



Avaliação do consumo energético da iluminação convencional e da redução de custos com a substituição por sistemas fotovoltaicos no estacionamento do IFPB - Campus Patos
Evaluation of the energy consumption of conventional lighting and cost reduction with its replacement by photovoltaic systems in the parking lot of IFPB - Campus Patos

Ayrlla Caetano do Nascimento^{1,*}, Lícia Isadora Pereira de Medeiros¹, Echiley Alves da Silva¹, Robenilson Alves Santos Silva¹, Matheus de Souza Rodrigues¹, Dennis Oliveira Galdino².

¹ Aluno(a) do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil, Instituto Federal da Paraíba, campus Patos, PB, Brasil

² Professor do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil, Instituto Federal da Paraíba, campus Patos, PB, Brasil

*Autor para correspondência, E-mail: caetano.ayrlla@academico.ifpb.edu.br

Received: 06 February 2026 | Accepted: 19 April 2026 | Published online: 29 April 2026

Resumo: O crescimento da demanda por energia elétrica e as preocupações relacionadas aos impactos ambientais dos sistemas convencionais de geração têm impulsionado a adoção de fontes renováveis, com destaque para a energia solar fotovoltaica, especialmente em regiões com elevados níveis de irradiação solar, como o Estado da Paraíba. Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo avaliar o consumo energético da iluminação convencional e a viabilidade técnico-econômica da substituição por um sistema fotovoltaico no estacionamento do Instituto Federal da Paraíba, *Campus Patos*. A metodologia envolveu o levantamento do consumo energético do sistema de iluminação existente, o dimensionamento do sistema fotovoltaico conforme as condições de uso do ambiente, a análise dos aspectos técnicos de implantação e a avaliação econômica por meio de indicadores financeiros, como o Valor Presente Líquido (VPL) e o período de retorno do investimento (*payback*). Os resultados indicaram que o consumo energético do estacionamento analisado corresponde a 4,64% do valor total da fatura elétrica do campus e que o sistema fotovoltaico apresenta um *payback* estimado de 1 ano e 11 meses, evidenciando sua viabilidade econômica e potencial para a redução dos custos operacionais com energia elétrica. Assim, a adoção de sistemas fotovoltaicos para iluminação externa mostra-se uma alternativa eficiente e sustentável para instituições públicas de ensino.

Palavras-chave: eficiência energética; iluminação pública; sistemas fotovoltaicos; indicadores financeiros.

Abstract: The growing demand for electricity and concerns related to the environmental impacts of conventional generation systems have driven the adoption of renewable sources, particularly photovoltaic solar energy, especially in regions with high levels of solar irradiance, such as the state of Paraíba. In this context, this work aims to evaluate the energy consumption of conventional lighting and the technical-economic forecast of replacing a photovoltaic system in the parking lot of the Federal Institute of Paraíba, *Patos Campus*. The methodology involves surveying the energy consumption of the existing lighting system, sizing the photovoltaic system according to the conditions of use of the environment, analyzing the technical aspects of implementation, and conducting an economic evaluation using financial indicators such as Net Present Value (NPV) and the payback period. The results indicated that the energy consumption of the specific parking lot corresponds to 4.64% of the total electricity bill of the campus and that the photovoltaic system has an estimated payback period of 1 year and 11 months, highlighting its economic forecasts and potential for reducing operational costs with electricity. Thus, the adoption of photovoltaic systems for lighting proves to be an efficient and sustainable alternative for public educational institutions.

Keywords: energy efficiency; public lighting; photovoltaic systems; financial indicators.

1 Introdução

O aumento do consumo de energia elétrica, aliado aos cuidados e preocupações relacionadas aos impactos ambientais e à sustentabilidade dos sistemas energéticos, têm potencializado a busca por fontes alternativas de geração no Brasil. Nesse contexto, a energia solar fotovoltaica vem se consolidando como uma opção relevante, sobretudo por apresentar características como baixo impacto ambiental, baixo custo de manutenção, retorno rápido do investimento, modularidade e ampla disponibilidade do recurso solar no território nacional. A Região Nordeste se sobressai nesse fator por apresentar elevados índices de irradiação solar ao longo do ano, algo que contribui significativamente para o desempenho técnico e a viabilidade econômica de sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica. (Pereira *et al.*, 2017).

Apesar do grande potencial solar do Brasil, os custos relacionados ao fornecimento de eletricidade continuam a pressionar significativamente o orçamento de organizações públicas, especialmente nas que se dedicam à educação. Nesses locais, o uso de energia é geralmente alto devido à necessidade constante de iluminação, climatização e operação de equipamentos acadêmicos e administrativos. Nesse contexto, estudos indicam que a implementação de sistemas fotovoltaicos pode ser uma solução eficiente para diminuir o consumo operacional e ampliar a capacidade energética, desde que fundamentada em análises técnicas e econômicas rigorosas. (Silva *et al.*, 2021; Silva *et al.*, 2023).

Posto isto, no Campus Patos do Instituto Federal da Paraíba – IFPB, faz-se necessário buscar alternativas de soluções para a racionalização do consumo de energia elétrica e a incorporação de práticas sustentáveis à gestão da instituição do ponto de vista de infraestrutura. Dessa forma, uma das possibilidades de alternativa que pode ser adotada, trata-se da área aberta do estacionamento do campus, que se destaca como viável e pode receber um sistema fotovoltaico integrado à sua estrutura, na configuração conhecida como carport solar.

Segundo Fortunato (2021), *carport* solar é um tipo de estrutura composta por uma estrutura metálica agregada à módulos fotovoltaicos fixados na parte superior, proporcionando geração de energia. Tal solução permitirá a utilização de uma área já disponível e prevista para este uso, sem exigir do campus ocupações adicionais, além de proporcionar benefícios complementares – promover o sombreamento de veículos e melhorar as condições térmicas no estacionamento.

A instalação de sistemas fotovoltaicos em áreas de estacionamento foi examinada em estudos como uma alternativa viável e financeiramente atraente, especialmente quando combinada com um bom dimensionamento do sistema e uma cuidadosa avaliação dos vários custos de instalação e operação. Para esse tipo de análise, o uso de indicadores financeiros, como o Valor Presente Líquido, a Taxa Interna de Retorno e o período de retorno do investimento, é comum. Isso permite avaliar a previsão econômica do projeto durante sua vida útil. (Nascimento, 2017).

Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a viabilidade técnico-econômica da implantação de um sistema fotovoltaico no estacionamento do Instituto Federal da Paraíba – Campus Patos. Para atingir esse objetivo, pretende-se levantar o consumo de energia elétrica do campus, dimensionar o sistema fotovoltaico de acordo com a área disponível, analisar os aspectos técnicos relacionados à sua implantação, realizar a avaliação econômica por meio dos principais indicadores financeiros e estimar os benefícios ambientais decorrentes da redução das emissões de dióxido de carbono (CO₂), contribuindo para o fortalecimento de práticas sustentáveis na instituição.

2 Referencial teórico

O marco inicial para o desenvolvimento da tecnologia fotovoltaica remonta a 1839, quando o físico Edmond Becquerel investigava a interação entre a luz e substâncias químicas. Em seu experimento, Becquerel observou que a incidência de luz sobre placas metálicas, de platina ou prata, mergulhadas num eletrólito gerava uma diferença de potencial elétrico que favoreceu a descoberta do fenômeno que ficou conhecido como efeito fotovoltaico (Fatet, 2005).

Décadas mais tarde, em 1883, Charles Fritts deu um passo fundamental ao construir a primeira célula solar utilizando uma fina camada de selênio sobre uma base metálica. Este experimento demonstrou resultados interessantes no quesito de sensibilidade à luz (Fritts, 1883).

Essas descobertas foram fundamentais para que na atualidade fosse compreensível o processo da energia fotovoltaica. Em linhas gerais, a energia fotovoltaica pode ser definida como a combinação da célula de um material semicondutor com substâncias dopantes que favorecem um desequilíbrio controlado de elétrons para aumentar a condutividade elétrica, corroborando para a ocorrência do efeito fotovoltaico que converte a potência da radiação solar em potência elétrica (Castro, 2002).

2.1 Marco legal da geração distribuída: implicações regulatórias para a viabilidade de projetos fotovoltaicos no Brasil

A crescente demanda energética mundial, aliada à urgência da sustentabilidade frente às mudanças climáticas, têm despertado o interesse global por fontes renováveis como alternativa para a geração de energia elétrica. Nesse cenário, a energia solar fotovoltaica destaca-se como a fonte de maior crescimento em capacidade instalada. De acordo com dados da Agência Internacional de Energia Renovável (Irena, 2025), ao final de 2024, de um total de 4.448 GigaWatts de capacidade renovável do mundo, 1.865 GigaWatts eram provenientes de sistemas fotovoltaicos. O Brasil, inserido nesse contexto, contribuiu com uma capacidade instalada de 15,2 GigaWatts.

A geração de energia fotovoltaica ocorre em duas modalidades principais: centralizada, caracterizada por grandes usinas, e distribuída. Este trabalho dará ênfase à Geração Distribuída (GD), que, segundo a Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR, 2025), consiste na geração de energia elétrica no local de consumo ou em suas proximidades, sendo transportada diretamente na rede da concessionária de distribuição de energia elétrica.

A Geração Distribuída (GD), é regida no Brasil pela Lei nº 14.300, de 6 de janeiro de 2022, conhecida como o Marco Legal da Geração Distribuída. Esta lei estabelece as diretrizes para o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE), mecanismo que permite ao consumidor-gerador injetar o excedente de energia na rede da distribuidora e receber créditos energéticos (BRASIL, 2022).

A principal diretriz da Lei 14.300 é a transição do modelo de compensação. Para novos projetos, a lei prevê que a energia injetada na rede não seja mais compensada em sua totalidade, instituindo uma cobrança gradual pelo uso da infraestrutura de distribuição. Essa cobrança incide sobre os componentes da tarifa de energia, em especial a componente tarifária relativa ao uso do sistema de distribuição.

Essa mudança regulatória torna a maximização do autoconsumo um fator determinante para a viabilidade econômica dos projetos fotovoltaicos, favorecendo soluções que ampliem o consumo instantâneo da energia gerada.

2.1.1 Configurações e aplicações dos sistemas fotovoltaicos

A consolidação do Marco Legal da Geração Distribuída em conjunto com a transição tarifária, estabeleceram um novo patamar para o planejamento de projetos fotovoltaicos, corroborando para que a proporção da energia gerada e consumida instantaneamente no local se tornasse um dos pilares centrais para a rentabilidade do investimento, os sistemas fotovoltaicos classificam-se três modalidades: conectados à rede (*on-grid*), isolados (*off-grid*) ou híbridos cada uma com características, custos e aplicações específicas.

Conforme explicado por Pinho e Galdino (2014), os sistemas conectados à rede operam em paralelo à rede elétrica da concessionária, de modo que a energia gerada seja imediatamente consumida pela carga local, e qualquer excedente é injetado na rede, gerando créditos energéticos conforme as regras do Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE) estabelecidas pela ANEEL.

Segundo Zilles et al. (2012), há uma vantagem nos sistemas conectados diretamente à rede por não necessitar do uso de armazenadores de energia, que por sua vez tendem a desperdiçar a capacidade de geração quando atingem a capacidade máxima de acumular.

De acordo com Bortoloto et al. (2017), os sistemas *off-grid* operam de forma totalmente independente da rede elétrica, pois, a energia gerada é armazenada em um banco de baterias para ser utilizada quando não há irradiação solar, além de alimentar os equipamentos de interesse diretamente através de circuitos. Esse tipo de sistema é essencial para o suprimento energético em locais remotos sem acesso à rede elétrica ou onde o fornecimento é crítico. Pinho e Galdino (2014) ressaltam que essa autonomia tem um custo, uma vez que o investimento em bancos de baterias e equipamentos de controle específicos, eleva significativamente o custo total do sistema em comparação com as configurações *on-grid*.

Os sistemas híbridos combinam as características dos sistemas *on-grid* e *off-grid*, ou seja por serem conectados à rede e possuírem um banco de baterias, eles permitem armazenar o excedente de energia ao invés de injetá-lo integralmente na rede, o que aumenta a taxa de autoconsumo.

2.2 Componentes e funcionamento básico de sistemas fotovoltaicos conectados à rede (*on-grid*)

Para a compreensão da viabilidade técnica de um projeto fotovoltaico, é fundamental conhecer os seus componentes essenciais e o funcionamento do fluxo de energia em um sistema conectado à rede (*on-grid*).

De acordo com a literatura, um sistema fotovoltaico é estruturalmente dividido em três blocos principais: o bloco gerador, o bloco de condicionamento de potência e o bloco de armazenamento (Pinho; Galdino, 2014; Silva et al., 2021).

Para esclarecer essa configuração, a seguir são descritas as funções e características de cada um desses blocos, evidenciando o papel que desempenham no processo de conversão e integração da energia fotovoltaica ao sistema elétrico.

O bloco gerador é composto pelos módulos fotovoltaicos, que convertem a radiação solar em corrente contínua (CC). O bloco de condicionamento de potência tem como elemento central o inversor, responsável por converter a corrente contínua em corrente alternada (CA) e sincronizá-la com os parâmetros da rede elétrica local (Silva et al., 2021). Pinho e Galdino (2014) destacam que este bloco é vital para adaptar a tensão de saída do inversor à tensão da rede da concessionária.

Por fim, o bloco de armazenamento, constituído por bancos de baterias, tem a função de acumular a energia excedente para uso em períodos de ausência de irradiação solar. No entanto, tanto Pinho e Galdino (2014) quanto Silva *et al.* (2021) ressaltam que este bloco é aplicado prioritariamente em sistemas isolados (*off-grid*) ou híbridos. Em sistemas estritamente conectados à rede (*on-grid*), como o proposto para o estacionamento do IFPB Campus Patos, o bloco de armazenamento é dispensado, uma vez que a própria rede da concessionária atua como um acumulador virtual através do sistema de compensação de créditos energéticos.

2.2.1 Formas de instalação de sistemas fotovoltaicas

A escolha da forma de instalação é um fator determinante na análise técnica e econômica de um projeto fotovoltaico, influenciando diretamente o custo, a eficiência e os benefícios agregados. As três modalidades de instalação mais comuns são em telhado (*rooftop*), em solo (*ground-mounted*) e em estacionamento (*carport*).

A instalação em telhado é a mais difundida na geração distribuída, pois aproveita uma área já existente e, geralmente, ociosa, o que reduz a necessidade de ocupação de solo e, frequentemente, os custos de instalação por utilizar uma infraestrutura preexistente (Samalaia e Garba, 2024). Contudo, está limitada à área, orientação e capacidade estrutural do telhado, além de poder ter sua eficiência comprometida por sombreamentos de elementos próximos e apresentar maiores dificuldades para manutenção devido ao acesso restrito (Pinho e Galdino, 2014).

A instalação em solo, por sua vez, é tipicamente empregada em projetos de maior porte, oferecendo maior flexibilidade para otimizar a orientação e a inclinação dos painéis, o que pode resultar em maior produção de energia e facilitar a manutenção (Samalaia e Garba, 2024). No entanto, exige uma área de terra dedicada e implica em custos de infraestrutura e segurança mais elevados, relacionados à preparação do terreno e construção das fundações (Pinho e Galdino, 2014; Samalaia e Garba, 2024).

O *carport solar*, ou estacionamento solar, representa uma solução multifuncional e inovadora que combina a geração de energia fotovoltaica com a funcionalidade de cobertura para veículos. Essa modalidade é particularmente relevante para instituições com grandes áreas de estacionamento, como centros comerciais, hospitais, *campis* universitários e institutos federais, pois transforma um espaço de serviço, muitas vezes subutilizado, em um ativo gerador de receita e sustentabilidade (Burmester *et al.*, 2021).

A estrutura dos *carports* não apenas otimiza o uso do solo, mas também permitem a adoção de estratégias construtivas que favoreçam o controle térmico dos módulos, contribuindo para a eficiência da geração de energia, uma vez que o superaquecimento pode reduzir o desempenho das células fotovoltaicas (Moherdi *et al.*, 2023).

2.3 Análise de viabilidade econômica

No que tange a análise da viabilidade econômica, conforme destacam Colpo, Medeiros e Weise (2016), a principal motivação para qualquer investimento é a expectativa de retorno futuro, ainda que esse resultado não seja passível de garantia. Para atenuar essa incerteza, é válido recorrer aos métodos financeiros cuja finalidade é, quantificar a atratividade financeira de um investimento e auxiliar na tomada de decisões. Dentre essas metodologias, este trabalho abordará a análise do *Payback*, Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Interna de Retorno (TIR).

Segundo Assaf Neto (2012), o *Payback* indica o tempo necessário para se obter o retorno financeiro que foi aplicado, a partir dos benefícios incrementais líquidos de caixa. Conforme Lima *et al.* (2013), o

payback Simples possui como principal vantagem a simplicidade de cálculo e facilidade de interpretação, uma vez que se baseia em sucessivas subtrações sem requerer sofisticação matemática. Contudo, esse método apresenta limitações significativas por ignorar o custo de capital e o valor do dinheiro no tempo, não considerar a totalidade dos fluxos de caixa e ser insensível aos retornos ocorridos após o período de *payback*.

Em contrapartida, o *payback* descontado incorpora o valor do dinheiro no tempo em sua análise, embora mantenha a limitação de desconsiderar os fluxos posteriores ao ponto de retorno. Os autores ressaltam que este método tende a dificultar a aprovação de projetos de longo prazo devido à maior incerteza de fluxos distantes, incorpora explicitamente os riscos do projeto, e requer para seu cálculo adequado uma Taxa Mínima de Atratividade (TMA) condizente com as alternativas de investimento disponíveis no mercado.

Ademais, a viabilidade econômica é mais robustamente atestada pelo Valor Presente Líquido (VPL), que calcula o valor presente de todos os fluxos de caixa, e pela Taxa Interna de Retorno (TIR), que representa a rentabilidade periódica do projeto. Um projeto é considerado viável quando apresenta $VPL > 0$ e $TIR > TMA$ (Assaf Neto, 2012). Dessa forma, a escolha da configuração de um sistema fotovoltaico deve considerar não apenas aspectos técnicos, mas também uma análise econômica abrangente, especialmente no contexto regulatório atual que privilegia a maximização do autoconsumo.

2.4 Estudos de caso e aplicações práticas

A viabilidade técnica e econômica da implantação de sistemas fotovoltaicos em estacionamentos tem sido evidenciada por diversos estudos de caso em instituições públicas brasileiras. Pereira, Noblat e Lemos (2025) analisaram a implantação de uma usina fotovoltaica do tipo *carport* no Instituto Federal de Pernambuco (IFPE) – Campus Recife. O projeto, com potência estimada de 1,5 MWp, foi simulado por meio do *software* PVSyst e avaliado economicamente com base em indicadores como VPL, TIR e *payback* descontado. Os resultados indicaram a viabilidade do investimento, destacando-se, além da geração de energia limpa, o benefício adicional da cobertura para veículos, que agrega valor à infraestrutura institucional.

De forma semelhante, a Superintendência da Polícia Federal em Roraima adotou a solução de *carport* solar para a implantação de uma usina fotovoltaica em suas instalações. Conforme descrito no Termo de Referência da licitação, o projeto tem como objetivo a redução dos custos com energia elétrica e a otimização do uso do espaço físico do estacionamento, sendo a análise de indicadores econômicos, como retorno sobre o investimento e *payback*, elemento central para a tomada de decisão (BRASIL, 2024).

3 Metodologia

Este estudo realizado abordou uma metodologia quali-quantitativa, com intuito de avaliar em forma de números a viabilidade e aplicabilidade da temática no viés econômico para o cenário do local de estudo, sendo este o estacionamento do Instituto Federal da Paraíba (IFPB), *campus* Patos, buscando também atrelar a avaliação de modo qualitativo a partir de observações realizadas *in loco*.

O desenvolvimento da pesquisa e o levantamento dos dados seguiram uma ordem cronológica com intuito de conectar a elaboração das análises com a realidade do ambiente proposto para implementação do sistema sugerido, conforme a Figura 1 apresenta. Desse modo, cada etapa do método ocorreu da seguinte forma:

1. Caracterização da área de estudo: nesta primeira etapa foi realizado conversas e percepções sobre a utilização do sistema fotovoltaico para estudo de viabilidade no que envolva retorno financeiro em forma de redução de custos em conta direta de energia mensal da instituição de ensino dos autores. Desse modo, ao averiguar o ambiente interno do IFPB, se notou uma utilização recorrente de iluminação noturna no estacionamento. Por ser um local a céu aberto, há essa necessidade de iluminação efetiva para funcionamento, conforto visual para utilização e até mesmo garantir uma maior segurança. Assim, iniciou-se o levantamento dos dados no ambiente e as características de funcionamento.
2. Levantamento do sistema de iluminação convencional: após os levantamentos observacionais e quantitativos de postes de iluminação no respectivo estacionamento, foi iniciado o estudo da estimativa de gastos concentrados apenas nesta área da instituição. Este estudo foi importante para possibilitar a realização das etapas seguintes de comparação e estimativas de consumo entre os sistemas de iluminação avaliados.

3. Estimativa do consumo energético e dos custos operacionais: na terceira etapa foi realizado o procedimento de pesquisa mediante os custos operacionais de cada equipamento de iluminação que é utilizado no estacionamento atualmente. O processo ocorreu via solicitação de modelos de equipamentos semelhantes aos que foram notados no estacionamento. Desse modo, a partir de uma pesquisa de preço nos estabelecimentos da região, possibilitaria intervir e considerar um valor médio para o dimensionamento de custos operacionais. Essa análise, de modo geral, buscou desenvolver e quantificar qual o custo mensal e estimar o custo anual apenas levando em consideração a usabilidade de energia elétrica no estacionamento e os demais parâmetros quantificados na etapa anterior.

4. Dimensionamento e análise do sistema fotovoltaico: No quarto passo da metodologia definida, levantou-se a partir de uma pesquisa também de mercado, qual seria o valor necessário para investimento no sistema fotovoltaico adequado para atender desde a quantidade de postes que há no estacionamento, ao tempo de utilização da iluminação. Assim, atrelado ao preço da mão de obra especializada para instalação, poderia obter o valor total para implementação do sistema fotovoltaico, considerando desde os equipamentos à instalação *in loco*.

5. Análise comparativa do custo-benefício e viabilidade econômica: após calcular o gasto mensal e anual com o sistema atual de iluminação e assim, estimar o valor necessário para implementação do sistema proposto, esta etapa consistiu em avaliar a viabilidade econômica para o Instituto, a eficácia do método para o local e região, além de indicar alternativas do custo-benefício. Visto que, possibilita uma contribuição direta com as políticas públicas de eficiência energética.

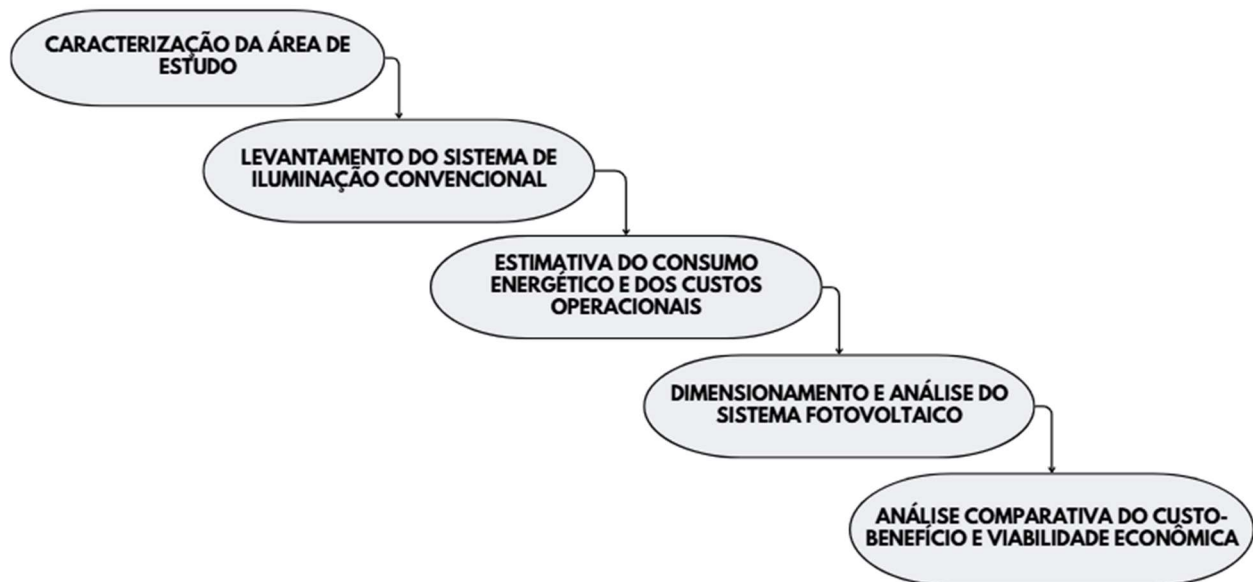


Figura 1. Fluxograma metodológico com as etapas realizadas para elaboração deste estudo.

4 Resultados e discussões

Os resultados obtidos neste estudo decorrem da análise do sistema convencional de iluminação do estacionamento do Instituto Federal da Paraíba - Campus Patos e da substituição por um sistema alternativo baseado em luminárias solares fotovoltaicas.

Inicialmente, foram levantados os dados referentes ao consumo de energia elétrica, custos associados e características operacionais do sistema atualmente utilizado, conforme descrito nas etapas metodológicas. Em seguida, realizou-se a pesquisa de mercado para levantamento dos custos das luminárias solares, bem como o dimensionamento do sistema proposto e a avaliação de sua viabilidade econômica para as condições do local estudado.

As análises dos resultados foram conduzidas de forma integrada, relacionando os dados obtidos para cálculo do consumo energético, dos custos e dos indicadores econômicos, sendo esses fatores importantes para a percepção de custo. Logo, buscou-se não apenas apresentar os valores calculados, mas também discutir sua coerência técnica, econômica e impacto ambiental direto, evidenciando o potencial da implantação de sistemas fotovoltaicos como alternativa sustentável para a iluminação de áreas externas em instituições públicas de ensino.

4.1 Levantamento e caracterização do sistema convencional de iluminação do estacionamento

Os Institutos Federais de Educação se dispõem de estacionamentos reservados para servidores, como docentes e demais funcionários, quanto também, aos discentes e frequentadores para atividades presenciais no respectivo *campi*. Durante o levantamento de dados do local, consta que o estacionamento serve para estacionamento, mas possibilita também a carga e descarga, tanto para abastecimento interno de laboratórios, cantina e restaurante, além de ser um local de estacionamento principal para manutenção dos ônibus e carros da instituição.

A partir do entendimento de algumas funcionalidades do estacionamento do *campus*, foi verificado que há uma ligação direta para controlar a ativação das respectivas luminárias, podendo assim ativar e desativar quando necessário, o que de certa forma já reduz custos desnecessários de tempo de utilização durante o dia. Um quesito que vale reforçar é que o estacionamento é a céu aberto, ou seja, não possui cobertura. Assim, torna-se necessário a utilização contínua de iluminação noturna.

Com o processo observacional efetuado inicialmente no ambiente, constatou um uso médio diário de 12h / dia por cada poste, sendo contabilizados 40 unidades no estacionamento, assim, com a pesquisa de mercado realizada para levantamento de valores no quesito potência e consumo de energia, foi possível gerar um detalhamento de valores de custo com o sistema de iluminação atual, conforme apresenta a Tabela 1 abaixo.

Tabela 1. Detalhamento dos valores considerados para o sistema convencional atual de iluminação do estacionamento.

Descrição	Valor considerado	Unidade de medida
Postes de iluminação	40	Unidades
Potência por luminária	60,00	Watts
Potência total	4,80	Quilowatt
Horas de funcionamento	12,00	Horas
Consumo diário total	57,60	kWh
Custo mensal total	1.728,00	kWh
Custo médio da tarifa de energia	0,93	R\$ / kWh
Custo mensal de energia	1.607,04	Reais
Custo anual de energia	19.284,48	Reais

Notou-se que a potência unitária de cada luminária presente consta sendo de 60 W (Watts), ao contabilizar para todas as unidades presentes, totaliza um valor montante de 4,8k W (Quilowatts) diário de potência, neste caso, mantendo as 12 horas por dia necessárias para um bom funcionamento e garantir uma maior segurança do ambiente.

De maneira correlata, quantificando também o consumo diário, chegando esse a aproximadamente 58 kWh (Quilowatt hora), ao multiplicar por a tarifa de energia cobrada pela concessionária do Estado (Energisa), sendo um valor na cotação de 2025 equivalente a 0,93 reais por kWh consumido, o custo mensal de energia elétrica, apenas para o funcionamento adequado do estacionamento do *campus*, ultrapassa os R\$ 1.607,00. Chegando a quase R\$ 19.300,00 por ano, como visto na Tabela 1.

O IFPB na unidade de Patos, na Paraíba, dispõe atualmente de dois blocos acadêmicos, um bloco equivalente a biblioteca, outro para o restaurante e ainda um bloco administrativo. Ainda há diversas casas de apoio a funcionários locais que trabalham na manutenção da edificação, dos equipamentos e automóveis da Instituição. O *campus* está também em fase de finalização de uma quadra poliesportiva para apoio e incentivo dos discentes à prática de esportes.

O entendimento da disposição construtiva local, facilita a compreensão do consumo elevado de energia elétrica que é necessário para garantir as atividades diárias, sendo destacado no Painel de Gestão do IFPB (2024), o *campus* Patos pagou em fevereiro de 2024 uma fatura de energia elétrica equivalente a R\$ 34.645,36 reais, sendo esse o último dado fornecido no portal, constando última data de atualização em 25 de abril de 2024. Portanto, avaliando o valor consumido apenas pela iluminação atual do estacionamento, representa um percentual aproximado de 4,64% do gasto total do *campus*, conforme levantamento de dados realizado neste estudo.

4.2 Estimativa dos custos de implementação e dimensionamento do sistema proposto

Após a análise do sistema convencional de iluminação do estacionamento do IFPB – Campus Patos, procedeu-se à estimativa dos custos e ao dimensionamento do sistema de iluminação proposto, baseado em luminárias solares fotovoltaicas autônomas. A adoção desse sistema tem como objetivo eliminar o consumo de energia elétrica proveniente da rede pública, mantendo níveis adequados de iluminação e segurança no período noturno.

O dimensionamento do sistema considerou a substituição das luminárias convencionais por luminárias solares individuais, mantendo-se a disposição espacial dos postes existentes. Dessa forma, adotou-se como referência a instalação de 80 luminárias solares fotovoltaicas, distribuídas de modo a atender de forma eficiente a área total do estacionamento, garantindo uniformidade luminosa e autonomia operacional durante a noite.

Para a estimativa dos custos dos equipamentos, realizou-se uma pesquisa de mercado abrangendo diferentes modelos de luminárias solares fotovoltaicas disponíveis na região, conforme apresentado na Tabela 2. Os produtos analisados apresentam potência nominal de 60 W, com especificações técnicas compatíveis com aplicações externas, como grau de proteção elevado (IP65 ou superior), sensores de presença e integração entre painel fotovoltaico, bateria e luminária LED.

Tabela 2. Pesquisa de mercado dos valores das luminárias do tipo solar / fotovoltaica na região.

Produto	Valor considerado
Luminária solar LED para poste TP <i>SUN</i> 60W 6500k	R\$ 507,41
Luminária solar 60W fotovoltaica	R\$ 326,90
<i>Solarlight</i> lâmpada de led solar automática externa inteligente 60w	R\$ 435,00
Refletor luminária poste energia solar led 60W com sensor	R\$ 346,49
Luminária solar detroit 60W branco frio 6500k IP65 127/220	R\$ 215,00
Luminária solar LED poste público	R\$ 300,00
Luminária pública LED solar 60W 6500k	R\$ 523,07
Valor médio considerado:	R\$ 346,49

Os valores unitários identificados na pesquisa variaram entre R\$ 215,00 e R\$ 523,07, refletindo diferenças relacionadas à marca, nível de eficiência, qualidade dos materiais e recursos adicionais dos equipamentos. Com o objetivo de adotar um valor representativo e conservador para o estudo, foi considerado o valor médio unitário de R\$ 346,49 por luminária, conforme indicado na Tabela 2. Essa abordagem permite reduzir distorções associadas a modelos de menor qualidade ou a equipamentos com custo elevado sem ganhos proporcionais de desempenho.

Com base no valor médio unitário definido, foi elaborada a estimativa do investimento necessário para a implementação do sistema fotovoltaico, apresentada na Tabela 3. Além do custo dos equipamentos, foram considerados os custos associados à mão de obra necessária para a instalação das luminárias solares. Embora esse tipo de sistema apresente menor complexidade de instalação quando comparado aos sistemas convencionais, por não exigir cabeamento elétrico ou infraestrutura subterrânea, foi adotado um valor unitário de R\$ 125,00 por ponto de iluminação, de forma a contemplar serviços de fixação, ajustes e testes operacionais.

Assim, o custo total de implementação do sistema fotovoltaico proposto foi estimado em R\$ 37.719,20, conforme detalhado na Tabela 3. Esse valor corresponde ao investimento inicial necessário para a substituição do sistema convencional pelo sistema fotovoltaico autônomo.

Tabela 3. Detalhamento dos valores considerados para implementação do sistema fotovoltaico proposto para o estacionamento.

Descrição	Quantidade	Custo unitário	Custo total
Luminária solar integrada (60W)	80	R\$ 346,49	R\$ 27.719,20
Mão de obra para instalação	80	R\$ 125,00	R\$ 10.000,00
Valor total da implementação:			R\$ 37.719,20

Embora o investimento inicial seja significativo, destaca-se que o sistema proposto elimina os custos recorrentes com energia elétrica associados à iluminação do estacionamento, além de apresentar baixa necessidade de manutenção ao longo de sua vida útil. Dessa forma, os valores estimados neste tópico servem como base para a análise econômica do projeto, permitindo a aplicação de indicadores financeiros que avaliem a viabilidade do investimento no médio e longo prazo.

4.3 Viabilidade de implementação na área de estudo

Após os tópicos anteriores mostrarem de forma percentual o valor correspondente de energia mensal do IFPB, havendo o mês de fevereiro como referência, sendo este responsável por início do ano letivo para todas as turmas da Instituição e marca retorno de muitos profissionais que atuam no campus, retornando esses de férias. Desse modo, avalia o valor correspondente e o mês de referência mais adequado para estimar a viabilidade deste estudo.

Assim, conforme visto no tópico 4.2, o valor necessário para investimento no sistema fotovoltaico equivale a R\$ 37.719,20 reais, de tal modo que fica aproximadamente R\$ 3.074,00 a mais do que normalmente se paga em energia elétrica. Logo, calculou-se o *payback* (período de retorno do investimento) correspondente, obtendo um valor de 1,96, ou seja, retornaria o investimento financeiro em um prazo curto de 1 ano e 11 meses, reforçando a viabilidade econômica e segura da implementação do sistema fotovoltaico, pois o risco é baixo, o tempo de retorno é curto e ainda iria reduzir ainda mais o percentual de 4,64%.

Enfatiza-se que o *campus* possui uma quantidade ainda maior de postes dispostos no lote correspondente a Instituição, embora esse estudo foque apenas na área equivalente ao estacionamento, estudos posteriores podem ampliar para toda a edificação e assim, o impacto de redução do valor total da energia do campus será ainda mais reduzido, contribuindo significativamente ao fator de eficiência energética, garantindo custo-benefício econômico e ambiental.

Destaca-se também que o Instituto Federal da Paraíba, Campus Patos, ambiente deste estudo, possui vigente na data deste estudo, um curso profissionalizante na área de Sistemas de Energias Renováveis, intitulado pelo Governo Federal como “Qualifica EnergIF”, onde um dos principais focos é qualificar profissionais no âmbito de instalações de painéis / placas solares, assim, poderia ser mais um incentivo à integração do sistema e exemplo prático *in loco* para os novos discentes.

5 Conclusões

Diante dos resultados obtidos, conclui-se que a implantação de um sistema fotovoltaico de iluminação no estacionamento do IFPB - Campus Patos é tecnicamente viável, economicamente atrativa e ambientalmente sustentável. Além disso, o desenvolvimento deste estudo permitiu alcançar avanços relevantes no contexto de gestão energética institucional, destacando-se:

- a) Levantamento detalhado do consumo energético do sistema convencional, possibilitando a compreensão do impacto financeiro associado à iluminação do estacionamento e fornecendo base confiável para comparações com sistemas alternativos.
- b) Dimensionamento técnico de um sistema fotovoltaico aplicado a uma área real de estacionamento, demonstrando a viabilidade de utilização de luminárias solares autônomas em ambientes institucionais com funcionamento contínuo no período noturno.
- c) Elaboração de estimativas econômicas baseadas em pesquisa de mercado, garantindo maior representatividade dos custos de implementação e contribuindo para análises financeiras mais realistas e aplicáveis ao contexto.
- d) Avaliação da viabilidade física e operacional da área de estudo, evidenciando que a infraestrutura existente permite a implementação do sistema sem necessidade de grandes intervenções estruturais ou adaptações complexas.
- e) Demonstração do potencial de redução de custos operacionais com energia elétrica, indicando que a adoção de sistemas fotovoltaicos pode contribuir para a otimização do uso de recursos públicos e para o aumento da eficiência energética institucional.
- f) Evidenciação dos benefícios ambientais associados ao uso de energia renovável, especialmente no que se refere à redução das emissões de dióxido de carbono e ao fortalecimento de práticas sustentáveis no ambiente acadêmico.

Dessa forma, o estudo contribui para ampliar o conhecimento sobre a aplicação de sistemas fotovoltaicos em áreas externas de instituições públicas de ensino, podendo servir como referência para futuras implementações em outros *campi* da Rede Federal.

Recomenda-se, para trabalhos futuros, o desenvolvimento de análises que consideram monitoramento do desempenho real do sistema implantado, avaliação da durabilidade dos equipamentos e estudos comparativos com outras tecnologias de iluminação sustentável.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Instituto Federal da Paraíba (IFPB), *Campus Patos*, pelo apoio institucional e pela disponibilidade de infraestrutura adequada para a realização desta pesquisa, bem como aos docentes pesquisadores pelo incentivo e apoio acadêmico.

Referências bibliográficas

Assaf Neto, A (2014) *Finanças corporativas e valor*. 7. ed. São Paulo: Atlas.

Associação Brasileira De Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR) (2025) ‘A solar fotovoltaica é a fonte de energia elétrica que mais cresce no mundo’. www.absolar.org.br/mercado/energia-solar-fv/ (accessed 8 October 2025).

Burmester, C *et al.* (2021) ‘Análise da viabilidade de implementação de placas fotovoltaicas no estacionamento da universidade Tuiuti do Paraná’ in *Anais IV EURO ELECS*. eventos.antac.org.br (accessed 20 January 2026).

Bortoloto, VA *et al.* (2017) ‘Geração de energia solar on grid e off grid’ in *Anais da VI Jornada Científica e Tecnológica da FATEC de Botucatu*. Botucatu: FATEC. <http://www.jornacitec.fatecbt.edu.br/index.php/VIJTC/VIJTC/paper/viewFile/1069/1234> (accessed 10 November 2025).

Brasil. Controladoria-Geral da União (2024) ‘Painel de Gestão do IFPB’, Portal da Transparência, [online]. www.lookerstudio.google.com (accessed 6 February 2026).

Brasil (2022) ‘Lei nº 14.300, de 6 de janeiro de 2022. Institui o marco legal da microgeração e minigeração distribuída’. *Diário Oficial da União*, Brasília, 7 January.

Brasil. Ministério da Justiça e Segurança Pública (2024) ‘Termo de Referência. Processo nº 08485.004773/2024-57’. *Polícia Federal. Superintendência Regional em Roraima*. www.gov.br/pf/pt-br/assuntos/licitacoes/2024/roraima/dispensa-de-licitacao/dispensa-eletronica-00002-2024/tr-energia-solar.pdf/view (accessed 20 January 2026).

Castro, RMG (2002) *Introdução à energia fotovoltaica*. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa. Instituto Superior Técnico. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.18297.52327>

Colpo, I, Medeiros, FSB and Weise, AD (2016) ‘Análise de retorno do investimento: um estudo aplicado em uma microempresa’, *RACI*, v. 10, n. 21, jan./jul. www.bage.ideau.com.br/wp-content/files_mf/763636c454149b4e706a3adfa9b8fd0c327_1.pdf (accessed 13 November 2025).

Fatet, J (2005) ‘Recreating Edmond Becquerel's electrochemical actinometer’, *CHIMIA International Journal for Chemistry*, v. 59, n. 5, pp. 241-244. www.e-periodica.ch/digbib/view?pid=ads-004%3A2005%3A58%3A%3A102 (accessed 7 October 2025).

Fortunato, GM (2021) *Análise da viabilidade econômica para implantação de um estacionamento com módulos fotovoltaicos no município de Mundo Novo-MS*. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Guarapuava. http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/26065/1/GP_COECI_2021_1_09.pdf (accessed 29 January 2026).

Fritts, CE (1883) ‘On a New Form of Selenium Cell, and some Electrical Discoveries made by its use’, *American Journal of Science*, v. 26, n. 156, pp. 465-472. <https://doi.org/10.2475/ajs.s3-26.156.465>

International Renewable Energy Agency (IRENA) (2025) *Renewable Capacity Highlights*. Abu Dhabi: IRENA. www.irena.org/

/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2025/Mar/IRENA_DAT_RE_Capacity_Highlights_2025.pdf (accessed 8 October 2025).

Lima, JD *et al.* (2013) ‘Propostas de ajuste no cálculo do payback de projetos de investimentos financiados’, *Custos e @gronegocio online*, v. 9, n. 4, pp. 162-180. www.researchgate.net/profile/Jose-Donizetti-De-Lima/publication/289730444_Proposals_of_adjustment_for_the_payback_calculation_of_funded_investment_projects/links/56cd988a08aeb52500c33421/Proposals-of-adjustment-for-the-payback-calculation-of-funded-investment-projects.pdf (accessed 13 November 2025).

Moherdi, I *et al.* (2023) ‘Design and simulation of a solar carport for charging electric vehicles at the university campus’, *AIP Conference Proceedings*, v. 2631, n. 1. www.researchgate.net/publication/395602035_Design_and_Simulation_of_a_Solar-Powered_EV_Charging_Station_with_Battery_Backup_Using_Raspberry_Pi_Real-Time_Monitoring/link/68cc610d9534473a6d4b797b/download?_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIiwicGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIn19 (accessed 20 January 2026).

Nascimento, AS (2017) *Energia solar fotovoltaica: estudo de viabilidade no Nordeste brasileiro*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/tede/8153> (accessed 29 January 2026).

Pereira, FSJ, Noblat, WVJB and Lemos, HTQ (2025) *Estudo da viabilidade de implantação de estacionamento solar no Instituto Federal de Pernambuco (IFPE) Campus Recife*. Trabalho de conclusão de curso (Especialização em Energia Solar Fotovoltaica), Instituto Federal de Pernambuco, Pesqueira. <https://repositorio.ifpe.edu.br/xmlui/handle/123456789/1752> (accessed 20 January 2026).

Pereira, EB *et al.* (2017) ‘Atlas brasileiro de energia solar’, *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 39, n. 1. https://energypedia.info/images/9/95/Brazilian_Atlas_of_Solar_Energy.pdf (accessed 29 January 2026).

Pinho, JT and Galdino, MA (2014) *Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos*. Rio de Janeiro: CEPEL - CRESESB. https://cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf (accessed 10 November 2025).

Samaila, B and Garba, JM (2024) ‘Comparative Study on Ground and Roof-Mounted Solar PV Systems’, *Journal of Energy Engineering and Thermodynamics*, v. 4, n. 6, pp. 9-21. <https://doi.org/10.55529/jeet.46.9.21>

Silva, BLF, *et al.* (2021) ‘Dimensionamento e viabilidade econômica de um sistema fotovoltaico: estudo de caso em campus universitário’, *Produção Online*, [e-journal], v. 21, n. 3, p. 863–890. <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v21i4.4342>

Silva, BCO, *et al.* (2023) ‘Análise da viabilidade econômica da implantação de sistema de energia solar fotovoltaica em instituição de ensino superior’, *Research, Society and Development*, [e-journal], v. 12, n. 8, e4256986. <https://doi.org/10.33448/rsd-v12i8.42569>

Silva, RA, *et al.* (2021) ‘Estudo sobre os componentes utilizados em sistemas fotovoltaicos conectados a Rede’, *Brazilian Journal of Development*, [e-journal], v. 7, n. 8, p. 77752-77769. <https://doi.org/10.34117/bjdv7n8-135>

Zilles, R, Macêdo, WN, Galhardo, MAB and Oliveira, SHF (2012) *Sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica*. São Paulo: Oficina de Textos