-7164-6.
- INTELBRAS. Módulo fotovoltaico monocristalino *half-cell* 550 W. Disponível em: <https://www.intelbras.com/pt-br/ajuda-download/download/modulo-fotovoltaico-monocristalino-half-cell-550-w-finame-emss-550-hc-finame>. Acesso em: 02 de agosto de 2025.
- JAIN, Nishesh; BURMAN, Esfand; STAMP, Samuel; SHRUBSOLE, Clive; BUNN, Roderic. Building Performance Evaluation of a New Hospital Building in the UK: Balancing Indoor Environmental Quality and Energy Performance. **Atmosphere**, v. 12, n. 1, p. 115, 15 jan. 2021. Acesso: 11 de julho de 2025.
- USTA, Y.; MONTAZERI, A.; MUTANI, G. Feasibility analysis of integrating solar thermal technologies into district heating network with urban building energy modeling. **Energy and Buildings**, v. 338, p. 115661, jul. 2025. Acesso: 11 de julho de 2025.
- SANTA CASA DE MISERICÓRDIA DE JUIZ DE FORA. Relatórios de Gestão. Disponível em: <https://www.santacasajf.org.br/transparencia/transparencia-relatorios-de-gestao/>. Acesso em: 02 de Agosto de 2025.