

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO, CIÊNCIAS CONTÁBEIS, ENGENHARIA DE  
PRODUÇÃO E SERVIÇO SOCIAL

**ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE UM POTENCIAL  
MODELO DE NEGÓCIO BASEADO NA GERAÇÃO DE ENERGIA  
SOLAR FOTOVOLTAICA**

HENRIQUE OLIVER FRAGUEIRO

VICTOR SEREN MOEDA

Ituiutaba - MG

2023

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO, CIÊNCIAS CONTÁBEIS, ENGENHARIA DE  
PRODUÇÃO E SERVIÇO SOCIAL

**ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE UM POTENCIAL  
MODELO DE NEGÓCIO BASEADO NA GERAÇÃO DE ENERGIA  
SOLAR FOTOVOLTAICA**

HENRIQUE OLIVER FRAGUEIRO

VICTOR SEREN MOEDA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Coordenação da Faculdade De Administração,  
Ciências Contábeis, Engenharia De Produção E  
Serviço Social da Universidade Federal de  
Uberlândia, para obtenção do grau de Bacharel  
em Engenharia de Produção.

Ituiutaba - MG

2023

HENRIQUE OLIVER FRAGUEIRO

VICTOR SEREN MOEDA

**ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE UM POTENCIAL  
MODELO DE NEGÓCIO BASEADO NA GERAÇÃO DE ENERGIA  
SOLAR FOTOVOLTAICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Coordenação da Faculdade De Administração,  
Ciências Contábeis, Engenharia De Produção E  
Serviço Social da Universidade Federal de  
Uberlândia, para obtenção do grau de Bacharel  
em Engenharia de Produção.

**Orientador:** Profª. Mara Rúbia da Silva  
Miranda

Aprovado em \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof.  
Universidade Federal de Uberlândia

---

Prof.  
Universidade Federal de Uberlândia

---

Prof.  
Universidade Federal de Uberlândia

Ituiutaba – MG  
2023

## RESUMO

Com as crescentes preocupações ambientais relacionadas à utilização de combustíveis fósseis, surge a necessidade de promover soluções que explorem o potencial energético de fontes renováveis. Nesse contexto, os sistemas fotovoltaicos estão se tornando uma opção cada vez mais viável para geração de energia limpa no Brasil, devido aos abundantes recursos solares do país. Este estudo analisa o uso de energia solar fotovoltaica em sistemas de geração distribuída para compensação de créditos de energia, com foco no setor residencial. Diante do exposto, o presente estudo tem como objetivo analisar a viabilidade econômica e financeira de um projeto fotovoltaico voltado para a venda de modelos fotovoltaicos para conjuntos habitacionais. O projeto visa oferecer soluções de geração de energia solar por meio da venda de sistemas fotovoltaicos, proporcionando a oportunidade de se tornarem autossuficientes em termos energéticos. A pesquisa justifica-se pela importância de explorar o potencial de negócio de empresas que atuam na venda de sistemas fotovoltaicos residenciais, visando a economia de energia para os moradores e a redução dos custos com eletricidade. A análise de viabilidade econômica desse modelo de negócio fornecerá *insights* valiosos sobre a sustentabilidade e o potencial de retorno financeiro que esse setor pode oferecer. A viabilidade técnica dos sistemas e o potencial econômico desses são avaliados por meio do valor presente líquido (VPL), da taxa interna de retorno (TIR) e tempo de retorno sobre o investimento (*Payback*). É proposto um sistema com capacidade instalada de 46,2 kW, dimensionado e simulado com a ferramenta *System Advisor Model*. O estudo foi realizado em dez cidades brasileiras, as quais foram selecionadas levando em consideração o forte potencial para a geração de energia elétrica por meio de sistemas fotovoltaicos em diferentes regiões do território nacional, considerando também a existência de um número significativo de condomínios e prédios residenciais. Do ponto de vista técnico, mesmo que algumas cidades não tenham atingido sua meta de demanda, ainda é possível colher os benefícios da implantação de sistemas fotovoltaicos, reduzindo os custos de energia e reduzindo a dependência de fontes de energia convencionais. Ao analisar a economia, dez projetos tiveram diferentes VPL e TIR. Porém, considerando esses indicadores, todos se mostraram rentáveis, sendo que a TIR superou o valor mínimo do Índice Mínimo de Atração (TMA). Por fim, foi observado o impacto das mudanças no preço da energia em kWh e impostos relacionados nas diferentes regiões. Onde quanto maior o valor da energia, menor o período de retorno e maior o VPL e a TIR dos projetos.

Palavras-chave: Energia solar fotovoltaica, Viabilidade técnica, Potencial econômico, Sustentabilidade energética.

## 1 INTRODUÇÃO

O cenário mundial cada vez mais faz inferência sobre a importância da redução da emissão de gases poluente que maximizam o efeito estufa. Assim, os investimentos para a utilização de fontes renováveis de energia estão em grande desenvolvimento e recebendo inúmeros incentivos. Pesquisas entre as novas fontes de geração de energia, indicam a energia solar como a que mais cresce em termos globais. Embora a teoria econômica não estabeleça de forma explícita a relação entre o consumo de energia elétrica e o crescimento econômico e, tampouco os estudos já realizados consigam quantificar esta relação, é notório que a evolução tecnológica, o aumento da produção, e consequentemente, o desenvolvimento econômico, se relacionam de forma intrínseca com o aumento por demanda energética (FERREIRA NETO et al., 2016, REGAN, PUTO, 2012).

A energia solar fotovoltaica é uma das fontes mais limpas e com grande disponibilidade entre as fontes de energia renováveis. O Brasil sobressai-se pela disponibilidade de energia solar, tanto para geração térmica quanto pela geração fotovoltaica, sendo por sua vez muito superior à energia solar disponível em outros países, tais como os países europeus, que apesar disto, possuem um dos maiores programas de incentivo de uso da energia solar, subsidiando a instalação desta aplicação em seus territórios (JARDIM, 2007). Aliado à disponibilidade solar abundante, identifica-se no Brasil a diminuição dos impostos sobre inversores e módulos solares, além de novos incentivos como linhas de crédito e financiamentos com taxas de juros especiais para esta tecnologia. Deste modo, tornou-se mais atrativo a implementação de sistemas fotovoltaicos e, portanto, o aumento do interesse pela instalação destas pequenas centrais geradoras de energia elétrica. Tais centrais proporcionam a disponibilidade de geração próxima ao consumidor, atendimento a pontos isolados do sistema de transmissão e a possibilidade de produção em pequena escala, diminuindo a concentração do impacto ambiental e ampliação da matriz energética (ANEEL, 2018).

Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2021), a energia solar se tornou uma alternativa como forma de economia junto ao crescente aumento do custo energético no Brasil. Dados de 2019 mostram que a energia solar fotovoltaica no Brasil cresceu mais de 212%, alcançando a marca de 2,4 GW instalado. Já em 2020, o mercado de energia solar cresceu cerca de 70%. Em 2024, a agência estima que haverá 1.200.000 milhões de sistemas fotovoltaicos instalados no país. Porém ainda existe uma alta barreira inicial devido ao elevado custo de implantação.

Para uma análise eficaz a Engenharia Econômica torna-se indispensável onde utiliza-se de métodos quantitativos e análise financeira para avaliar a viabilidade econômica de projetos e investimentos. Ela considera fatores como valor do dinheiro no tempo, fluxos de caixa, riscos e critérios de decisão para determinar a melhor opção em termos de retorno financeiro. Essa disciplina desempenha um papel crucial na tomada de decisões estratégicas, visando maximizar o retorno e otimizar a alocação de recursos.

Diante do exposto, o presente estudo tem como objetivo analisar a viabilidade econômica e financeira de um projeto fotovoltaico voltado para a venda de modelos fotovoltaicos para conjuntos habitacionais. O projeto visa oferecer soluções de geração de energia solar por meio da venda de sistemas fotovoltaicos, proporcionando a oportunidade de se tornarem autossuficientes em termos energéticos. A pesquisa justifica-se pela importância de explorar o potencial de negócio de empresas que atuam na venda de sistemas fotovoltaicos residenciais, visando a economia de energia para os moradores e a redução dos custos com eletricidade. A análise de viabilidade econômica desse modelo de negócio fornecerá *insights* valiosos sobre a sustentabilidade e o potencial de retorno financeiro que esse setor pode oferecer. Além disso, considerando a demanda crescente por fontes de energia limpa, a investigação dessa viabilidade contribuirá para o desenvolvimento e a expansão do mercado de energia solar fotovoltaica, onde gera a motivação para este estudo no que concerne a crescente visibilidade e interesse que as energias renováveis despertam em pesquisadores, empreendedores, governos e países.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 Geração de energia fotovoltaica**

De acordo com Morais (2015), há um interesse crescente em pesquisas sobre produção de energia com o objetivo de aproveitar melhor os recursos ambientais disponíveis. A energia solar, hidrelétrica, nuclear, eólica e outras energias convertidas em energia elétrica tornaram-se recursos indispensáveis para o desenvolvimento social e econômico de muitos países. Porém, mesmo com os avanços na tecnologia de geração e transmissão, o campo de insumos necessários para a geração de energia continua sendo uma área pouco estudada. Os sistemas baseados no uso da energia transmitida à Terra pelo sol para geração de eletricidade podem ser divididos em alguns tipos básicos, sendo os mais conhecidos os sistemas fotovoltaicos autônomos, que efetuam a transformação da energia solar em elétrica diretamente, e os sistemas termossolares, em que a energia solar é usada para produzir o vapor que acionará uma termelétrica ou uma máquina a vapor (REIS, 2013).

A transmissão da energia do sol para a Terra se dá pela radiação eletromagnética de ondas curtas, pois 97% da radiação solar está contida entre comprimentos de onda que variam entre 0,3 e 3,0  $\mu\text{m}$  (LEIVAS, 2008). Ainda neste contexto, em condições atmosféricas ótimas, ou seja, céu claro sem nenhuma nuvem, a iluminação máxima observada ao meio-dia, num local situado ao nível do mar, é de  $1\text{kW}/\text{m}^2$ . A radiação solar total incidente varia em diferentes locais da superfície da Terra. O Brasil possui um ótimo índice de radiação solar, principalmente no nordeste brasileiro. Na região do semiárido estão os melhores índices, com valores típicos de 200 a 250  $\text{W}/\text{m}^2$  de potência contínua, o que equivale entre 1.752  $\text{kWh}/\text{m}^2$  a 2.190  $\text{kWh}/\text{m}^2$  por ano de radiação incidente. Isto coloca o local entre as regiões do mundo com maior potencial de energia solar (REIS, 2013).

Nos sistemas fotovoltaicos, a energia solar é transformada diretamente em energia elétrica, graças ao efeito fotovoltaico e ao funcionamento das células fotovoltaicas. O efeito fotovoltaico dá-se em materiais denominados de semicondutores que se caracterizam pela presença de bandas de energia onde é permitida a presença de elétrons, conhecida como



banda de valência, e de outra onde completamente vazia, a banda de condução. Uma célula individual fotovoltaica, produz apenas uma reduzida potência elétrica, o que pode variar entre 1 e 3 W, com uma tensão menor que 1 Volt. Para a ocorrência de potências mais elevadas, as células são integradas, formando um módulo fotovoltaico, onde, quanto maior for o módulo, maior será a potência e/ou a corrente disponível (CÂMARA, 2011; FREITAS, 2008). Uma propriedade fundamental para as células fotovoltaicas é a possibilidade de fótons na faixa do visível, com energia superior ao gap do material de excitarem elétrons, de modo que estes passem à banda de condução. Esse efeito, que pode ser observado em semicondutores puros, não garante por si só o funcionamento de células fotovoltaicas. Para obtê-las é necessária uma estrutura apropriada para que os elétrons excitados possam ser coletados, gerando uma corrente útil (ROSO et al, 2018).

Para que isso ocorra na célula fotovoltaica, são acrescentados átomos de silício, átomos de fósforo e boro, num processo conhecido como dopagem do silício, formando uma junção PN. Quando uma junção PN fica exposta a fótons com energia maior que o *gap* existente entre a banda de valência e condução, ocorre a geração de pares elétron-lacuna; se isto acontecer na região onde o campo elétrico é diferente de zero, as cargas são aceleradas, gerando, assim, uma corrente através da junção; esse deslocamento de cargas dá origem a uma diferença de potencial, chamada de efeito fotovoltaico (GOLDEMBERG, LUCON, 2007). Existe uma gama de aparelhos e tecnologias para produzir energia solar através do processo fotovoltaico, porém os modelos que destacam-se comercialmente são painéis compostos por células de silício monocristalinas ou policristalinas, devido ao seu custo benefício atrativo e tecnologia amplamente difundida, além disto, o silício monocristalino é o mais antigo e o que mantém o domínio do mercado, sendo utilizado em todo o tipo de aplicações terrestres de média e elevada potência (NUNES et al., 2020).

### 2.1.1 Módulos de silício com células monocristalinas

Essas células são obtidas através do corte das barras de silício monocristalino em forma de pastilhas finas que ficam entre 0,4 e 0,5 mm<sup>2</sup> de espessura. O silício monocristalino é o mesmo material utilizado na fabricação de circuitos integrados para microeletrônica. Para esta tecnologia o limite teórico de conversão da luz solar em energia elétrica é de 25%, porém valores na faixa de 12 a 22,7% são encontrados em produtos comerciais. Apresentam como vantagem o fato de serem mais eficientes que os policristalinos, porém são mais caros. A Figura 1 ilustra uma célula monocristalina em um módulo fotovoltaico, onde conforme

observado o módulo apresenta uma cor mais escura, indicando silício de alta pureza (MACHADO, MIRANDA, 2015; NASCIMENTO, 2004)

Figura 1 - Célula fotovoltaica de silício monocristalino



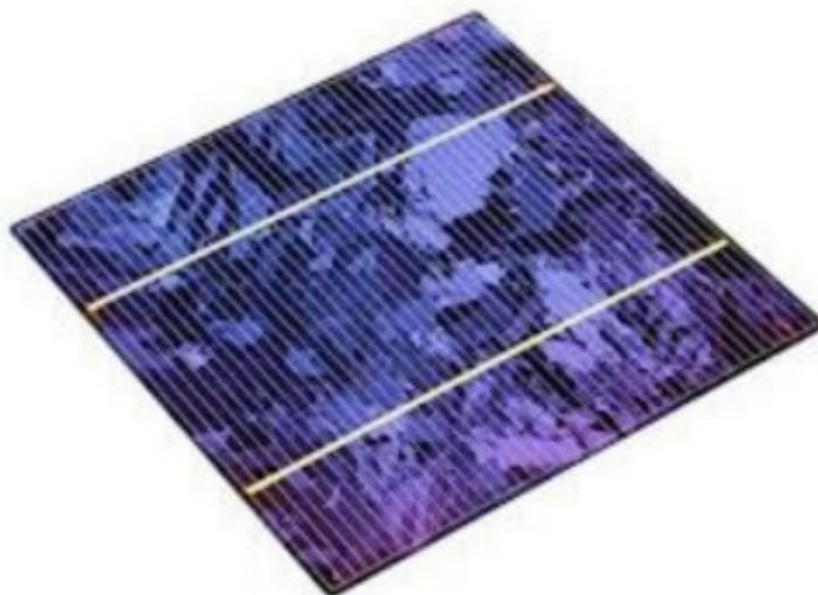
Fonte: Souza (2019).

#### 2.1.2 Módulos fotovoltaicos com células policristalinas

Assim como os silício monocristalino, as células de silício policristalinas são obtidas através de processo semelhante, sendo fundido e solidificado em blocos que são chamados de lingotes, onde a diferença se dá através de que, o silício policristalino por ser formado por pequenos pedaços de cristais, com diferentes tamanhos e orientações, possui o aspecto visual rugoso. Os por 4 processos principais para obtenção de uma célula de silício policristalina são: tratamento da superfície, realização da dopagem para que haja a diferença de potencial, revestimento antirreflexo, e a metalização. Este tipo de célula apresenta menor custo de produção dada a sua imperfeição cristalina, a qual resulta num material menos eficiente quando da conversão fotovoltaica (NUNES et al., 2020; PRANGE, 2021).

Na Figura 2 ilustra-se uma célula fotovoltaica de silício policristalino. Conforme observa-se, pelo seu grau de impureza, ela denota uma aparência de manchas na célula, diferentemente da célula de silício monocristalina, que dada o seu grau de pureza, possui uma cor uniforme e densa.

Figura 2 - Célula fotovoltaica de silício policristalina



Fonte: Souza (2019).

## 2.2 TIPOS DE APLICAÇÕES DOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Um sistema fotovoltaico pode ser composto por um ou mais módulos fotovoltaicos, além de um conjunto de equipamentos que complementam o sistema, como baterias, controladores de carga, inversores, e equipamentos de proteção. As aplicações dos sistemas fotovoltaicos podem ser divididas em: sistemas autônomos isolados, sistemas autônomos híbridos e sistemas conectados à rede elétrica (BRAGA, 2008; REIS, 2013). A seguir é especificado os três tipos de sistemas:

- Sistemas autônomos isolados (*off-grid*): consistem em um sistema totalmente fotovoltaico, ou seja, não é conectado à rede elétrica de distribuição. Entre os sistemas autônomos isolados, existem muitas configurações possíveis, dentre as configurações mais comuns se os de Carga Corrente Contínua sem e com armazenamento, e de Carga Corrente Alternada com e sem armazenamento. Um caso típico de aplicação desses sistemas é no atendimento de residências isoladas que, por possuírem um nível de conforto superior àquelas alimentadas em corrente contínua, permitem o uso de eletrodomésticos convencionais (BRAGA, 2008);
- Sistemas autônomos híbridos: de modo simples um sistema autônomo híbrido é formado pela combinação de duas ou mais tecnologias de geração de energia, incluindo a geração térmica, o que irá ser considerado no tamanho do sistema de geração elétrica. Neste

tipo de sistema, o controlador de carga é um dos principais equipamentos, pois é responsável por gerenciar e controlar o processo de carga e descarga do sistema de baterias, potencializar a vida útil delas (EMMENDOERFER, 2017; RAMOS, MELO FILHO, 2019);

- **Sistemas conectados à rede:** Este tipo de sistema apresenta duas configurações distintas, sendo os sistemas fotovoltaicos distribuídos e centralizados. Os sistemas fotovoltaicos distribuídos podem ser instalados de forma integrada a uma edificação, no telhado ou na fachada de um prédio, ou seja, próximo ao ponto de consumo, enquanto o sistema fotovoltaico centralizado, normalmente se localizam a certa distância do ponto de consumo. Os sistemas fotovoltaicos distribuídos são instalados para fornecer energia ao consumidor, que pode usar a energia da rede elétrica convencional para complementar a quantidade de energia utilizada. Com relação ao sistema centralizado o mesmo exerce a função de estação centralizada de energia. A fonte de alimentação por este sistema não é associada com um tipo particular de eletricidade. (JANNUZZI et al., 2009).

### **2.3 A ENERGIA SOLAR NO BRASIL**

De acordo com a Lei nº 14.300, de 06 de janeiro de 2022, que institui o marco legal da microgeração e minigeração distribuída, o Sistema de Compensação de Energia Elétrica e o Programa de Energia Renovável Social, em seu artigo 1º:

Autoconsumo local: modalidade de microgeração ou minigeração distribuída eletricamente junto à carga, participante do Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE), no qual o excedente de energia elétrica gerado por unidade consumidora de titularidade de um consumidor-gerador, pessoa física ou jurídica, é compensado ou creditado pela mesma unidade consumidora.

Dessa forma, qualquer indivíduo pode instalar um sistema fotovoltaico produtor de energia em sua residência, fazenda e até mesmo empreendimentos, e, com o auxílio de um relógio medidor bidirecional, injetar sua produção na rede de distribuição da concessionária local. Nestes casos, se o valor consumido seja maior do que o gerado, paga-se a diferença. Caso o que foi produzido supere o que foi gasto, o excedente de energia elétrica não compensado por unidade consumidora participante do SCEE no ciclo de faturamento em que foi gerado, será registrado e alocado para uso em ciclos de faturamento subsequentes, ou vendido para a concessionária ou permissionária em que está conectada a central consumidora-geradora. Com a regulamentação desse modelo de produção de energia, abre-se portas para um novo mercado de geração de energia, o das usinas fotovoltaicas (BRASIL, 2022).

Segundo os autores Pereira et al. (2017), a geração de energia fotovoltaica tem um grande potencial no Brasil, um exemplo disto é que o local menos ensolarado do Brasil, é possível gerar mais eletricidade solar do que no local mais ensolarado da Alemanha. Outro ponto a ser destacado pelo Atlas, é que a taxa de desempenho médio anual foi de 80% levando-se em conta o desempenho de um gerador solar fotovoltaico bem projetado e instalado com equipamentos de boa qualidade e etiquetados pelo INMETRO. Além disto, na escala anual, foi verificado que todas as regiões apresentaram tendência significativa de aumento da irradiação global, com exceção da região Sul, onde o teste indicou redução da incidência de irradiação solar. Para as demais regiões, o teste indicou tendências de aumento da irradiação global com taxas de crescimento anual entre 10 e 20 Wh/m<sup>2</sup>. Do ponto de vista regional, entre as cinco regiões do Brasil, o Nordeste tem o maior potencial de energia solar, com irradiação horizontal média diária global de 5,49 kWh/m<sup>2</sup> e irradiação direta normal de 5,05 kWh/m<sup>2</sup> e 5,52 kWh/m<sup>2</sup>.

## **2.4 USINAS SOLARES FOTOVOLTAICAS**

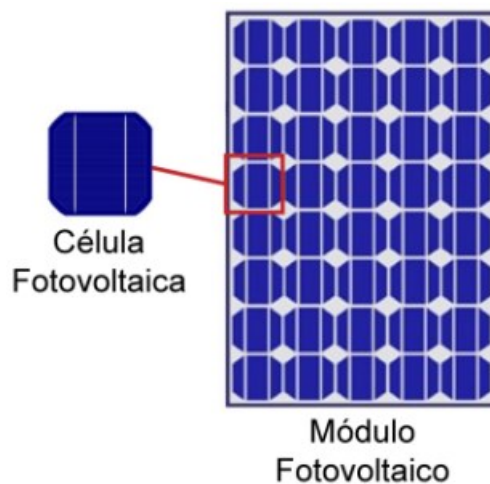
Usina solar fotovoltaica, também conhecida como parque solar, é projetada para gerar energia elétrica sendo um sistema de grande porte que produz energia através de módulos fotovoltaicos que convertem a energia do sol em energia elétrica para ser vendida para a rede. (URBANETZ JUNIOR, 2010). Uma usina solar fotovoltaica, geralmente é instalada em áreas afastadas dos centros consumidores, e a energia produzida não está associada a um consumidor específico, toda a energia elétrica produzida na usina é disponibilizada instantaneamente à rede da concessionária. Uma usina apresenta como desvantagem a sua localização, que, geralmente encontram-se afastadas dos centros de consumo, necessitando, assim, de um sistema de transmissão para levar a energia até o centro consumidor, outro fator é que, as usinas ocupam grandes espaços. Esses fatores acabam impactando nos custos de instalação de uma usina, podendo até inviabilizar a sua implantação, dependendo da região a ser instalada (LUZ JUNIOR, 2022).

### **2.4.2 Módulos fotovoltaicos**

As células fotovoltaicas são normalmente ligadas em série de modo a formar módulos fotovoltaicos. Para Ramos (2006), os módulos fotovoltaicos são conseguidos a partir da associação e encapsulamento de células fotovoltaicas, que permitem a obtenção da corrente

necessária para determinada aplicação. Um módulo fotovoltaico é comumente caracterizado pela sua potência elétrica de pico. A definição da potência de pico de um módulo é realizada nas condições de padrão de ensaio, *Standard Test Conditions*, onde leva-se em conta a irradiância solar de 1.000 W/m<sup>2</sup> sob uma distribuição espectral padrão para AM 1,5 e temperatura de célula de 25° C (PINHEIRO, 2021). Na Figura 3, ilustra-se a diferença entre uma única célula fotovoltaica, e a composição de um módulo fotovoltaico.

Figura 3 - Diferença entre célula e módulo fotovoltaico



Fonte: Moraes (2020).

#### 2.4.2 Inversores

Os inversores convertem a potência em corrente contínua, proveniente dos módulos fotovoltaicos em potência em corrente alternada que, em condições de qualidade aceitáveis, será introduzida na rede elétrica de distribuição de energia. De modo geral, existem dois tipos de classificação de inversores, sendo os tiristores e os transistores, onde, os tiristores são componentes semicondutores com dois estados estáveis, sendo seu funcionamento baseado na realimentação regenerativa de uma junção PNP. Com relação aos transistores, os mesmos são semicondutores baseados na junção PNP ou NPN, tendo a capacidade de trabalhar em 3 zonas, sendo corte, saturação e ativa (RAMPINELLI et al., 2013; RAMPINELLI, 2010).

#### 2.5 A SUSTENTABILIDADE DA ENERGIA SOLAR

A energia está presente de modo essencial na vida do ser humano, desta forma, as tomadas de decisões em relação a ela influenciam o futuro de todos, e o seu uso afeta o meio

ambiente trazendo mudanças socioculturais, demográficas e socioambientais consideráveis para o mundo. Não há como gerar energia sem interferir no meio ambiente de algum modo, porém, a energia não podendo ser criada, pode ser transferida de uma forma para outra por meio de processos de conversão, e pode ser encontrada em dois estados extremos, o de potencial e cinética. Desta forma, o potencial de energia fotovoltaica no Brasil é maior que o somatório do potencial de todas as outras fontes de energias existentes no país. Estima-se que a energia fotovoltaica representará 32% da matriz energética em 2040 e dessa capacidade 75% serão do tipo de geração distribuída. Por ser considerada uma forma de geração limpa e possibilitar que esta geração esteja junto ao ponto de consumo, amputam-se uma série de problemas relacionados aos sistemas tradicionais de geração e distribuição de energia elétrica (ALVES, SILVA, 2020; AQUINO et al., 2015; SANTOS et al., 2008).

Uma das vantagens da energia solar fotovoltaica, é que a não apresenta impactos ambientais diretos, porém, a produção dos painéis solares causa impactos ambientais. Outra questão a ser levantada é que o sistema fotovoltaico não necessita de água para sua refrigeração, podendo ser utilizada em áreas urbanas eletricamente congestionadas. A manutenção dos sistemas fotovoltaicos é bastante durável, estima-se que os módulos fotovoltaicos possuem uma garantia em média de 20 a 30 anos de vida útil. Os dispositivos eletrônicos como inversor e controlador de carga, possuem uma vida útil superior a 10 anos. A necessidade de manutenção também é mínima, onde os módulos fotovoltaicos são geralmente limpos pela ocorrência natural de chuva, mas em locais de muita pouca incidência de chuvas podem necessitar de uma limpeza mais frequente. Isso demonstra que, além de ser uma energia sustentável em termos ambientais, a mesma também é sustentável em termos de sistema (AQUINO et al., 2015; PEREIRA, 2016).

Para Viera e Santos (2012), o ambiente natural encontra-se em uma posição frágil, além da constante emissão de gases e diversos outros poluentes, há um consumo desenfreado, e um crescimento populacional em ascendência, com isso exposto, a utilização e readequação dos sistemas para energia solar não implicaria em nenhum tipo de impacto significativo ao meio ambiente, não havendo a necessidade de supressão de vegetação ou, desapropriações para a instalação de sistemas de geração da energia solar. Ainda neste contexto, a utilização de fontes de energia renovável, sendo a energia solar uma delas, torna-se importante para alcançar as metas de sustentabilidades que são propostas, destacando-se que, as tecnologias envolvidas em energia renovável geram emissões quase nulas de gases do efeito estufa e de outros poluentes atmosféricos comparando-se com as energias geradas a partir de combustível fóssil. Além disto, outros benefícios da utilização de energias renováveis podem ser

identificados, como a menor necessidades de uso de água, menor necessidade de ocorrer tratamento de resíduos, além de não haver a ocorrência de mineração e seus impactos provenientes da atividade (SILVA, ARAÚJO, 2022).

## **2.6 MODELAGEM DE NEGÓCIO**

A modelagem de negócio pode ser compreendida como uma disciplina que envolve um conjunto de conceitos, modelos e técnicas com o objetivo de desenvolver o modelo de negócio de uma empresa. Para tanto, a modelagem vai se fundamentar nos processos de negócio da empresa. Esses modelos retratam a representação de um conjunto de atividades, tanto internas quanto externas, que são realizadas para transformar entradas em saídas, produzindo trabalho nas organizações (RODRIGUES, DIAS JUNIOR, 2010). Para Scherer (2012), a importância da modelagem de negócios se torna mais efetiva, quando se verifica a evolução das formas de modelagem e planejamento estratégico dos negócios.

De acordo com Greer (2017), os modelos de negócios foram promovidos de simples modelagens, para uma avaliação completa da proposição, criação e percepção de valor da organização. Ainda assim, modelos de negócios podem ser divididos em 3 níveis, sendo: nível econômico, nível operacional e nível estratégico (OROFINO, 2011). Para Azevedo Junior e Campos (2008), existem diversas técnicas, metodologias e notações para a modelagem dos processos de empreendimentos, porém, a definição de modelos de negócio é uma atividade complexa, tendo-se em vista que cada negócio possui diferentes necessidades e estas mudam de forma constante.

Neste contexto, a modelagem e simulação financeira de um empreendimento é uma questão que possui uma função específica e bem delineada, como por exemplo, a estimativa de lucro ou o valor monetário do empreendimento. Diante do exposto, para a melhor conceituação da modelagem financeira, também serão conceituados os itens de Taxa Mínima de Atratividade, Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR), e *Payback* simples e descontado (SILVA, 2022).

### **2.6.1 Taxa mínima de atratividade**

A Taxa Mínima de Atratividade pode ser entendida como a taxa mínima que um determinado investidor pretende receber de um investimento, onde, esta taxa deve ser composta por uma taxa de juros básica e uma taxa de juros que caracteriza a compensação



pelo risco que o investidor quer correr para investir o seu fundo (SILVA, JANNI, 2021). Para Martins e Jorge (2017), a taxa mínima de atratividade é aquela que apresenta o mínimo que um investimento pode remunerar, para que assim seja considerado um negócio viável. Ainda neste contexto, esta taxa pode ser estabelecida de acordo com a política empresarial de cada empreendimento, todavia, a escolha desta taxa é de extrema importância na decisão da destinação dos recursos empresariais (SCHROEDER et al., 2005).

### 2.6.2 Valor Presente Líquido (VPL)

O Valor Presente Líquido pode ser entendido como a soma algébrica dos valores descontados do fluxo de caixa a ele relacionado. De modo simples, a VPL é a diferença do valor presente das receitas menos o valor presente dos custos (SILVA, FONTES, 2005). O método do valor presente líquido se encaixa no conceito de equivalência, ou seja, esse método leva em consideração o valor temporal dos recursos financeiros. A viabilidade econômica de um projeto pelo método do VPL é indicada pela diferença positiva entre receitas e custos, atualizados a determinada taxa de juros (ZAGO et al., 2005).

Na Equação 1 é demonstrado a expressão matemática do Valor Presente Líquido, onde,  $FC_j$  corresponde ao fluxo de caixa no período que varia de  $j$  até  $n$ ;  $FC_0$  corresponde ao fluxo de caixa no período zero;  $i$  corresponde a Taxa Mínima de Atratividade;  $j$  corresponde ao período em que as receitas ou os custos ocorrem; e  $n$  corresponde ao períodos ou duração do projeto (SILVA, FONTES, 2005).

Equação 1 - Equação matemática do VPL

$$VPL = \sum_{j=1}^n \frac{FC_j}{(1+i)^j} - FC_0 \quad (1)$$

### 2.6.3 Taxa interna de retorno (TIR)

O modelo matemático de cálculo da taxa interna de retorno, permite supor que os fluxos de caixa intermediários, caso sejam positivos, sejam remunerados por uma taxa de juros igual à TIR, assim como, os fluxos de caixa negativos sejam também financiados pela mesma taxa. A TIR auxilia ao tomador de decisão demonstrando a taxa de juros implícita no fluxo de caixa a ser gerado pelo investimento (BARBIERI, 2007; CARREIRA, SANTOS,

2017). Para Oliveira (1979), em uma linguagem financeira, a TIR de um projeto de investimento é a taxa que iguala o valor atual das saídas de caixa, antevisto ao valor atual das entradas estimadas.

#### 2.6.4 *Payback* simples e descontado

O *Payback* ou Tempo de Recuperação do Capital ou, ainda, Período de Recuperação do Investimento, é um instrumento de análise de investimentos onde pode ser verificado o tempo a ser levado para a recuperação do capital investido. Os indicadores *Payback* simples e o descontado distinguem-se pelo fato do *Payback* descontado considerar o valor do dinheiro no tempo. O *Payback* simples apresenta como vantagem a simplicidade no cálculo, isto é, não exige nenhuma distinção de cálculo, somente sucessivas subtrações, enquanto o *Payback* descontado leva em conta o valor do dinheiro no tempo (COLPO et al., 2016; LIMA et al., 2013).

Na Equação 2, é demonstrado a expressão matemática do *Payback* descontado, onde, VF corresponde ao valor futuro; TMA corresponde a Taxa Mínima de Atratividade; e t equivale ao período (ÁVILA, 2013).

Equação 2 – Equação matemática do *Payback* descontado

$$\text{PaybackDescontado} = \frac{VF}{(1 + TMA)^t} \quad (2)$$

## 2.7 VIABILIDADE ECONÔMICA-FINANCEIRA

A análise de viabilidade econômica e financeira engloba uma lista de atividades desenvolvidas pela engenharia econômica, que procura identificar quais são os benefícios esperados em dado investimento para colocá-los em comparação com os investimentos e custos associados ao mesmo, a fim de verificar a sua viabilidade. A viabilidade de um determinado projeto inicia-se pela definição dos gastos nos investimentos que serão essenciais para operacionalizar os processos envolvidos no negócio e finaliza em uma análise econômica (ZAGO et al., 2005; VERGARA et al., 2017).

A análise da viabilidade econômica e financeira referente ao uso de energia fotovoltaica tem sido alvo de diversas pesquisas, em sua maioria, examina-se a viabilidade

econômica referente a instalação dessa tecnologia. Diante do exposto, o Quadro 1 apresenta de forma resumida alguns estudos que abordam a temática, seus objetivos e resultados. Conforme os resultados apresentados no Quadro 1, em sua totalidade, todos os trabalhos apresentam a viabilidade econômica na implantação de sistemas fotovoltaicos nos cenários discutidos.

Quadro 1 – Trabalhos sobre a viabilidade econômica de sistemas de energia solar

Autor (es) e ano de publicação	Título da pesquisa/trabalho	Objetivo	Resultados
Dassi, Zanin, Bagatini, Tibola, Barichello e Moura (2015)	Análise da viabilidade econômico-financeira da energia solar fotovoltaica em uma Instituição de Ensino Superior do Sul do Brasil	Análise da viabilidade econômico-financeira da energia solar fotovoltaica como alternativa para redução de custos e de diversificação energética em uma Instituição de Ensino Superior de Santa Catarina	Os resultados obtidos pelos autores revelaram que o projeto da implantação de energia solar fotovoltaica é viável para o período analisado, com redução de custos para a instituição
Silva, Oliveira, Silva e Silva (2016)	Análise de viabilidade econômica entre o uso de energia em grid e a solar no sertão paraibano	Analisar o uso de instalação de unidades coletoras de energia solar, nas residências do meio rural no sertão paraibano, em comparação ao grid das concessionárias.	A implantação do sistema fotovoltaica, nas residências localizadas na região do Sertão paraibano, foi verificada pelos autores que exige um investimento de menor custo em relação ao sistema em grid, não ocasionando alteração no aspecto econômico, inclusive para as concessionárias que porventura acreditassem em redução de faturamento
Dalmolin (2017)	Análise da viabilidade econômico-financeira da implantação de sistemas fotovoltaicos conectados à rede em residências	Analisar a viabilidade econômica de instalação de sistemas fotovoltaicos em residências	O autor concluiu que a potência do SFCR que traria melhor retorno para o investidor seria o sistema de 2,65 kWp de potência com um custo de R\$ 17.109,00, com <i>Payback</i> Simples de 11 anos e 10 meses, <i>Payback</i> Descontado maior que 25 anos
Peroni (2018)	Viabilidade econômico-financeira e barreiras para o avanço da energia solar fotovoltaica no setor de supermercados	Avaliar os elementos-chave que contribuem para a viabilidade econômico-financeira	Dos fatores que podem contribuir para a viabilidade econômico-financeira, os autores identificaram o preço da tarifa de energia elétrica sendo como fator essencial, e como a principal motivação para adoção da energia solar fotovoltaica, pois impacta diretamente no tempo de retorno do investimento

Abel, Tavares, Araújo e Santos (2019)	Análise da viabilidade econômico-financeira da implantação de energia solar fotovoltaica no hotel praiano (Tapes/rs)	Análise de custos de investimentos e retornos financeiros	Os autores verificaram que projeto de instalação de um sistema de geração de energia elétrica solar por meio de placas fotovoltaicas apresentou ser viável ao Hotel Praiano, visto que pode reduzir sua fatura de energia elétrica em aproximadamente 98%
Brito (2020)	Estudo da viabilidade econômica da instalação de energia solar fotovoltaica ligada à rede, no IFPB campus Princesa Isabel	Realização de um estudo de caso que compara o retorno econômico advindo da instalação de uma usina de mini conversão energética conectada à rede em comparação à utilização da energia elétrica recebida diretamente da concessionária local	O autor concluiu que o projeto possui viabilidade econômica, trazendo economia de gastos com energia elétrica. Soma-se o fato, de que, depois de pago o projeto, o valor economizado na fatura, tornar-se-á uma verba disponível para outras ações/atividades e vinculadas ao custeio/funcionamento da instituição.
Nespolo, Gama, Guerra, Batista, Lopes e Lima (2021)	Análise de viabilidade econômica da implantação de um sistema fotovoltaico em uma propriedade rural	Análise da viabilidade econômica da instalação de um sistema fotovoltaico em uma pequena propriedade rural, localizada na região Sudoeste do Paraná	Com base nos valores obtidos na pesquisa, os autores indicam a viabilidade econômica do investimento, além de, a variação percentual sobre a TMA apresentou um grau de elasticidade excelente, ou seja, o valor percentual pode ter uma oscilação expressiva e ainda manterá o projeto de investimento economicamente viável
Silva e Carneiro (2022)	Análise da viabilidade econômico-financeira de um projeto de gerador solar fotovoltaico ( <i>on-grid</i> ) em uma residência no interior de Minas Gerais	Realizar um estudo da viabilidade econômica sobre as vantagens de se utilizar a energia solar, assim como compará-la com a utilização da energia convencional das concessionárias de hidrelétrica, em uma residência situada em uma cidade do interior de Minas Gerais	Os autores, com base nos dados obtidos da análise econômica, verificaram que se torna viável o investimento no empreendimento
Kruger, Zanella e Barichello (2023)	Análise da viabilidade econômico-financeira para implantação de projeto de produção de energia solar fotovoltaica em uma propriedade rural	Analisar a viabilidade econômico-financeira da energia solar fotovoltaica como alternativa para redução de custos em uma propriedade rural aviária no Oeste de Santa Catarina	Os resultados obtidos pelos autores revelaram que o projeto para a instalação de energia solar fotovoltaica é viável para o período analisado, também foi identificado que, com a instalação do projeto, irá reduzir os custos da propriedade

Fonte: Autores (2023).

## **3 METODOLOGIA**

### **3.1 Método de pesquisa**

Esta pesquisa tem como objetivo proporcionar uma maior familiaridade com o tema em estudo. Quanto ao procedimento, esta pesquisa se enquadra como um estudo de campo, uma pesquisa bibliográfica e pesquisa documental, pois busca coletar dados e informações a partir de fontes secundárias, como livros, artigos científicos e documentos relevantes para a área em questão.

Com relação à análise dos dados, será realizada uma pesquisa quantitativa, que combina elementos qualitativos e quantitativos na análise dos resultados obtidos. Isso permitirá uma compreensão mais abrangente e aprofundada do objeto de estudo, explorando tanto aspectos descritivos e interpretativos como também buscando dados numéricos para análise estatística, quando aplicável.

Dessa forma, a natureza deste trabalho se enquadra como uma pesquisa aplicada, pois busca adquirir conhecimentos com o intuito de aplicá-los em uma situação específica, com potencial de contribuição para o desenvolvimento e aprimoramento da área em estudo (GIL, 2017).

### **3.2 Cenário**

O cenário para a construção do trabalho proposto, são o dimensionamento de projetos fotovoltaicos o mesmo é projetado em 10 cidades distintas, com o auxílio de um *software* para a realização das simulações técnicas e econômicas. A partir dos resultados obtidos, mensurou-se o potencial de geração de energia pelos sistemas, custos, taxa de retorno e tempo para recuperação do capital investido. O estudo em questão está dividido em duas etapas, sendo a primeira a realização da projeção e análise técnica do projeto a fim de constatar se o sistema proposto é suficiente para atender a demanda de energia exigida em cada cidade objeto do estudo. Na segunda etapa, buscou-se avaliar o potencial econômico dos projetos, onde determinou-se a viabilidade econômica dos mesmos e o retorno do investimento no horizonte mínimo de 25 anos.

### 3.3 Dimensionamento Técnico

Para o dimensionamento técnico foi utilizado o *software System Advisor Model* (SAM). Este *software* é um modelo técnico gratuito que facilita a tomada de decisões com relação ao setor de energia renováveis. A escolha deste *software* se deu pelo fato do mesmo ser gratuito, além disto, ele permite fazer a modelagem de sistemas fotovoltaicos, desde pequenos telhados residenciais até grandes sistemas. Após a escolha do programa a ser utilizado na modelagem, foi realizada a modelagem do sistema fotovoltaico, através do *software* com a inserção dos dados locais de irradiação solar e condições climáticas para a posição geográfica identificada em cada município. Nesta fase, também foi modelado o *layout* do sistema fotovoltaico, indicação e angulação dos módulos, escolha dos módulos e inversores e número de unidades necessárias.

Na última etapa da modelagem técnica dos sistemas, foram coletados os dados gerados pelo sistema, com o objetivo de quantificar e analisar o desempenho, onde, com as informações coletadas e analisadas, foi possível verificar se o sistema fotovoltaico instalado está de fato gerando a energia necessária e prometida pelo projeto.

### 3.4 Dimensionamento Econômico

A viabilidade financeira dos sistemas fotovoltaicos apresentados neste trabalho, serão avaliados a partir da utilização dos indicadores econômicos de Valor Presente Líquido, Taxa Interna de Retorno, Taxa mínima de atratividade e o Tempo de Retorno de Investimento (*Payback*). O VPL se manifesta como o somatório dos valores monetários do fluxo de caixa com uma taxa de juros fixa, sendo, portanto, um valor total ao final do tempo do projeto descrito. O investimento será considerado viável em termos econômicos se o valor de VPL for positivo.

Com relação ao indicador TIR, representa uma taxa de retorno a ser esperado no projeto, sendo assim, um investimento em que a TIR ultrapassar o seu custo de capital é um ponto de aumento de valores no investimento do projeto. Entretanto, se a TIR for menor que o seu custo de capital, o investimento necessitará de recursos adicionais aos investidores. Em outras palavras, o projeto será economicamente viável se oferecer um retorno igual ou superior ao custo de capital da empresa, gerando um fluxo de caixa suficiente para pagar os juros e para remunerar os investidores. Para o indicador *Payback*, indica em quanto tempo o capital investido terá retorno. Também há o indicador *Payback* Descontado, o mesmo

considera as variações dos valores ao longo do tempo e a taxa de desconto. Para as simulações foram consideradas uma vida útil dos sistemas fotovoltaicos de 25 anos.

## **4 RESULTADOS**

### **4.1 Definição das cidades para o estudo**

Para o estudo em questão foram selecionadas 10 cidades brasileiras que apresentam forte potencial para a geração de energia elétrica por meio de sistemas fotovoltaicos em diferentes regiões do território nacional, considerando também a existência de um número significativo de condomínios e prédios residenciais. As cidades selecionadas foram: São Paulo, Rio de Janeiro, Brasília, Belo Horizonte, Florianópolis, Porto Alegre, Salvador, Recife, Curitiba e Manaus. Essa escolha foi fundamentada em critérios específicos, visando identificar locais com características favoráveis para a implantação dos sistemas.

Essas cidades foram selecionadas com base em sua densidade populacional, clima propício, disponibilidade de áreas adequadas para a instalação de painéis solares e a presença de muitos condomínios e prédios residenciais. Esses fatores indicam um cenário promissor para a implantação de energia solar fotovoltaica, contribuindo para o fornecimento de energia limpa e sustentável.

É importante ressaltar que a seleção dessas 10 cidades não exclui a existência de outras localidades no Brasil com potencial semelhante. No entanto, elas foram escolhidas para representar a diversidade geográfica e demográfica do país, proporcionando um panorama abrangente das possibilidades de geração de energia solar em áreas urbanas.

Essa seleção visa contribuir para o estudo aprofundado sobre a implementação de sistemas fotovoltaicos em áreas urbanas, considerando a demanda por energia elétrica, as características geográficas e as condições favoráveis para a utilização da energia solar como fonte renovável.

### **4.2 Perfil de consumo e consumo médio**

O foco da pesquisa está nas necessidades de condomínios e prédios residenciais que desejam adotar sistemas de geração de energia solar fotovoltaica para suprir parte ou totalidade de sua demanda energética. Ao considerar sistemas fotovoltaicos residenciais, é relevante analisar o perfil de consumo e as características da unidade consumidora. No contexto dos condomínios e prédios residenciais, as seguintes informações são pertinentes:

- Modalidade: Consumidor Residencial – Refere-se a energia elétrica utilizada para fins residenciais.



- Nível de Tensão: Baixa Tensão - Corresponde ao fornecimento de energia elétrica para unidades residenciais.
- Tarifa: A tarifa pode variar de acordo com a concessionária de energia e a localidade, sendo comumente aplicada a tarifa convencional residencial, que oferece opções de tarifa simples ou tarifa horária. Para simplificar os cálculos, foi escolhida a bandeira verde, sem distinção entre consumo em horário de pico ou fora de pico.
- Consumo Médio: Para fins deste estudo, foi considerado o consumo médio de 70.000 kWh por ano, o qual poderá variar consideravelmente de acordo com cada região, esse valor seria suficiente para fornecer energia para um conjunto habitacional de pelo menos 30 residências. Para o presente estudo esse valor representará um padrão estimado para a análise do perfil de consumo em sistemas fotovoltaicos residenciais, levando em conta o tamanho e o número de unidades habitacionais dentro do condomínio ou prédio residencial.

Essas informações são fundamentais para compreender o perfil de consumo dos condomínios e prédios residenciais, permitindo o dimensionamento adequado dos sistemas fotovoltaicos para atender às demandas de energia elétrica dessas unidades consumidoras, considerando o consumo médio estabelecido.

### **4.3 Análise dos custos da energia elétrica: impacto dos impostos e encargos nas cidades brasileiras**

As informações sobre as tarifas de energia elétrica para cada cidade foram obtidas através de verificação direta nos portais das concessionárias responsáveis pelos serviços de distribuição de energia local, assim como no site da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). É importante observar que, no caso do site da ANEEL, a relação de custo da tarifa disponibilizada corresponde ao valor livre de impostos e encargos, que devem ser adicionados e incidir no valor final da energia.

No serviço de distribuição de energia, são inclusos diversos impostos, sendo os principais o Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS), o Programa de Integração Social (PIS) e a Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social (COFINS). O ICMS, em particular, apresenta variações de alíquota entre os estados, o que significa que a sua aplicação pode ser diferente em cada região.

Portanto, ao analisar o custo da energia elétrica em uma determinada cidade, é necessário considerar não apenas o valor da tarifa em si, mas também os impostos e encargos que são adicionados posteriormente. Essas informações podem ser obtidas diretamente nos

portais das concessionárias de energia ou consultando a legislação tributária vigente em cada estado.

É importante salientar que a verificação das tarifas de energia elétrica em cada cidade é fundamental para obter dados precisos e atualizados, uma vez que podem existir variações regionais e diferentes condições contratuais.

#### **4.4 Dimensionamento das Usinas Fotovoltaicas e Otimização do Sistema**

O dimensionamento das usinas fotovoltaicas, no contexto deste estudo, foi realizado utilizando a ferramenta computacional *System Advisor Model* (SAM). Essa abordagem permite a análise detalhada em relação à geração de energia solar fotovoltaica.

O objetivo do dimensionamento foi projetar sistemas capazes de suprir um consumo médio de 70.000 kWh anuais. Para alcançar esse objetivo, diversos fatores foram levados em consideração, incluindo os dados climáticos e de irradiação específicos de cada cidade selecionada para o estudo.

Além disso, a otimização do sistema foi um aspecto crucial considerado durante o dimensionamento das usinas fotovoltaicas. A inclinação e o posicionamento dos módulos fotovoltaicos foram cuidadosamente ajustados para maximizar a utilização do recurso energético disponível, ou seja, a radiação solar incidente. Para isso, foram adotadas práticas como o apontamento dos módulos para o norte geográfico, garantindo uma melhor captação da radiação solar ao longo do dia, e o estabelecimento de um ângulo de inclinação igual ao valor da latitude no local de instalação, visando otimizar a absorção de energia solar ao longo do ano.

Essas estratégias de otimização do sistema de usinas fotovoltaicas residenciais contribuem para a maximização da geração de energia elétrica a partir do recurso solar disponível em cada localidade, levando em consideração as características climáticas e de irradiação específicas de cada cidade selecionada para o estudo. Dessa forma, é possível garantir um desempenho eficiente e confiável dos sistemas fotovoltaicos, assegurando o atendimento das demandas energéticas dos condomínios e prédios residenciais de forma sustentável e economicamente viável.

De acordo com dados do Atlas Solar Brasileiro, uma referência importante para análise da radiação solar no Brasil, foi constatado que o país possui uma média anual de aproximadamente 5 Horas de Sol Plena (HSP). Essa média leva em consideração a

disponibilidade de radiação solar ao longo de todo o ano, considerando fatores climáticos e variações sazonais.

A escolha desse valor médio de HSP como parâmetro é relevante para o dimensionamento e avaliação de sistemas fotovoltaicos, pois permite uma estimativa do potencial de geração de energia solar em diferentes regiões do país. No entanto, é importante destacar que essa média pode variar dependendo da localização geográfica, fatores climáticos específicos e até mesmo características topográficas.

No dimensionamento de sistemas fotovoltaicos, a taxa de desempenho *Performance Ratio* (PR) é um parâmetro importante que indica a eficiência global do sistema, considerando perdas relacionadas à geração de energia. O valor da taxa de desempenho a ser adotado depende de vários fatores, como a qualidade dos componentes utilizados, o projeto e a instalação do sistema, além das condições ambientais específicas do local.

Em geral, um valor de PR aconselhável para um sistema bem dimensionado e com boa qualidade de instalação varia entre 0,75 e 0,85. Essa faixa é comumente adotada em projetos fotovoltaicos comerciais e residenciais. Sendo assim será utilizado um PR de 0,83 conforme indicação do fabricante.

Ao escolher um valor de PR, é importante considerar as perdas esperadas ao longo da vida útil do sistema, como perdas por sombreamento, por degradação dos componentes, sujeira e perdas por desvio da orientação e inclinação ideais dos painéis solares. É recomendável realizar uma análise mais detalhada, considerando as condições específicas do local e os dados técnicos dos equipamentos utilizados, para determinar a taxa de desempenho mais adequada para o sistema em questão.

Além disso, é fundamental acompanhar o desempenho real do sistema após sua instalação, por meio de monitoramento e análise dos dados de geração de energia ao longo do tempo. Isso permite identificar possíveis desvios de desempenho e adotar medidas corretivas, caso necessário, para maximizar a eficiência e a produção de energia do sistema fotovoltaico.

Na Equação 3 e 4 é realizado o cálculo para localizar o valor referente à potência nominal instalada.

### Equação 3 - Equação da potência fotovoltaica

$$P_{ot_{fv}} = \frac{\text{Energia}}{\text{Irradiação} \times PR} \quad (3)$$

$$P_{ot_{fv}} = \frac{70.000 \left(\frac{KWh}{ano}\right)}{5 \left(\frac{KWh}{dia.m^2}\right) \times 365 \left(\frac{dia}{ano}\right) \times 0,83} = 46,2122 \text{ KW}_p \quad (4)$$

Conseqüentemente, será requerido um sistema com potência nominal instalada de aproximadamente 46,2122 kW<sub>p</sub>. O dimensionamento desse sistema foi realizado de maneira abrangente, considerando-se como uma estimativa preliminar a ser utilizada como ponto de partida para o dimensionamento computacional. Além disso, devido à diversidade das localidades em questão, foram empregados valores médios de irradiação e um coeficiente médio de desempenho aceitável.

É pertinente ressaltar que a planta fotovoltaica é dimensionada com potência pico nominal igual para todos os casos, pois tal abordagem possibilita a análise comparativa da influência da radiação solar na capacidade de geração de energia de cada sistema. Desse modo, por meio das simulações que estimam o funcionamento e o rendimento do sistema fotovoltaico, como previsto, são obtidos valores distintos para cada planta em termos de capacidade de geração de energia elétrica, visto que, como mencionado anteriormente, a incidência solar varia em cada região.

#### 4.5 Modelagem do sistema através do software SAM

O *System Advisor Model* (SAM) é um programa computacional utilizado para realizar o dimensionamento de sistemas de geração descentralizada de energia elétrica, permitindo a previsão técnica e financeira do projeto. Desenvolvido em parceria pelo *National Renewable Energy Laboratory* (NREL) e o *Sandia National Laboratories* (SNL), o *software* desempenha um papel crucial na tomada de decisões no campo do desenvolvimento de energias renováveis.

No início da simulação, o usuário é solicitado a escolher um modelo de desempenho para o sistema. Neste estudo, foi adotado o modelo " *Photovoltaic (detailed)*", considerado ideal para projetos nos quais o projetista tem acesso a dados locais, informações sobre os componentes utilizados e a capacidade de definir o *layout* do sistema. Após a escolha do modelo de simulação mais adequado às características do sistema fotovoltaico desejado, o primeiro passo do dimensionamento é informar a localização da instalação do sistema. Isso pode ser feito selecionando uma cidade nas opções disponíveis na biblioteca do programa ou inserindo coordenadas de latitude e longitude do local escolhido por meio de interpolação a partir de um banco de dados *online*. A Figura 4 apresenta essa etapa da simulação, na qual o *software* fornece uma série de informações relacionadas aos dados climáticos e geográficos com base nas informações fornecidas sobre o local proposto para o sistema.

Figura 4 - Interface do *software* SAM para definição do local de instalação

The screenshot displays the SAM software interface for defining the installation location. The interface is organized into several sections:

- NREL National Solar Radiation Database (NSRDB):** Offers options to download weather files, including "Download a TMY file for Americas..." and "TMY or Single-year for Americas and Asia...".
- Solar Resource Library:** Shows the selected weather file: "C:\Users\henri\SAM Downloaded Weather Files\BRA\_SP\_Sao.Paulo-Guarulhos.Intl.AP.830750\_TMYx.2007-2021.epw".
- Header Data from Weather File:**
  - City: Sao.Paulo-Guarulhos.Intl.AP
  - Time zone: GMT -3
  - Latitude: -23.432 °N
  - State: SP
  - Elevation: 749.5 m
  - Longitude: -46.47 °E
  - Country: BRA
  - Data Source: SRC-TMYx
  - Station ID: 830750
- Annual Averages Calculated from Weather File Data:**
  - Global horizontal: 4.66 kWh/m<sup>2</sup>/day
  - Direct normal (beam): 4.58 kWh/m<sup>2</sup>/day
  - Diffuse horizontal: 1.62 kWh/m<sup>2</sup>/day
  - Average temperature: 20.0 °C
  - Average wind speed: 2.5 m/s
  - Maximum snow depth: 0 cm
- Files in Library:** A table listing various weather files with columns for Name, Station ID, Latitude, Longitude, Time zone, and Elevation. The selected file is highlighted.
- Choose a Weather File from Your Computer:** A section with a "Browse..." button and instructions on how to use it.
- Albedo - Sky Diffuse Model - Irradiance Data (Advanced):** A button to access advanced settings.

At the bottom left, there are navigation buttons for "Simulate", "Parametrics", "Stochastic", "P50 / P90", and "Macros".

Fonte: Autor, *software* SAM versão 2017.9.5 (2023).

As próximas etapas referem-se à seleção dos componentes de geração, ou seja, módulos solares e inversores, respectivamente. Essa é uma parte particular do projeto, pois a escolha dos materiais pode variar de acordo com a disponibilidade dos fornecedores, o *layout* do sistema ou até mesmo a preferência individual do projetista.

Para este projeto, foi decidido utilizar um painel solar de 440W fabricado pela marca Canadian. Este painel solar é equipado com a tecnologia HiKu, que é uma tecnologia avançada de células fotovoltaicas monocristalinas. Por meio da Figura 5 é possível visualizar as descrições técnicas do módulo escolhido.

Figura 5 - Interface do *software* SAM para definição do local do módulo

The screenshot shows the SAM software interface for defining module specifications. The interface is divided into several sections:

- General Information:** Module description: Painel CANADIAN SOLAR 440W; Cell type: multiSi; Module area: 2.20918 m<sup>2</sup>; Nominal operating cell temperature: 42 °C.
- Electrical Specifications:** Maximum power point voltage (Vmp): 40.7 V; Maximum power point current (Imp): 10.82 A; Open circuit voltage (Voc): 48.7 V; Short circuit current (Isc): 11.48 A; Temperature coefficient of Voc: -0.27 %/°C; Temperature coefficient of Isc: 0.05 %/°C; Temperature coefficient of max. power point: -0.35 %/°C; Number of cells in series: 144.
- Nominal Maximum Power Point Ratings at STC:** Power: 440.374 Wdc; Efficiency: 19.9338 %.
- Current-Voltage (I-V) Curve at STC:** A section with a "Calculate and plot" button and a large empty box for the curve.
- Mounting Configuration:** Standoff height: Ground or rack mounted; Approximate installation height: One story building height or lower.
- References:** For information about the CEC module model inputs, see Help. For details about the model implementation, see Gilman (2015) on the SAM website's Performance Model Documentation page: [Performance Model Documentation page on SAM website](#).
- Save / Load Data:** Buttons for "Save data to file..." and "Load data from file..." with an adjacent text input field.

The left sidebar contains navigation options: Photovoltaic, Residential; Location and Resource; Module; Inverter; System Design; Shading and Snow; Losses; Lifetime; Battery Storage; System Costs; Financial Parameters; Incentives; Electricity Rates; Electric Load. At the bottom, there are buttons for "Simulate >", "Parametrics", "Stochastic", "P50 / P90", and "Macros".

Fonte: Autor, *software* SAM versão 2017.9.5 (2023).

O inversor selecionado para este projeto é o modelo Sunny Tripower 25000TL-30, fabricado pela renomada empresa SMA. O Sunny Tripower 25000TL-30 é um inversor de alta potência e eficiência projetado para sistemas fotovoltaicos de grande porte. Ele converte a energia solar gerada pelos painéis em Corrente Alternada (CA), adequada para alimentar equipamentos elétricos e para conexão à rede elétrica. Com sua tecnologia avançada e recursos de monitoramento, o inversor SMA Sunny Tripower 25000TL-30 garante um desempenho confiável e otimizado, contribuindo para a maximização da produção de energia solar e a redução dos custos de eletricidade. Com auxílio da Figura 6 conseguimos ver suas especificações técnicas.

Figura 6 - Interface do *software* SAM para definição do local do inversor

The screenshot displays the SAM software interface for configuring an inverter. The interface is organized into a sidebar on the left and a main configuration area on the right. The sidebar includes navigation options such as 'Location and Resource', 'Module', 'Inverter', 'System Design', 'Shading and Snow', 'Losses', 'Lifetime', 'Battery Storage', 'System Costs', 'Financial Parameters', 'Incentives', 'Electricity Rates', and 'Electric Load'. The main area is titled 'Inverter Datasheet' and contains several sections for configuring the inverter's parameters.

**Power Ratings:**

- Maximum AC output power: 30000 Wac
- Weighted efficiency: 96
- Manufacturer efficiency: 98.7
- Maximum DC input power: 30395.1 Wdc

**Operating Ranges:**

- Nominal AC voltage: 230 Vac
- Minimum MPPT DC voltage: 200 Vdc
- Maximum DC voltage: 1100 Vdc
- Nominal DC voltage: 600 Vdc
- Maximum DC current: 26 Adc
- Maximum MPPT DC voltage: 1000 Vdc

**Losses:**

- Power consumption during operation: 240 Wdc (Suggested value: 240 Wdc)
- Power consumption at night: 5.5 Wac (Suggested value: 7.5 Wac)

**Save / Load Data:**

- Buttons: 'Save data to file...' and 'Load data from file...'
- File path: C:/Users/henri/Desktop/TCC/SUN2000-30.csv

Fonte: Autor, *software* SAM versão 2017.9.5 (2023).

Após determinar o tamanho do sistema fotovoltaico necessário para suprir a demanda de energia estabelecida, definir o local de instalação e escolher os módulos solares e inversores de acordo com as especificações do projeto, procedeu-se à configuração da planta na seção "*System Design*". Nessa etapa, o projetista fez a distribuição do número de módulos nas sequências, formando um arranjo fotovoltaico, respeitando as limitações operacionais e as características dos componentes selecionados. Além disso, foi realizado o posicionamento dos módulos levando em consideração a inclinação e o desvio azimutal. Analisando a Figura 7 é possível perceber as características gerais utilizadas no projeto.

Figura 7 - Interface do *software* SAM para modelagem do sistema

The screenshot displays the SAM software interface for system modeling. The interface is organized into several sections:

- System Sizing:**
  - Options:  Specify desired array size,  Specify modules and inverters.
  - Desired array size: 4 kWdc
  - DC to AC ratio: 1.20
  - Modules per string: 15
  - Strings in parallel: 7
  - Number of inverters: 1
- Configuration at Reference Conditions:**

Modules		Inverters	
Nameplate capacity	46.239 kWdc	Total capacity	30.000 kWac
Number of modules	105	Total capacity	30.395 kWdc
Modules per string	15	Number of inverters	1
Strings in parallel	7	Maximum DC voltage	1,100.0 Vdc
Total module area	232.0 m <sup>2</sup>	Minimum MPPT voltage	200.0 Vdc
String Voc	730.5 V	Maximum MPPT voltage	1,000.0 Vdc
String Vmp	610.5 V	Battery maximum power	0.000 kWdc

Sizing messages (see Help for details):  
Actual DC/AC ratio is 1.54.

Voltage and capacity ratings are at module reference conditions shown on the Module page.
- DC Subarrays:**

To model a system with one array, specify properties for Subarray 1 and disable Subarrays 2, 3, and 4. To model a system with up to four subarrays connected in parallel to a single bank of inverters, for each subarray, check Enable and specify a number of strings and other properties.

	Subarray 1	Subarray 2	Subarray 3	Subarray 4
<b>-String Configuration-</b>				
Strings in array	7 (always enabled)	<input type="checkbox"/> Enable	<input type="checkbox"/> Enable	<input type="checkbox"/> Enable
Strings allocated to subarray	7	0	0	0
<b>-Tracking &amp; Orientation-</b>				
Tracking	<input checked="" type="radio"/> Fixed	<input checked="" type="radio"/> Fixed	<input checked="" type="radio"/> Fixed	<input checked="" type="radio"/> Fixed
	<input type="radio"/> 1 Axis	<input type="radio"/> 1 Axis	<input type="radio"/> 1 Axis	<input type="radio"/> 1 Axis
	<input type="radio"/> 2 Axis	<input type="radio"/> 2 Axis	<input type="radio"/> 2 Axis	<input type="radio"/> 2 Axis
	<input type="radio"/> Azimuth Axis	<input type="radio"/> Azimuth Axis	<input type="radio"/> Azimuth Axis	<input type="radio"/> Azimuth Axis
	<input type="radio"/> Seasonal Tilt	<input type="radio"/> Seasonal Tilt	<input type="radio"/> Seasonal Tilt	<input type="radio"/> Seasonal Tilt
	<input type="checkbox"/> Tilt=latitude	<input type="checkbox"/> Tilt=latitude	<input type="checkbox"/> Tilt=latitude	<input type="checkbox"/> Tilt=latitude
Tilt (deg)	23.432	20	20	20
Azimuth (deg)	0	180	180	180
Ground coverage ratio (GCR)	0.3	0.3	0.3	0.3
Tracker rotation limit (deg)	45	45	45	45
Backtracking	<input type="checkbox"/> Enable	<input type="checkbox"/> Enable	<input type="checkbox"/> Enable	<input type="checkbox"/> Enable

Ground coverage ratio is used (1) to determine when a one-axis tracking system will backtrack, (2) in self-shading calculations for fixed tilt or one-axis tracking systems on the Shading page, and (3) in the total land area calculation. See Help for details.
- Estimate of Overall Land Usage:**

Total module area: 232.0 m<sup>2</sup>

Total land area: 0.2 acres

SAM uses the total land area only when you specify a \$/acre cost on the System Costs page: Total land area = total module area ÷ GCR × 0.0002471 (1 m<sup>2</sup> = 0.0002471 acre).

Fonte: Autor, *software* SAM versão 2017.9.5 (2023).



Após realizar o dimensionamento, as principais características do modelo escolhido são as seguintes:

O sistema é composto por um total de 105 painéis solares, organizados em 7 *Strings*, com 15 painéis por *String*. Cada painel solar possui uma potência nominal de 440Wp. Foi utilizado um único inversor com uma potência de saída de 30kW. A potência nominal total do sistema é de 30kW, e sua potência instalada total é de 46.200KWp.

Para obter as previsões de geração, rendimento, desempenho e perdas do sistema, basta simular o projeto.

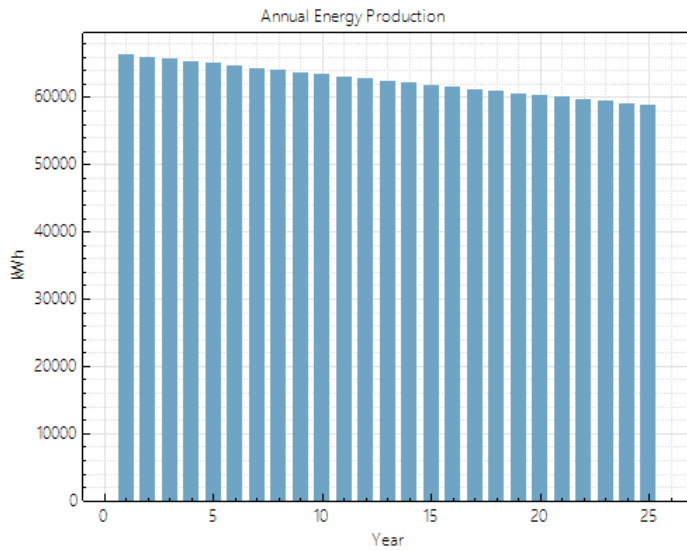
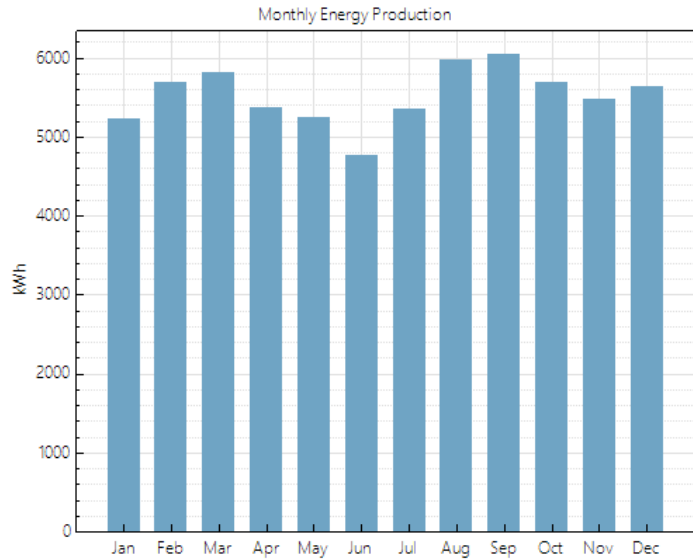
#### **4.6 Simulação software SAM**

Nesta seção, os resultados das simulações realizadas no *software* SAM para as plantas de geração de energia fotovoltaica nas 10 cidades estudadas são apresentados. Os relatórios detalhados, nas Figuras 8 a 17, fornecem informações sobre a quantidade de energia gerada, eficiência do sistema e outros parâmetros relevantes, permitindo uma análise precisa e clara do desempenho e potencial da energia solar nessas localidades.

No relatório de geração e desempenho estimado para o sistema fotovoltaico instalado em São Paulo - SP, destacado na Figura 8, observa-se um fator de capacidade de 16,4% e uma taxa de desempenho de 0,79. A estimativa é que o sistema gere aproximadamente 66.300 kWh ao longo de um ano de operação.

Figura 8 - Simulação do projeto pelo *software* SAM na cidade de São Paulo - SP

Metric	Value
Annual energy (year 1)	66,300 kWh
Capacity factor (year 1)	16.4%
Energy yield (year 1)	1,434 kWh/kW
Performance ratio (year 1)	0.79
Levelized COE (nominal)	9.25 ¢/kWh
Levelized COE (real)	7.32 ¢/kWh

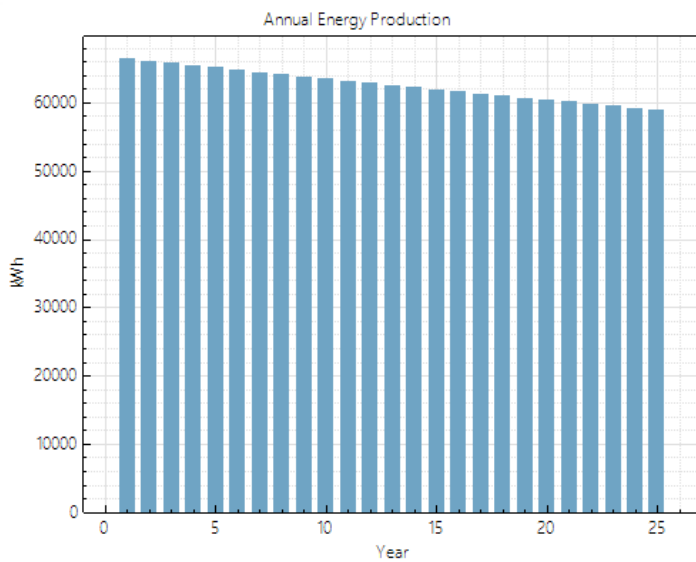
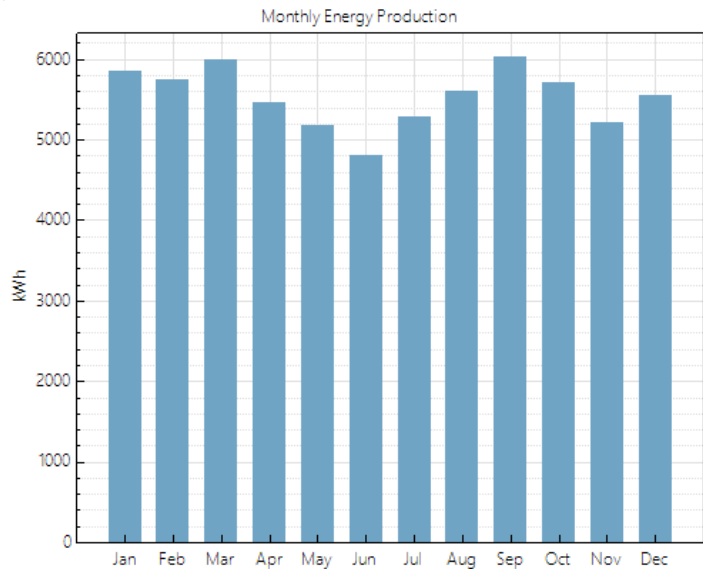


Fonte: Autor, *software* SAM versão 2017.9.5 (2023).

Na Figura 9, que apresenta o relatório de geração e desempenho previsto para o sistema fotovoltaico na cidade do Rio de Janeiro - RJ, é possível verificar um fator de capacidade de 16,4% e uma taxa de desempenho de 0,78. Estima-se que o sistema gere aproximadamente 66.431 kWh ao longo de um ano de operação.

Figura 9 - Simulação do projeto pelo *software* SAM na cidade de Rio de Janeiro - RJ

Metric	Value
Annual energy (year 1)	66,431 kWh
Capacity factor (year 1)	16.4%
Energy yield (year 1)	1,437 kWh/kW
Performance ratio (year 1)	0.78
Levelized COE (nominal)	9.23 ¢/kWh
Levelized COE (real)	7.30 ¢/kWh

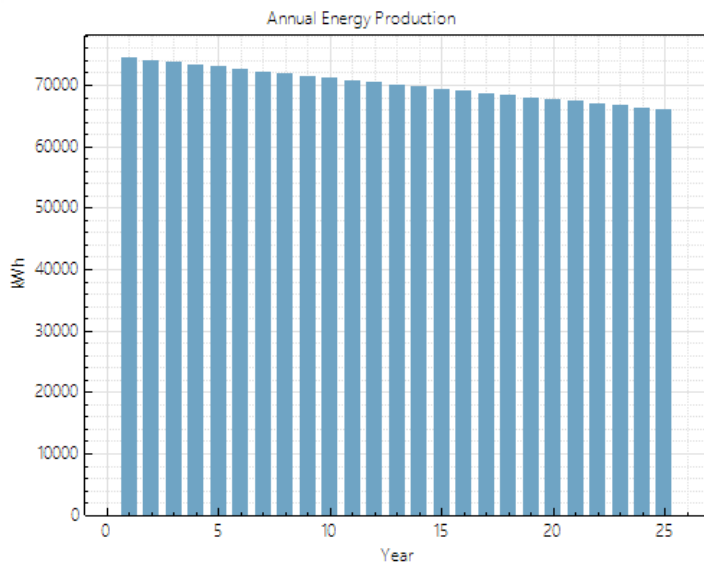
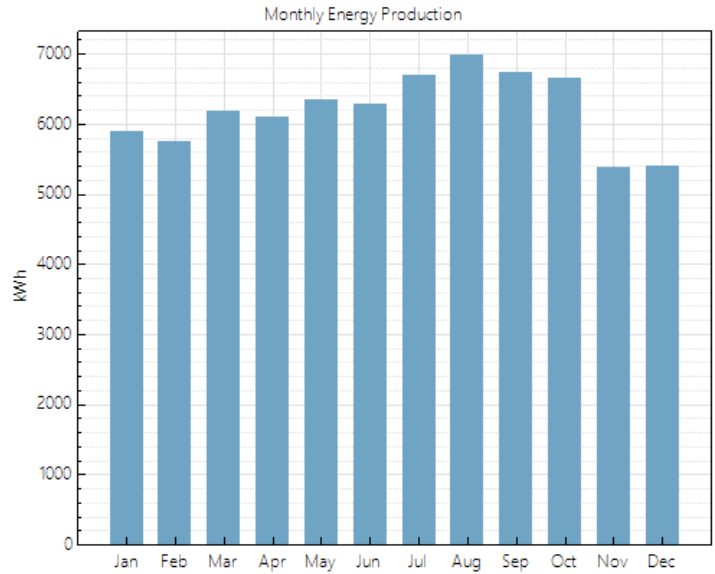


Fonte: Autor, *software* SAM versão 2017.9.5 (2023).

O relatório de geração e desempenho estimado para o sistema fotovoltaico instalado em Brasília - DF, apresentado na Figura 10, destaca um fator de capacidade de 18,4% e uma taxa de desempenho de 0,78. Estima-se que o sistema gere aproximadamente 74.413 kWh ao longo de um ano de operação.

Figura 10 - Simulação do projeto pelo *software* SAM na cidade de Brasília - DF

Metric	Value
Annual energy (year 1)	74,413 kWh
Capacity factor (year 1)	18.4%
Energy yield (year 1)	1,609 kWh/kW
Performance ratio (year 1)	0.78
Levelized COE (nominal)	8.24 ¢/kWh
Levelized COE (real)	6.52 ¢/kWh

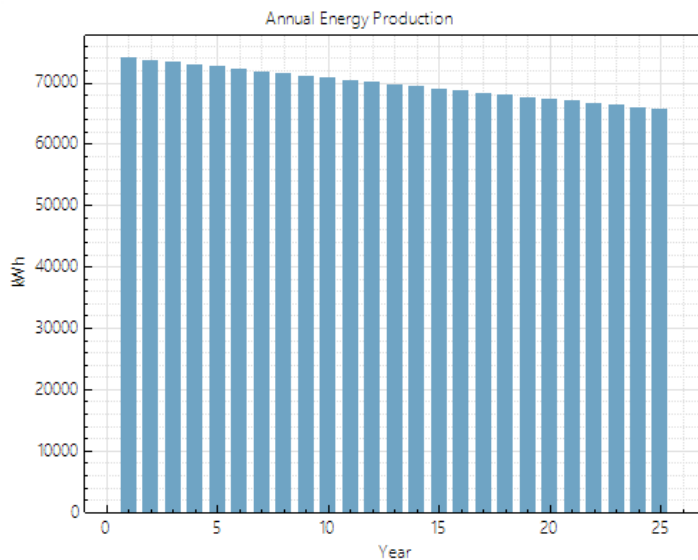
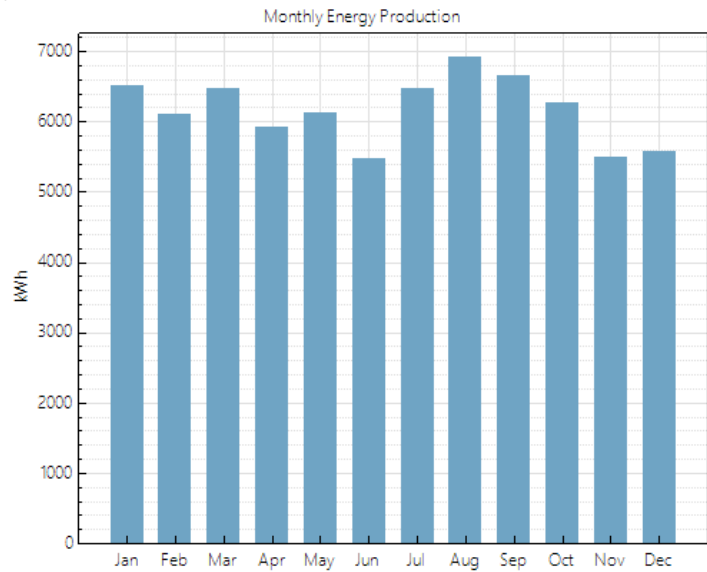


Fonte: Autor, *software* SAM versão 2017.9.5 (2023).

A Figura 11 mostra o relatório de geração e desempenho previsto para o sistema fotovoltaico na cidade de Belo Horizonte - MG. Nesse caso, o sistema possui um fator de capacidade de 18,3% e uma taxa de desempenho de 0,78. Estima-se que o sistema gere aproximadamente 74.042 kWh ao longo de um ano de operação.

Figura 11 - Simulação do projeto pelo *software* SAM na cidade de Belo Horizonte - MG

Metric	Value
Annual energy (year 1)	74,042 kWh
Capacity factor (year 1)	18.3%
Energy yield (year 1)	1,601 kWh/kW
Performance ratio (year 1)	0.78
Levelized COE (nominal)	8.28 ¢/kWh
Levelized COE (real)	6.55 ¢/kWh

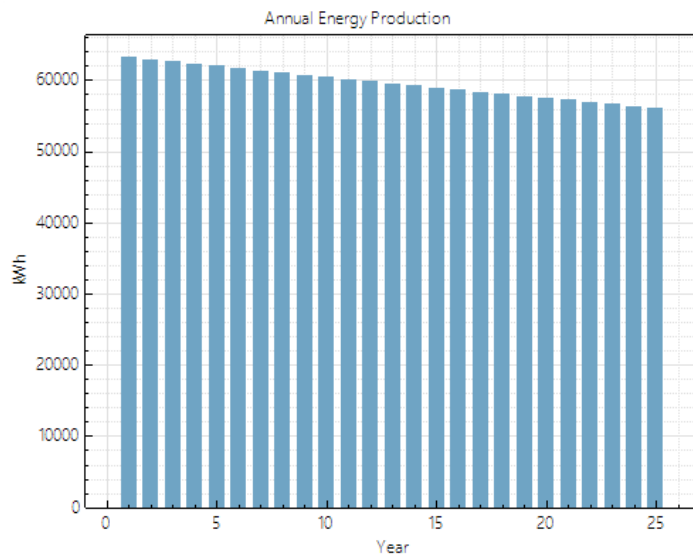
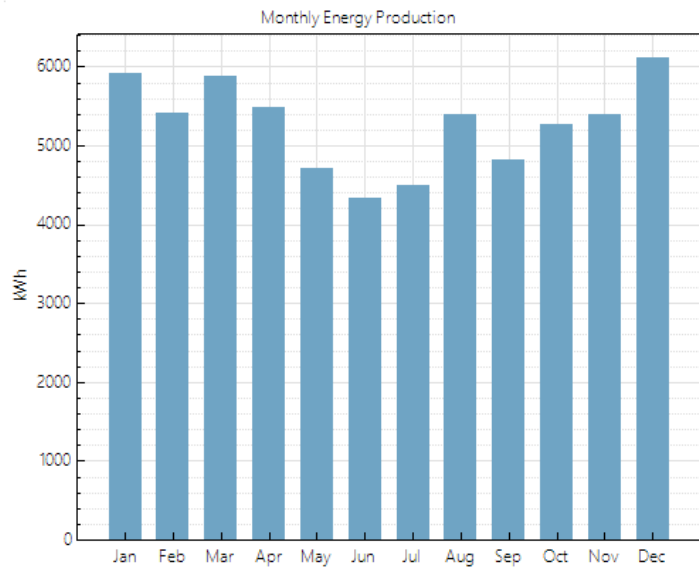


Fonte: Autor, *software* SAM versão 2017.9.5 (2023).

Por fim, na Figura 12, apresenta-se o relatório de geração e desempenho estimado para o sistema fotovoltaico instalado em Florianópolis - SC. O sistema nessa localidade possui um fator de capacidade de 15,6% e uma taxa de desempenho de 0,80. A estimativa é que o sistema gere aproximadamente 63.231 kWh ao longo de um ano de operação.

Figura 12 - Simulação do projeto pelo *software* SAM na cidade de Florianópolis - SC

Metric	Value
Annual energy (year 1)	63,231 kWh
Capacity factor (year 1)	15.6%
Energy yield (year 1)	1,367 kWh/kW
Performance ratio (year 1)	0.80
Levelized COE (nominal)	9.70 ¢/kWh
Levelized COE (real)	7.67 ¢/kWh

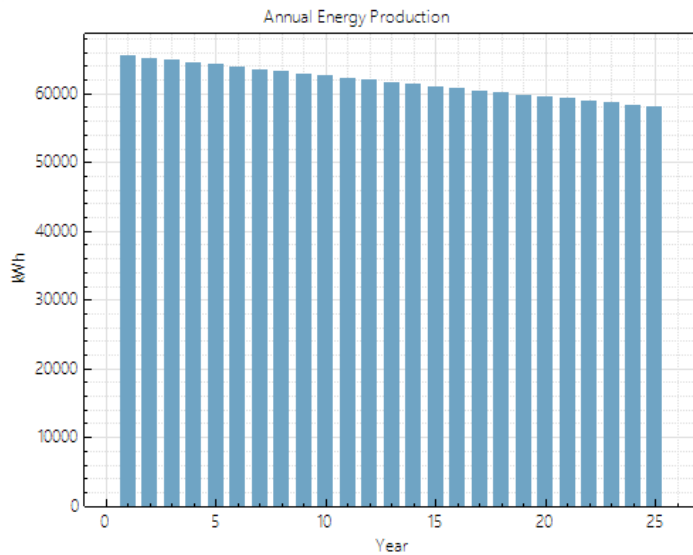
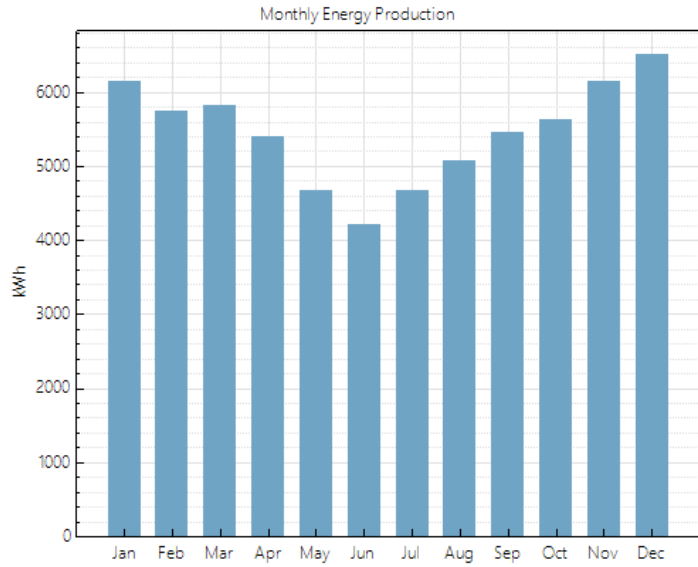


Fonte: Autor, *software* SAM versão 2017.9.5 (2023).

A Figura 13 exibe o relatório de geração e desempenho estimado para o sistema fotovoltaico instalado em Porto Alegre - RS. O sistema apresenta uma geração anual de aproximadamente 65.471 kWh. Possui um fator de capacidade de 16,2% e uma taxa de desempenho de 0,78.

Figura 13 - Simulação do projeto pelo *software* SAM na cidade de Porto Alegre - RS

Metric	Value
Annual energy (year 1)	65,471 kWh
Capacity factor (year 1)	16.2%
Energy yield (year 1)	1,416 kWh/kW
Performance ratio (year 1)	0.78
Levelized COE (nominal)	9.37 ¢/kWh
Levelized COE (real)	7.41 ¢/kWh

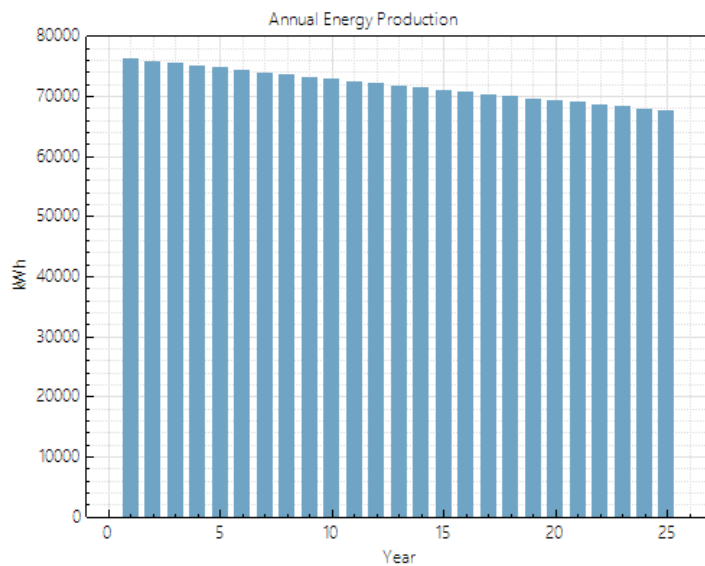
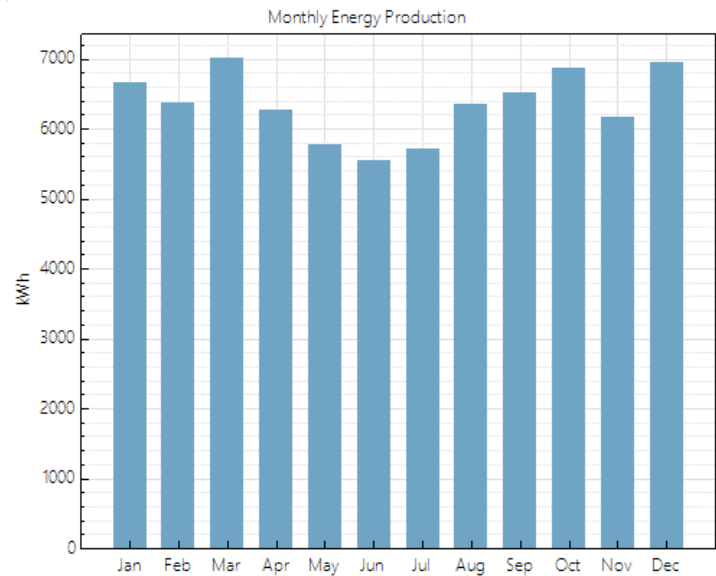


Fonte: Autor, *software* SAM versão 2017.9.5 (2023).

A Figura 14 ilustra o relatório de geração e desempenho estimado para o sistema fotovoltaico simulado na cidade de Salvador - BA. Nesse caso, a planta possui um fator de capacidade de 18,8% e uma taxa de desempenho de 0,79. Estima-se uma produção total ao final do primeiro ano de operação de aproximadamente 76.198 kWh.

Figura 14 - Simulação do projeto pelo *software* SAM na cidade de Salvador - BA

Metric	Value
Annual energy (year 1)	76,198 kWh
Capacity factor (year 1)	18.8%
Energy yield (year 1)	1,648 kWh/kW
Performance ratio (year 1)	0.79
Levelized COE (nominal)	8.05 €/kWh
Levelized COE (real)	6.37 €/kWh



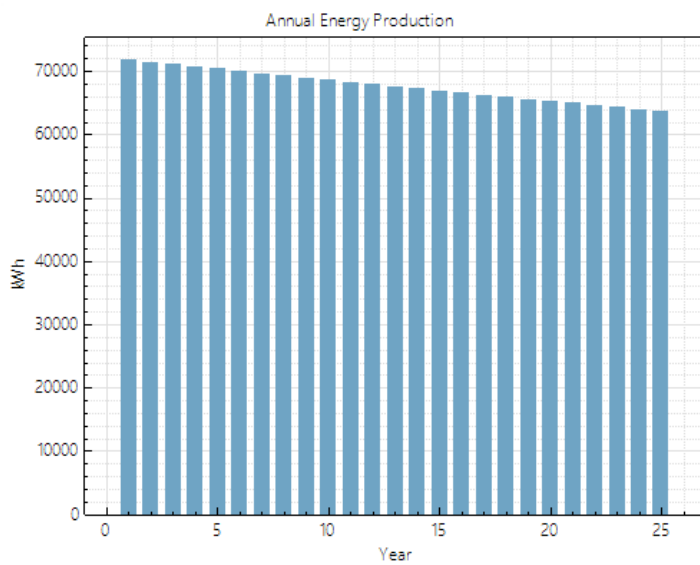
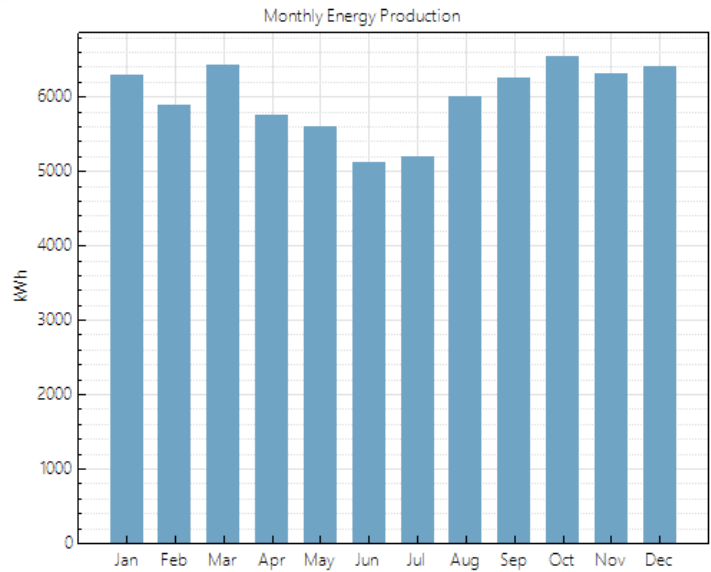
Fonte: Autor, *software* SAM versão 2017.9.5 (2023).



Na Figura 15, é apresentado o relatório de geração e desempenho previsto para o sistema fotovoltaico na cidade do Recife - PE. O sistema possui um fator de capacidade de 17,7% e uma taxa de desempenho de 0,80. Estima-se que o sistema gere aproximadamente 71.791 kWh ao longo de um ano de operação.

Figura 15 - Simulação do projeto pelo *software* SAM na cidade de Recife - PE

Metric	Value
Annual energy (year 1)	71,791 kWh
Capacity factor (year 1)	17.7%
Energy yield (year 1)	1,553 kWh/kW
Performance ratio (year 1)	0.80
Levelized COE (nominal)	8.54 €/kWh
Levelized COE (real)	6.76 €/kWh

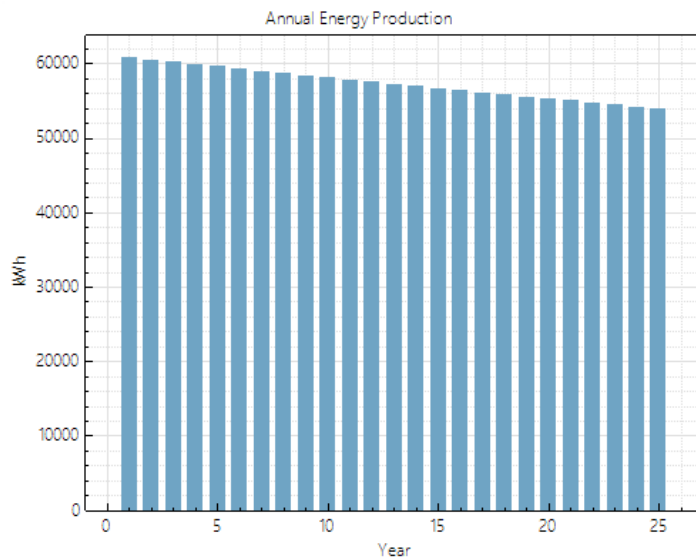
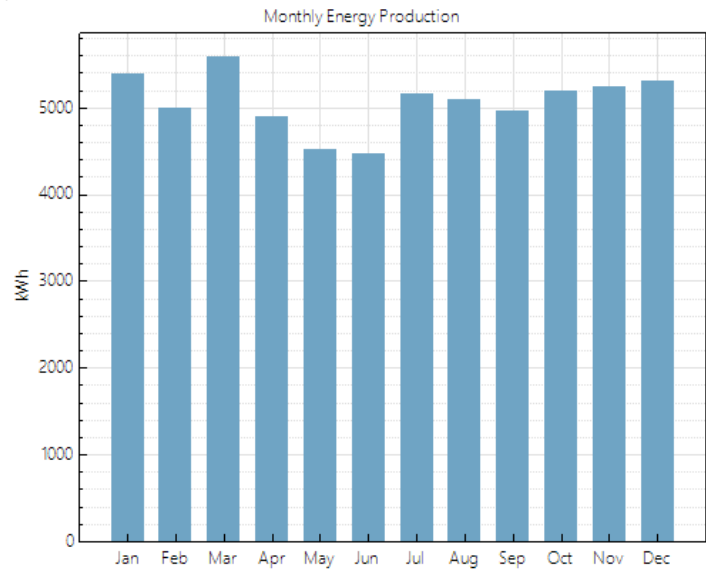


Fonte: Autor, *software* SAM versão 2017.9.5 (2023).

No relatório de geração e desempenho estimado para o sistema fotovoltaico instalado em Curitiba - PR, retratado na Figura 16, é destacado um fator de capacidade de 15% e uma taxa de desempenho de 0,80. Estima-se que o sistema gere aproximadamente 60.813 kWh ao longo de um ano de operação.

Figura 16 - Simulação do projeto pelo *software* SAM na cidade de Curitiba - PR

Metric	Value
Annual energy (year 1)	60,813 kWh
Capacity factor (year 1)	15.0%
Energy yield (year 1)	1,315 kWh/kW
Performance ratio (year 1)	0.80
Levelized COE (nominal)	10.08 ¢/kWh
Levelized COE (real)	7.98 ¢/kWh

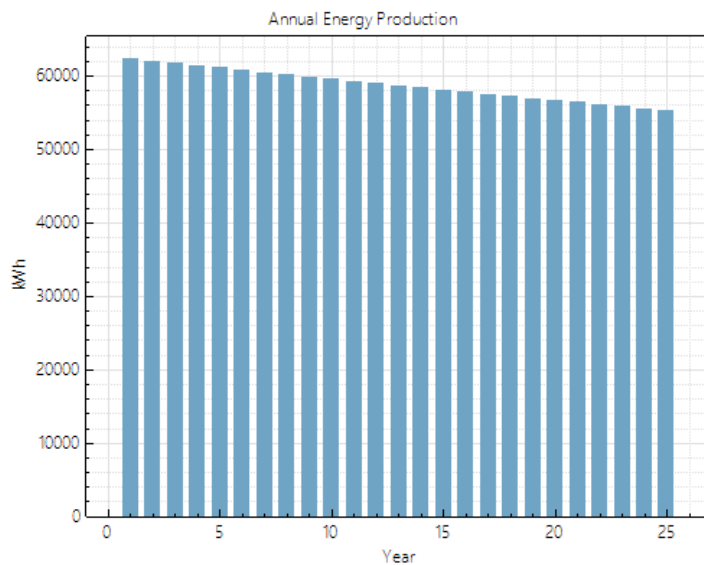
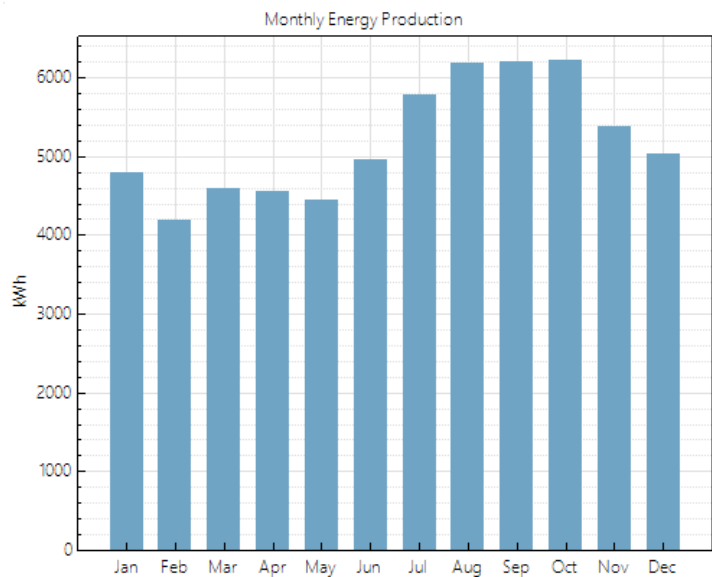


Fonte: Autor, *software* SAM versão 2017.9.5 (2023).

A Figura 17 mostra o relatório de geração e desempenho previsto para o sistema fotovoltaico na cidade de Manaus - AM. O sistema possui um fator de capacidade de 15,4% e uma taxa de desempenho de 0,79. Estima-se que o sistema gere aproximadamente 62.333 kWh ao longo de um ano de operação.

Figura 17 - Simulação do projeto pelo *software* SAM na cidade de Manaus - AM

Metric	Value
Annual energy (year 1)	62,333 kWh
Capacity factor (year 1)	15,4%
Energy yield (year 1)	1,348 kWh/kW
Performance ratio (year 1)	0,79
Levelized COE (nominal)	9,84 ¢/kWh
Levelized COE (real)	7,78 ¢/kWh



Fonte: Autor, *software* SAM versão 2017.9.5 (2023).

#### 4.7 Estudo de viabilidade técnica

Com base nos dados de produção de energia nas diferentes cidades e estados, observou-se uma variação significativa na capacidade de geração de energia elétrica. Cidades como São Paulo e Rio de Janeiro, embora não alcancem a demanda estipulada de 70.000 kWh, apresentam um potencial considerável devido ao seu tamanho populacional e à demanda energética. A implementação de sistemas solares nessas regiões mesmo que não supra a demanda total pode contribuir para reduzir custos e a dependência de fontes convencionais de energia.

Já nas cidades de Brasília e Belo Horizonte, notamos um desempenho melhor, com valores de produção de energia de 74.413 kWh e 74.042 kWh, respectivamente. Essas cidades têm características geográficas e climáticas favoráveis, o que as torna mais propensas a atender à demanda estipulada e se beneficiar da geração de energia solar.

Por outro lado, cidades como Florianópolis e Porto Alegre, localizadas na região Sul do país, apresentam valores intermediários de produção de energia (63.231 kWh e 65.471 kWh, respectivamente). Embora não atinjam a demanda estipulada, essas cidades também podem se beneficiar da implementação de sistemas solares para reduzir os custos energéticos e diminuir a dependência de fontes convencionais de energia.

Salvador e Recife se destacam com valores mais promissores de produção de energia, com 76.198 kWh e 71.791 kWh, respectivamente. Essas cidades, localizadas na região Nordeste do Brasil, apresentam um potencial significativo para se tornarem autossustentáveis em termos energéticos, aproveitando ao máximo a energia solar disponível na região.

Curitiba e Manaus, por outro lado, apresentam os valores mais baixos de produção de energia (60.813 kWh e 62.333 kWh, respectivamente).

O estudo das cidades revela que algumas regiões têm um potencial maior para tornarem-se autossustentáveis em termos energéticos. A localização geográfica e as características climáticas de cada região desempenham um papel importante na capacidade de geração de energia solar. No entanto, mesmo nas cidades que não atingem a demanda estipulada, a adoção de energia solar pode ser uma estratégia viável para reduzir os custos energéticos e diminuir a dependência de fontes não renováveis.

## **4.8 Estudo econômico**

A análise de viabilidade da planta em estudo envolve diversos aspectos essenciais. Entre eles, destacam-se o custo da energia, impostos locais, gastos com instalação e equipamentos, manutenção e a capacidade de produção de energia do local.

O custo da energia exerce um papel crucial nessa análise, impactando diretamente a lucratividade do projeto. Esse custo é influenciado pela fonte de energia utilizada, pelos contratos de fornecimento e pelos encargos setoriais. Dessa forma é necessário considerar as condições locais para uma avaliação precisa. Os impostos também desempenham um papel relevante na viabilidade da planta, variando de acordo com a legislação do país ou região em questão.

A manutenção é outro fator fundamental, incluindo operação regular, inspeções e ações preventivas e corretivas. Esses custos devem ser considerados ao longo da vida útil do projeto, impactando diretamente sua lucratividade. Uma gestão adequada da manutenção é essencial para garantir a eficiência operacional e minimizar custos não planejados.

Avaliar o potencial energético da região também é muito importante. Esse aspecto está relacionado à disponibilidade e ao potencial de geração de energia, considerando fatores como a incidência solar, a velocidade do vento ou outras fontes de energia renovável. Estudos técnicos e análises meteorológicas são utilizados para estimar a capacidade de geração e projetar a produção de energia ao longo do tempo.

Com base nesses dados, a análise de viabilidade permite avaliar o potencial de retorno do investimento ao longo da vida útil do projeto. Conceitos como a Taxa Interna de Retorno (TIR), o Valor Presente Líquido (VPL) e o *Payback* Descontado são utilizados na engenharia econômica para quantificar e comparar os benefícios financeiros do projeto, considerando o valor do dinheiro ao longo do tempo.

## **4.9 Análise do cenário nacional**

Considerando o cenário brasileiro atual, foram estabelecidas as seguintes premissas: A Taxa Mínima de Atratividade adotada foi de 13,75% ao ano. Essa taxa foi projetada levando em consideração a Taxa Selic e o contexto atual do país, caracterizado por juros elevados e a situação econômica de um país emergente.

A inflação projetada foi de 5,97% ao ano. Essa estimativa foi baseada na análise do histórico do Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA) nos últimos 20 anos no Brasil, onde se observou uma média anual de inflação de 5,97%.

Assim com relação ao aumento tarifário projetado, foi adotada uma taxa de 5,97% ao ano. Essa estimativa foi derivada da taxa de inflação mencionada anteriormente, indicando uma abordagem conservadora. Importante mencionar que dados divulgados pela Associação dos Grandes Consumidores Industriais de Energia e de Consumidores Livres (Abrace) evidenciam um aumento de 47% no custo da energia elétrica no Brasil nos últimos 5 anos.

Dessa forma, essa taxa projetada para o aumento tarifário reflete a tendência de incremento nos custos do setor energético, que tem sido observada recentemente. No entanto, é fundamental ressaltar que as projeções de aumento tarifário podem variar consideravelmente, dependendo de fatores como políticas governamentais, regulação setorial e condições econômicas específicas.

#### **4.10 Detalhamento dos custos do projeto fotovoltaico**

A estimativa do custo da usina fotovoltaica foi realizada com base em pesquisas e consultas a diversas empresas do mercado nacional de energia solar. Foram considerados os preços dos equipamentos, como módulos solares, inversores e materiais elétricos, bem como os custos relacionados a cabeamento, estruturas de fixação, dispositivos de proteção, projeto e mão de obra de instalação. Para a instalação da planta fotovoltaica em questão, o investimento inicial totalizou R\$ 207.990,00. Assim podendo ser calculado como base o valor de R\$ 4,50 por watt de potência instalada.

Foram considerados os preços dos equipamentos, como os módulos solares representando 38% do investimento, os inversores totalizando 28% e o material elétrico correspondendo a 12% do custo total. Além disso, foram incluídos os custos relacionados a cabeamento, estruturas de fixação que representam 8% do investimento, dispositivos de proteção e o projeto, documentação e engenharia que somam 9% do custo. A instalação e montagem, por sua vez, correspondem a 5% do investimento inicial total, que totalizou R\$ 207.990,00. Com base nesses números, o valor de R\$ 4,50 por watt de potência instalado pode ser calculado.

O custo anual do contrato de Operação e Manutenção (O&M) para usinas solares de mesmo porte é determinado com base em uma parcela do valor de instalação da planta. Nesse

sentido, foi adotado um percentual de 2,2% do valor total da usina, representando uma média dos custos encontrados no mercado.

A estimativa do custo da usina fotovoltaica foi realizada levando em consideração diferentes aspectos, excluindo valores relacionados à aquisição ou aluguel de terrenos, uma vez que todos os sistemas foram dimensionados para instalação em telhados.

#### 4.11 Detalhamento dos custos do projeto

Após a elaboração do fluxo de caixa para cada usina, foram detalhados os custos do sistema, e os resultados para cada uma das 10 plantas projetadas estão apresentados nas Tabelas de 1 a 10.

Tabela 1 - Análise financeira do projeto para a cidade de São Paulo - SP

ANO	GERACAO KWH	CUSTO KWH/A	RECEITA BRUTA	MANUTENÇÃO	RECEITA LÍQUIDA	VPL	PAYBACK DESCONTADO
0							-R\$ 207.990,00
1	66300,00	R\$ 0,88	R\$ 58.344,00	-R\$ 4.575,78	R\$ 53.768,22	R\$ 47.268,76	-R\$ 160.721,24
2	65968,50	R\$ 0,9325	R\$ 61.518,00	-R\$ 4.848,95	R\$ 56.669,05	R\$ 43.796,87	-R\$ 116.924,36
3	65638,70	R\$ 0,9882	R\$ 64.864,71	-R\$ 5.138,44	R\$ 59.726,28	R\$ 40.579,92	-R\$ 76.344,44
4	65310,50	R\$ 1,0472	R\$ 68.393,45	-R\$ 5.445,20	R\$ 62.948,24	R\$ 37.599,15	-R\$ 38.745,29
5	64983,90	R\$ 1,1097	R\$ 72.114,10	-R\$ 5.770,28	R\$ 66.343,82	R\$ 34.837,22	-R\$ 3.908,07
6	64659,00	R\$ 1,1760	R\$ 76.037,24	-R\$ 6.114,77	R\$ 69.922,47	R\$ 32.278,13	R\$ 28.370,05
7	64335,70	R\$ 1,2462	R\$ 80.173,77	-R\$ 6.479,82	R\$ 73.693,95	R\$ 29.906,94	R\$ 58.277,00
8	64014,00	R\$ 1,3206	R\$ 84.535,32	-R\$ 6.866,66	R\$ 77.668,65	R\$ 27.709,87	R\$ 85.986,87
9	63694,00	R\$ 1,3994	R\$ 89.134,26	-R\$ 7.276,60	R\$ 81.857,66	R\$ 25.674,19	R\$ 111.661,05
10	63375,50	R\$ 1,4830	R\$ 93.983,25	-R\$ 7.711,01	R\$ 86.272,24	R\$ 23.787,95	R\$ 135.449,00
11	63058,60	R\$ 1,5715	R\$ 99.096,05	-R\$ 8.171,36	R\$ 90.924,69	R\$ 22.040,24	R\$ 157.489,25
12	62743,30	R\$ 1,6653	R\$ 104.487,01	-R\$ 8.659,19	R\$ 95.827,82	R\$ 20.420,89	R\$ 177.910,14
13	62429,60	R\$ 1,7647	R\$ 110.171,29	-R\$ 9.176,15	R\$ 100.995,14	R\$ 18.920,48	R\$ 196.830,62
14	62117,50	R\$ 1,8701	R\$ 116.164,86	-R\$ 9.723,96	R\$ 106.440,90	R\$ 17.530,28	R\$ 214.360,90
15	61806,90	R\$ 1,9817	R\$ 122.484,38	-R\$ 10.304,48	R\$ 112.179,90	R\$ 16.242,17	R\$ 230.603,07
16	61497,80	R\$ 2,1000	R\$ 129.147,58	-R\$ 10.919,66	R\$ 118.227,92	R\$ 15.048,65	R\$ 245.651,72
17	61190,30	R\$ 2,2254	R\$ 136.173,38	-R\$ 11.571,56	R\$ 124.601,81	R\$ 13.942,81	R\$ 259.594,54
18	60884,40	R\$ 2,3583	R\$ 143.581,53	-R\$ 12.262,39	R\$ 131.319,15	R\$ 12.918,22	R\$ 272.512,76
19	60580,00	R\$ 2,4991	R\$ 151.392,64	-R\$ 12.994,45	R\$ 138.398,19	R\$ 11.968,89	R\$ 284.481,64
20	60277,10	R\$ 2,6482	R\$ 159.628,63	-R\$ 13.770,22	R\$ 145.858,41	R\$ 11.089,28	R\$ 295.570,92
21	59975,70	R\$ 2,8063	R\$ 168.312,62	-R\$ 14.592,30	R\$ 153.720,32	R\$ 10.274,29	R\$ 305.845,21
22	59675,80	R\$ 2,9739	R\$ 177.469,02	-R\$ 15.463,46	R\$ 162.005,55	R\$ 9.519,17	R\$ 315.364,38
23	59377,40	R\$ 3,1514	R\$ 187.123,53	-R\$ 16.386,63	R\$ 170.736,90	R\$ 8.819,52	R\$ 324.183,90
24	59080,50	R\$ 3,3396	R\$ 197.303,29	-R\$ 17.364,91	R\$ 179.938,38	R\$ 8.171,28	R\$ 332.355,18
25	58785,10	R\$ 3,5389	R\$ 208.036,89	-R\$ 18.401,60	R\$ 189.635,29	R\$ 7.570,67	R\$ 339.925,85

Fonte: Autores (2023).

Tabela 2 - Análise financeira do projeto para a cidade de Rio de Janeiro - RJ

ANO	GERACAO KWH	CUSTO KWH/A	RECEITA BRUTA	MANUTENÇÃO	RECEITA LÍQUIDA	VPL	PAYBACK DESCONTADO
0							-R\$ 207.990,00
1	66430,90	R\$ 0,93	R\$ 61.780,74	-R\$ 4.575,78	R\$ 57.204,96	R\$ 50.290,07	-R\$ 157.699,93
2	66098,70	R\$ 0,9855	R\$ 65.141,66	-R\$ 4.848,95	R\$ 60.292,70	R\$ 46.597,43	-R\$ 111.102,50
3	65768,20	R\$ 1,0444	R\$ 68.685,45	-R\$ 5.138,44	R\$ 63.547,02	R\$ 43.175,86	-R\$ 67.926,64
4	65439,40	R\$ 1,1067	R\$ 72.422,09	-R\$ 5.445,20	R\$ 66.976,89	R\$ 40.005,47	-R\$ 27.921,18
5	65112,20	R\$ 1,1728	R\$ 76.361,96	-R\$ 5.770,28	R\$ 70.591,68	R\$ 37.067,77	R\$ 9.146,60
6	64786,60	R\$ 1,2428	R\$ 80.516,11	-R\$ 6.114,77	R\$ 74.401,35	R\$ 34.345,70	R\$ 43.492,30
7	64462,70	R\$ 1,3170	R\$ 84.896,36	-R\$ 6.479,82	R\$ 78.416,54	R\$ 31.823,49	R\$ 75.315,79
8	64140,40	R\$ 1,3956	R\$ 89.514,86	-R\$ 6.866,66	R\$ 82.648,20	R\$ 29.486,43	R\$ 104.802,22
9	63819,70	R\$ 1,4789	R\$ 94.384,61	-R\$ 7.276,60	R\$ 87.108,01	R\$ 27.320,93	R\$ 132.123,14
10	63500,60	R\$ 1,5672	R\$ 99.519,27	-R\$ 7.711,01	R\$ 91.808,26	R\$ 25.314,40	R\$ 157.437,55
11	63183,10	R\$ 1,6608	R\$ 104.933,27	-R\$ 8.171,36	R\$ 96.761,91	R\$ 23.455,19	R\$ 180.892,74
12	62867,20	R\$ 1,7599	R\$ 110.641,83	-R\$ 8.659,19	R\$ 101.982,64	R\$ 21.732,48	R\$ 202.625,22
13	62552,80	R\$ 1,8650	R\$ 116.660,79	-R\$ 9.176,15	R\$ 107.484,64	R\$ 20.136,23	R\$ 222.761,45
14	62240,10	R\$ 1,9763	R\$ 123.007,44	-R\$ 9.723,99	R\$ 113.283,48	R\$ 18.657,22	R\$ 241.418,67
15	61928,90	R\$ 2,0943	R\$ 129.699,23	-R\$ 10.304,48	R\$ 119.394,75	R\$ 17.286,78	R\$ 258.705,45
16	61619,20	R\$ 2,2194	R\$ 136.754,94	-R\$ 10.919,66	R\$ 125.835,28	R\$ 16.016,95	R\$ 274.722,40
17	61311,10	R\$ 2,3519	R\$ 144.194,60	-R\$ 11.571,56	R\$ 132.623,04	R\$ 14.840,38	R\$ 289.562,79
18	61004,60	R\$ 2,4923	R\$ 152.039,14	-R\$ 12.262,39	R\$ 139.776,76	R\$ 13.750,22	R\$ 303.313,01
19	60699,60	R\$ 2,6410	R\$ 160.310,36	-R\$ 12.994,45	R\$ 147.315,91	R\$ 12.740,10	R\$ 316.053,11
20	60396,10	R\$ 2,7987	R\$ 169.031,48	-R\$ 13.770,22	R\$ 155.261,26	R\$ 11.804,16	R\$ 327.857,27
21	60094,10	R\$ 2,9658	R\$ 178.226,99	-R\$ 14.592,30	R\$ 163.634,69	R\$ 10.936,94	R\$ 338.794,21
22	59793,60	R\$ 3,1429	R\$ 187.922,71	-R\$ 15.463,46	R\$ 172.459,25	R\$ 10.133,41	R\$ 348.927,62
23	59494,60	R\$ 3,3305	R\$ 198.145,88	-R\$ 16.386,63	R\$ 181.759,25	R\$ 9.388,89	R\$ 358.316,51
24	59197,20	R\$ 3,5293	R\$ 208.925,57	-R\$ 17.364,91	R\$ 191.560,66	R\$ 8.699,07	R\$ 367.015,57
25	58901,20	R\$ 3,7400	R\$ 220.291,39	-R\$ 18.401,60	R\$ 201.889,79	R\$ 8.059,89	R\$ 375.075,46

Fonte: Autores (2023).

Tabela 3 - Análise financeira do projeto para a cidade de Brasília - DF

ANO	GERACAO KWH	CUSTO KWH/A	RECEITA BRUTA	MANUTENÇÃO	RECEITA LÍQUIDA	VPL	PAYBACK DESCONTADO
0							-R\$ 207.990,00
1	74412,80	R\$ 0,82	R\$ 61.018,50	-R\$ 4.575,78	R\$ 56.442,72	R\$ 49.619,97	-R\$ 158.370,03
2	74040,70	R\$ 0,8690	R\$ 64.337,96	-R\$ 4.848,95	R\$ 59.489,01	R\$ 45.976,29	-R\$ 112.393,74
3	73670,50	R\$ 0,9208	R\$ 67.838,05	-R\$ 5.138,44	R\$ 62.699,61	R\$ 42.600,10	-R\$ 69.793,64
4	73302,20	R\$ 0,9758	R\$ 71.528,59	-R\$ 5.445,20	R\$ 66.083,39	R\$ 39.471,78	-R\$ 30.321,86
5	72935,70	R\$ 1,0341	R\$ 75.419,86	-R\$ 5.770,28	R\$ 69.649,58	R\$ 36.573,08	R\$ 6.251,22
6	72571,00	R\$ 1,0958	R\$ 79.522,79	-R\$ 6.114,77	R\$ 73.408,03	R\$ 33.887,16	R\$ 40.138,37
7	72208,10	R\$ 1,1612	R\$ 83.848,90	-R\$ 6.479,82	R\$ 77.369,08	R\$ 31.398,41	R\$ 71.536,78
8	71847,10	R\$ 1,2305	R\$ 88.410,46	-R\$ 6.866,66	R\$ 81.543,80	R\$ 29.092,41	R\$ 100.629,19
9	71487,90	R\$ 1,3040	R\$ 93.220,16	-R\$ 7.276,60	R\$ 85.943,56	R\$ 26.955,71	R\$ 127.584,89
10	71130,40	R\$ 1,3818	R\$ 98.291,40	-R\$ 7.711,01	R\$ 90.580,38	R\$ 24.975,84	R\$ 152.560,73
11	70774,80	R\$ 1,4643	R\$ 103.638,67	-R\$ 8.171,36	R\$ 95.467,31	R\$ 23.141,38	R\$ 175.702,11
12	70420,90	R\$ 1,5518	R\$ 109.276,73	-R\$ 8.659,19	R\$ 100.617,54	R\$ 21.441,58	R\$ 197.143,69
13	70068,80	R\$ 1,6444	R\$ 115.221,56	-R\$ 9.176,15	R\$ 106.045,41	R\$ 19.866,60	R\$ 217.010,30
14	69718,40	R\$ 1,7426	R\$ 121.489,69	-R\$ 9.723,96	R\$ 111.765,72	R\$ 18.407,25	R\$ 235.417,55
15	69369,90	R\$ 1,8466	R\$ 128.099,08	-R\$ 10.304,48	R\$ 117.794,59	R\$ 17.055,10	R\$ 252.472,65
16	69023,00	R\$ 1,9569	R\$ 135.067,76	-R\$ 10.919,66	R\$ 124.148,10	R\$ 15.802,20	R\$ 268.274,85
17	68677,90	R\$ 2,0737	R\$ 142.415,68	-R\$ 11.571,56	R\$ 130.844,12	R\$ 14.641,32	R\$ 282.916,17
18	68334,50	R\$ 2,1975	R\$ 150.163,28	-R\$ 12.262,39	R\$ 137.900,90	R\$ 13.565,69	R\$ 296.481,86
19	67992,80	R\$ 2,3287	R\$ 158.332,33	-R\$ 12.994,45	R\$ 145.337,88	R\$ 12.569,04	R\$ 309.050,90
20	67652,90	R\$ 2,4677	R\$ 166.946,00	-R\$ 13.770,22	R\$ 153.175,78	R\$ 11.645,60	R\$ 320.696,50
21	67314,60	R\$ 2,6150	R\$ 176.028,02	-R\$ 14.592,30	R\$ 161.435,72	R\$ 10.789,97	R\$ 331.486,47
22	66978,00	R\$ 2,7711	R\$ 185.604,14	-R\$ 15.463,46	R\$ 170.140,67	R\$ 9.997,17	R\$ 341.483,64
23	66643,10	R\$ 2,9366	R\$ 195.701,25	-R\$ 16.386,63	R\$ 179.314,62	R\$ 9.262,61	R\$ 350.746,25
24	66309,90	R\$ 3,1119	R\$ 206.347,74	-R\$ 17.364,91	R\$ 188.982,83	R\$ 8.582,00	R\$ 359.328,26
25	65978,40	R\$ 3,2976	R\$ 217.573,53	-R\$ 18.401,60	R\$ 199.171,93	R\$ 7.951,39	R\$ 367.279,65

Fonte: Autores (2023).



Tabela 4 - Análise financeira do projeto para a cidade de Belo Horizonte - MG

ANO	GERACAO KWH	CUSTO KWH/A	RECEITA BRUTA	MANUTENÇÃO	RECEITA LÍQUIDA	VPL	PAYBACK DESCONTADO
0							-R\$ 207.990,00
1	74412,80	R\$ 0,83	R\$ 61.762,62	-R\$ 4.575,78	R\$ 57.186,84	R\$ 50.274,15	-R\$ 157.715,85
2	74040,70	R\$ 0,8796	R\$ 65.122,57	-R\$ 4.848,95	R\$ 60.273,62	R\$ 46.582,68	-R\$ 111.133,17
3	73670,50	R\$ 0,9321	R\$ 68.665,34	-R\$ 5.138,44	R\$ 63.526,90	R\$ 43.162,19	-R\$ 67.970,98
4	73302,20	R\$ 0,9877	R\$ 72.400,89	-R\$ 5.445,20	R\$ 66.955,69	R\$ 39.992,80	-R\$ 27.978,18
5	72935,70	R\$ 1,0467	R\$ 76.339,62	-R\$ 5.770,28	R\$ 70.569,34	R\$ 37.056,04	R\$ 9.077,86
6	72571,00	R\$ 1,1092	R\$ 80.492,58	-R\$ 6.114,77	R\$ 74.377,82	R\$ 34.334,84	R\$ 43.412,70
7	72208,10	R\$ 1,1754	R\$ 84.871,45	-R\$ 6.479,82	R\$ 78.391,63	R\$ 31.813,38	R\$ 75.226,08
8	71847,10	R\$ 1,2455	R\$ 89.488,63	-R\$ 6.866,66	R\$ 82.621,97	R\$ 29.477,07	R\$ 104.703,15
9	71487,90	R\$ 1,3199	R\$ 94.357,00	-R\$ 7.276,60	R\$ 87.080,39	R\$ 27.312,27	R\$ 132.015,42
10	71130,40	R\$ 1,3987	R\$ 99.490,07	-R\$ 7.711,01	R\$ 91.779,06	R\$ 25.306,35	R\$ 157.321,77
11	70774,80	R\$ 1,4822	R\$ 104.902,56	-R\$ 8.171,36	R\$ 96.731,20	R\$ 23.447,75	R\$ 180.769,52
12	70420,90	R\$ 1,5707	R\$ 110.609,38	-R\$ 8.659,19	R\$ 101.950,18	R\$ 21.725,57	R\$ 202.495,09
13	70068,80	R\$ 1,6645	R\$ 116.626,70	-R\$ 9.176,15	R\$ 107.450,55	R\$ 20.129,84	R\$ 222.624,93
14	69718,40	R\$ 1,7638	R\$ 122.971,27	-R\$ 9.723,96	R\$ 113.247,31	R\$ 18.651,26	R\$ 241.276,19
15	69369,90	R\$ 1,8691	R\$ 129.661,26	-R\$ 10.304,48	R\$ 119.356,78	R\$ 17.281,28	R\$ 258.557,47
16	69023,00	R\$ 1,9807	R\$ 136.714,93	-R\$ 10.919,66	R\$ 125.795,27	R\$ 16.011,86	R\$ 274.569,34
17	68677,90	R\$ 2,0990	R\$ 144.152,46	-R\$ 11.571,56	R\$ 132.580,89	R\$ 14.835,67	R\$ 289.405,00
18	68334,50	R\$ 2,2243	R\$ 151.994,54	-R\$ 12.262,39	R\$ 139.732,16	R\$ 13.745,83	R\$ 303.150,84
19	67992,80	R\$ 2,3571	R\$ 160.263,21	-R\$ 12.994,45	R\$ 147.268,76	R\$ 12.736,03	R\$ 315.886,86
20	67652,90	R\$ 2,4978	R\$ 168.981,93	-R\$ 13.770,22	R\$ 155.211,71	R\$ 11.800,39	R\$ 327.687,25
21	67314,60	R\$ 2,6469	R\$ 178.174,71	-R\$ 14.592,30	R\$ 163.582,40	R\$ 10.933,45	R\$ 338.620,70
22	66978,00	R\$ 2,8049	R\$ 187.867,60	-R\$ 15.463,46	R\$ 172.404,14	R\$ 10.130,17	R\$ 348.750,87
23	66643,10	R\$ 2,9724	R\$ 198.087,85	-R\$ 16.386,63	R\$ 181.701,22	R\$ 9.385,89	R\$ 358.136,76
24	66309,90	R\$ 3,1498	R\$ 208.864,18	-R\$ 17.364,91	R\$ 191.499,26	R\$ 8.696,28	R\$ 366.833,04
25	65978,40	R\$ 3,3379	R\$ 220.226,86	-R\$ 18.401,60	R\$ 201.825,27	R\$ 8.057,32	R\$ 374.890,35

Fonte: Autores (2023).

Tabela 5 - Análise financeira do projeto para a cidade de Florianópolis - SC

ANO	GERACAO KWH	CUSTO KWH/A	RECEITA BRUTA	MANUTENÇÃO	RECEITA LÍQUIDA	VPL	PAYBACK DESCONTADO
0							-R\$ 207.990,00
1	63230,60	R\$ 0,72	R\$ 45.526,03	-R\$ 4.575,78	R\$ 40.950,25	R\$ 36.000,22	-R\$ 171.989,78
2	62914,40	R\$ 0,7630	R\$ 48.002,68	-R\$ 4.848,95	R\$ 43.153,73	R\$ 33.351,51	-R\$ 138.638,27
3	62599,80	R\$ 0,8085	R\$ 50.614,08	-R\$ 5.138,44	R\$ 45.475,64	R\$ 30.897,59	-R\$ 107.740,68
4	62286,80	R\$ 0,8568	R\$ 53.367,56	-R\$ 5.445,20	R\$ 47.922,36	R\$ 28.624,15	-R\$ 79.116,53
5	61975,40	R\$ 0,9080	R\$ 56.270,86	-R\$ 5.770,28	R\$ 50.500,58	R\$ 26.517,91	-R\$ 52.598,62
6	61665,50	R\$ 0,9622	R\$ 59.332,06	-R\$ 6.114,77	R\$ 53.217,29	R\$ 24.566,56	-R\$ 28.032,06
7	61357,20	R\$ 1,0196	R\$ 62.559,84	-R\$ 6.479,82	R\$ 56.080,02	R\$ 22.758,75	-R\$ 5.273,31
8	61050,40	R\$ 1,0805	R\$ 65.963,17	-R\$ 6.866,66	R\$ 59.096,51	R\$ 21.083,88	R\$ 15.810,57
9	60745,20	R\$ 1,1450	R\$ 69.551,73	-R\$ 7.276,60	R\$ 62.275,13	R\$ 19.532,24	R\$ 35.342,81
10	60441,40	R\$ 1,2133	R\$ 73.335,36	-R\$ 7.711,01	R\$ 65.624,34	R\$ 18.094,68	R\$ 53.437,49
11	60139,20	R\$ 1,2858	R\$ 77.324,92	-R\$ 8.171,36	R\$ 69.153,56	R\$ 16.762,90	R\$ 70.200,39
12	59838,50	R\$ 1,3625	R\$ 81.531,51	-R\$ 8.659,19	R\$ 72.872,31	R\$ 15.529,08	R\$ 85.729,47
13	59539,30	R\$ 1,4439	R\$ 85.966,93	-R\$ 9.176,15	R\$ 76.790,79	R\$ 14.386,03	R\$ 100.115,49
14	59241,60	R\$ 1,5301	R\$ 90.643,66	-R\$ 9.723,96	R\$ 80.919,70	R\$ 13.327,07	R\$ 113.442,56
15	58945,40	R\$ 1,6214	R\$ 95.574,82	-R\$ 10.304,48	R\$ 85.270,34	R\$ 12.346,02	R\$ 125.788,58
16	58650,70	R\$ 1,7182	R\$ 100.774,28	-R\$ 10.919,66	R\$ 89.854,62	R\$ 11.437,15	R\$ 137.225,73
17	58357,40	R\$ 1,8208	R\$ 106.256,47	-R\$ 11.571,56	R\$ 94.684,90	R\$ 10.595,14	R\$ 147.820,87
18	58065,70	R\$ 1,9295	R\$ 112.037,15	-R\$ 12.262,39	R\$ 99.774,76	R\$ 9.815,12	R\$ 157.635,99
19	57775,30	R\$ 2,0447	R\$ 118.131,99	-R\$ 12.994,45	R\$ 105.137,54	R\$ 9.092,45	R\$ 166.728,44
20	57486,50	R\$ 2,1667	R\$ 124.558,71	-R\$ 13.770,22	R\$ 110.788,49	R\$ 8.423,00	R\$ 175.151,44
21	57199,00	R\$ 2,2961	R\$ 131.334,74	-R\$ 14.592,30	R\$ 116.742,44	R\$ 7.802,78	R\$ 182.954,21
22	56913,00	R\$ 2,4332	R\$ 138.479,53	-R\$ 15.463,46	R\$ 123.016,07	R\$ 7.228,21	R\$ 190.182,43
23	56628,50	R\$ 2,5784	R\$ 146.013,20	-R\$ 16.386,63	R\$ 129.626,57	R\$ 6.695,94	R\$ 196.878,37
24	56345,30	R\$ 2,7324	R\$ 153.956,38	-R\$ 17.364,91	R\$ 136.591,46	R\$ 6.202,83	R\$ 203.081,20
25	56063,60	R\$ 2,8955	R\$ 162.331,91	-R\$ 18.401,60	R\$ 143.930,31	R\$ 5.746,02	R\$ 208.827,22

Fonte: Autores (2023).

Tabela 6 - Análise financeira do projeto para a cidade de Porto Alegre - RS

ANO	GERACAO KWH	CUSTO KWH/A	RECEITA BRUTA	MANUTENÇÃO	RECEITA LÍQUIDA	VPL	PAYBACK DESCONTADO
0							-R\$ 207.990,00
1	65471,40	R\$ 0,76	R\$ 49.758,26	-R\$ 4.575,78	R\$ 45.182,48	R\$ 39.720,87	-R\$ 168.269,13
2	65144,00	R\$ 0,8054	R\$ 52.465,15	-R\$ 4.848,95	R\$ 47.616,20	R\$ 36.800,35	-R\$ 131.468,79
3	64818,30	R\$ 0,8535	R\$ 55.319,35	-R\$ 5.138,44	R\$ 50.180,92	R\$ 34.094,50	-R\$ 97.374,28
4	64494,20	R\$ 0,9044	R\$ 58.328,80	-R\$ 5.445,20	R\$ 52.883,60	R\$ 31.587,51	-R\$ 65.786,77
5	64171,70	R\$ 0,9584	R\$ 61.501,95	-R\$ 5.770,28	R\$ 55.731,67	R\$ 29.264,76	-R\$ 36.522,01
6	63850,90	R\$ 1,0156	R\$ 64.847,81	-R\$ 6.114,77	R\$ 58.733,04	R\$ 27.112,78	-R\$ 9.409,23
7	63531,60	R\$ 1,0762	R\$ 68.375,57	-R\$ 6.479,82	R\$ 61.895,76	R\$ 25.118,92	R\$ 15.709,70
8	63214,00	R\$ 1,1405	R\$ 72.095,37	-R\$ 6.866,66	R\$ 65.228,71	R\$ 23.271,67	R\$ 38.981,37
9	62897,90	R\$ 1,2086	R\$ 76.017,44	-R\$ 7.276,60	R\$ 68.740,83	R\$ 21.560,17	R\$ 60.541,53
10	62583,40	R\$ 1,2807	R\$ 80.152,88	-R\$ 7.711,01	R\$ 72.441,87	R\$ 19.974,49	R\$ 80.516,02
11	62270,50	R\$ 1,3572	R\$ 84.513,34	-R\$ 8.171,36	R\$ 76.341,98	R\$ 18.505,38	R\$ 99.021,40
12	61959,10	R\$ 1,4382	R\$ 89.110,93	-R\$ 8.659,19	R\$ 80.451,74	R\$ 17.144,25	R\$ 116.165,65
13	61649,30	R\$ 1,5241	R\$ 93.958,69	-R\$ 9.176,15	R\$ 84.782,54	R\$ 15.883,21	R\$ 132.048,86
14	61341,10	R\$ 1,6151	R\$ 99.070,26	-R\$ 9.723,96	R\$ 89.346,30	R\$ 14.714,89	R\$ 146.763,74
15	61034,40	R\$ 1,7115	R\$ 104.459,84	-R\$ 10.304,48	R\$ 94.155,36	R\$ 13.632,45	R\$ 160.396,19
16	60729,20	R\$ 1,8137	R\$ 110.142,56	-R\$ 10.919,66	R\$ 99.222,90	R\$ 12.629,60	R\$ 173.025,79
17	60425,60	R\$ 1,9219	R\$ 116.134,57	-R\$ 11.571,56	R\$ 104.563,00	R\$ 11.700,49	R\$ 184.726,28
18	60123,40	R\$ 2,0367	R\$ 122.452,32	-R\$ 12.262,39	R\$ 110.189,93	R\$ 10.839,68	R\$ 195.565,97
19	59822,80	R\$ 2,1583	R\$ 129.113,94	-R\$ 12.994,45	R\$ 116.119,49	R\$ 10.042,19	R\$ 205.608,15
20	59523,70	R\$ 2,2871	R\$ 136.137,97	-R\$ 13.770,22	R\$ 122.367,75	R\$ 9.303,34	R\$ 214.911,49
21	59226,10	R\$ 2,4237	R\$ 143.544,12	-R\$ 14.592,30	R\$ 128.951,82	R\$ 8.618,82	R\$ 223.530,32
22	58930,00	R\$ 2,5684	R\$ 151.353,22	-R\$ 15.463,46	R\$ 135.889,75	R\$ 7.984,65	R\$ 231.514,97
23	58635,30	R\$ 2,7217	R\$ 159.586,92	-R\$ 16.386,63	R\$ 143.200,29	R\$ 7.397,10	R\$ 238.912,07
24	58342,10	R\$ 2,8842	R\$ 168.268,62	-R\$ 17.364,91	R\$ 150.903,71	R\$ 6.852,77	R\$ 245.764,84
25	58050,40	R\$ 3,0564	R\$ 177.422,72	-R\$ 18.401,60	R\$ 159.021,12	R\$ 6.348,48	R\$ 252.113,32

Fonte: Autores (2023).

Tabela 7 - Análise financeira do projeto para a cidade de Salvador - BA

ANO	GERACAO KWH	CUSTO KWH/A	RECEITA BRUTA	MANUTENÇÃO	RECEITA LÍQUIDA	VPL	PAYBACK DESCONTADO
0							-R\$ 207.990,00
1	76198,10	R\$ 0,75	R\$ 57.148,58	-R\$ 4.575,78	R\$ 52.572,80	R\$ 46.217,84	-R\$ 161.772,16
2	75817,10	R\$ 0,7948	R\$ 60.257,54	-R\$ 4.848,95	R\$ 55.408,58	R\$ 42.822,72	-R\$ 118.949,44
3	75438,00	R\$ 0,8422	R\$ 63.535,62	-R\$ 5.138,44	R\$ 58.397,19	R\$ 39.676,90	-R\$ 79.272,54
4	75060,80	R\$ 0,8925	R\$ 66.992,05	-R\$ 5.445,20	R\$ 61.546,85	R\$ 36.762,09	-R\$ 42.510,45
5	74685,50	R\$ 0,9458	R\$ 70.636,52	-R\$ 5.770,28	R\$ 64.866,24	R\$ 34.061,34	-R\$ 8.449,12
6	74312,10	R\$ 1,0022	R\$ 74.479,28	-R\$ 6.114,77	R\$ 68.364,51	R\$ 31.558,93	R\$ 23.109,82
7	73940,50	R\$ 1,0621	R\$ 78.531,02	-R\$ 6.479,82	R\$ 72.051,21	R\$ 29.240,27	R\$ 52.350,09
8	73570,80	R\$ 1,1255	R\$ 82.803,23	-R\$ 6.866,66	R\$ 75.936,57	R\$ 27.091,92	R\$ 79.442,01
9	73203,00	R\$ 1,1927	R\$ 87.307,92	-R\$ 7.276,60	R\$ 80.031,31	R\$ 25.101,36	R\$ 104.543,37
10	72837,00	R\$ 1,2639	R\$ 92.057,62	-R\$ 7.711,01	R\$ 84.346,60	R\$ 23.256,99	R\$ 127.800,36
11	72472,80	R\$ 1,3393	R\$ 97.065,67	-R\$ 8.171,36	R\$ 88.894,31	R\$ 21.548,08	R\$ 149.348,43
12	72110,40	R\$ 1,4193	R\$ 102.346,13	-R\$ 8.659,19	R\$ 93.686,94	R\$ 19.964,67	R\$ 169.313,11
13	71749,90	R\$ 1,5040	R\$ 107.914,00	-R\$ 9.176,15	R\$ 98.737,85	R\$ 18.497,60	R\$ 187.810,71
14	71391,10	R\$ 1,5938	R\$ 113.784,60	-R\$ 9.723,96	R\$ 104.060,64	R\$ 17.138,26	R\$ 204.948,97
15	71034,20	R\$ 1,6890	R\$ 119.974,75	-R\$ 10.304,48	R\$ 109.670,26	R\$ 15.878,80	R\$ 220.827,78
16	70679,00	R\$ 1,7898	R\$ 126.501,50	-R\$ 10.919,66	R\$ 115.581,84	R\$ 14.711,84	R\$ 235.539,62
17	70325,60	R\$ 1,8967	R\$ 133.383,36	-R\$ 11.571,56	R\$ 121.811,80	R\$ 13.630,62	R\$ 249.170,23
18	69974,00	R\$ 2,0099	R\$ 140.639,67	-R\$ 12.262,39	R\$ 128.377,29	R\$ 12.628,82	R\$ 261.799,06
19	69624,10	R\$ 2,1299	R\$ 148.290,62	-R\$ 12.994,45	R\$ 135.296,17	R\$ 11.700,62	R\$ 273.499,68
20	69276,00	R\$ 2,2570	R\$ 156.357,90	-R\$ 13.770,22	R\$ 142.587,68	R\$ 10.840,61	R\$ 284.340,29
21	68929,60	R\$ 2,3918	R\$ 164.863,95	-R\$ 14.592,30	R\$ 150.271,65	R\$ 10.043,79	R\$ 294.384,08
22	68585,00	R\$ 2,5346	R\$ 173.832,92	-R\$ 15.463,46	R\$ 158.369,46	R\$ 9.305,52	R\$ 303.689,60
23	68242,00	R\$ 2,6859	R\$ 183.289,49	-R\$ 16.386,63	R\$ 166.902,86	R\$ 8.621,47	R\$ 312.311,07
24	67900,80	R\$ 2,8462	R\$ 193.260,74	-R\$ 17.364,91	R\$ 175.895,83	R\$ 7.987,70	R\$ 320.298,77
25	67561,30	R\$ 3,0161	R\$ 203.774,43	-R\$ 18.401,60	R\$ 185.372,83	R\$ 7.400,50	R\$ 327.699,27

Fonte: Autores (2023).

Tabela 8 - Análise financeira do projeto para a cidade de Recife - Pe

ANO	GERACAO KWH	CUSTO KWH/A	RECEITA BRUTA	MANUTENÇÃO	RECEITA LÍQUIDA	VPL	PAYBACK DESCONTADO
0							-R\$ 207.990,00
1	71791,10	R\$ 0,71	R\$ 50.971,68	-R\$ 4.575,78	R\$ 46.395,90	R\$ 40.787,61	-R\$ 167.202,39
2	71432,20	R\$ 0,7524	R\$ 53.744,66	-R\$ 4.848,95	R\$ 48.895,70	R\$ 37.789,22	-R\$ 129.413,18
3	71075,00	R\$ 0,7973	R\$ 56.668,42	-R\$ 5.138,44	R\$ 51.529,98	R\$ 35.011,10	-R\$ 94.402,08
4	70719,60	R\$ 0,8449	R\$ 59.751,24	-R\$ 5.445,20	R\$ 54.306,04	R\$ 32.437,14	-R\$ 61.964,94
5	70366,10	R\$ 0,8953	R\$ 63.001,89	-R\$ 5.770,28	R\$ 57.231,61	R\$ 30.052,38	-R\$ 31.912,55
6	70014,20	R\$ 0,9488	R\$ 66.429,22	-R\$ 6.114,77	R\$ 60.314,45	R\$ 27.842,80	-R\$ 4.069,75
7	69664,10	R\$ 1,0054	R\$ 70.043,04	-R\$ 6.479,82	R\$ 63.563,22	R\$ 25.795,63	R\$ 21.725,88
8	69315,80	R\$ 1,0655	R\$ 73.853,51	-R\$ 6.866,66	R\$ 66.986,85	R\$ 23.898,92	R\$ 45.624,80
9	68969,30	R\$ 1,1291	R\$ 77.871,34	-R\$ 7.276,60	R\$ 70.594,74	R\$ 22.141,63	R\$ 67.766,43
10	68624,40	R\$ 1,1965	R\$ 82.107,59	-R\$ 7.711,01	R\$ 74.396,58	R\$ 20.513,46	R\$ 88.279,89
11	68281,30	R\$ 1,2679	R\$ 86.574,40	-R\$ 8.171,36	R\$ 78.403,03	R\$ 19.004,98	R\$ 107.284,87
12	67939,90	R\$ 1,3436	R\$ 91.284,18	-R\$ 8.659,19	R\$ 82.624,99	R\$ 17.607,37	R\$ 124.892,24
13	67600,20	R\$ 1,4238	R\$ 96.250,18	-R\$ 9.176,15	R\$ 87.074,03	R\$ 16.312,49	R\$ 141.204,74
14	67262,20	R\$ 1,5088	R\$ 101.486,33	-R\$ 9.723,96	R\$ 91.762,37	R\$ 15.112,80	R\$ 156.317,54
15	66925,90	R\$ 1,5989	R\$ 107.007,36	-R\$ 10.304,48	R\$ 96.702,88	R\$ 14.001,30	R\$ 170.318,84
16	66591,20	R\$ 1,6943	R\$ 112.828,60	-R\$ 10.919,66	R\$ 101.908,94	R\$ 12.971,49	R\$ 183.290,32
17	66258,30	R\$ 1,7955	R\$ 118.966,75	-R\$ 11.571,56	R\$ 107.395,18	R\$ 12.017,41	R\$ 195.307,73
18	65927,00	R\$ 1,9027	R\$ 125.438,70	-R\$ 12.262,39	R\$ 113.176,31	R\$ 11.133,46	R\$ 206.441,20
19	65597,40	R\$ 2,0163	R\$ 132.262,82	-R\$ 12.994,45	R\$ 119.268,37	R\$ 10.314,51	R\$ 216.755,71
20	65269,40	R\$ 2,1367	R\$ 139.458,09	-R\$ 13.770,22	R\$ 125.687,87	R\$ 9.555,76	R\$ 226.311,47
21	64943,00	R\$ 2,2642	R\$ 147.044,70	-R\$ 14.592,30	R\$ 132.452,40	R\$ 8.852,79	R\$ 235.164,26
22	64618,30	R\$ 2,3994	R\$ 155.044,19	-R\$ 15.463,46	R\$ 139.580,73	R\$ 8.201,52	R\$ 243.365,78
23	64295,20	R\$ 2,5426	R\$ 163.478,81	-R\$ 16.386,63	R\$ 147.092,17	R\$ 7.598,14	R\$ 250.963,92
24	63973,70	R\$ 2,6944	R\$ 172.372,23	-R\$ 17.364,91	R\$ 155.007,32	R\$ 7.039,12	R\$ 258.003,05
25	63653,90	R\$ 2,8553	R\$ 181.749,74	-R\$ 18.401,60	R\$ 163.348,14	R\$ 6.521,22	R\$ 264.524,27

Fonte: Autores (2023).

Tabela 9 - Análise financeira do projeto para a cidade de Curitiba - PR

ANO	GERACAO KWH	CUSTO KWH/A	RECEITA BRUTA	MANUTENÇÃO	RECEITA LÍQUIDA	VPL	PAYBACK DESCONTADO
0							-R\$ 207.990,00
1	60812,50	R\$ 0,70	R\$ 42.568,75	-R\$ 4.575,78	R\$ 37.992,97	R\$ 33.400,41	-R\$ 174.589,59
2	60508,50	R\$ 0,7418	R\$ 44.884,60	-R\$ 4.848,95	R\$ 40.035,65	R\$ 30.941,69	-R\$ 143.647,90
3	60205,90	R\$ 0,7861	R\$ 47.326,34	-R\$ 5.138,44	R\$ 42.187,91	R\$ 28.663,80	-R\$ 114.984,10
4	59904,90	R\$ 0,8330	R\$ 49.900,99	-R\$ 5.445,20	R\$ 44.455,79	R\$ 26.553,56	-R\$ 88.430,54
5	59605,40	R\$ 0,8827	R\$ 52.615,70	-R\$ 5.770,28	R\$ 46.845,42	R\$ 24.598,59	-R\$ 63.831,95
6	59307,30	R\$ 0,9354	R\$ 55.478,01	-R\$ 6.114,77	R\$ 49.363,24	R\$ 22.787,43	-R\$ 41.044,53
7	59010,80	R\$ 0,9913	R\$ 58.496,13	-R\$ 6.479,82	R\$ 52.016,31	R\$ 21.109,59	-R\$ 19.934,94
8	58715,80	R\$ 1,0505	R\$ 61.678,47	-R\$ 6.866,66	R\$ 54.811,80	R\$ 19.555,23	-R\$ 379,71
9	58422,20	R\$ 1,1132	R\$ 65.033,84	-R\$ 7.276,60	R\$ 57.757,24	R\$ 18.115,23	R\$ 17.735,52
10	58130,10	R\$ 1,1796	R\$ 68.571,80	-R\$ 7.711,01	R\$ 60.860,78	R\$ 16.781,22	R\$ 34.516,73
11	57839,40	R\$ 1,2500	R\$ 72.302,14	-R\$ 8.171,36	R\$ 64.130,78	R\$ 15.545,37	R\$ 50.062,10
12	57550,20	R\$ 1,3247	R\$ 76.235,48	-R\$ 8.659,19	R\$ 67.576,29	R\$ 14.400,50	R\$ 64.462,60
13	57262,50	R\$ 1,4038	R\$ 80.382,88	-R\$ 9.176,15	R\$ 71.206,73	R\$ 13.339,91	R\$ 77.802,51
14	56976,20	R\$ 1,4876	R\$ 84.755,85	-R\$ 9.723,96	R\$ 75.031,88	R\$ 12.357,37	R\$ 90.159,88
15	56691,30	R\$ 1,5764	R\$ 89.366,66	-R\$ 10.304,48	R\$ 79.062,18	R\$ 11.447,16	R\$ 101.607,04
16	56407,80	R\$ 1,6705	R\$ 94.228,27	-R\$ 10.919,66	R\$ 83.308,61	R\$ 10.603,94	R\$ 112.210,98
17	56125,80	R\$ 1,7702	R\$ 99.354,50	-R\$ 11.571,56	R\$ 87.782,93	R\$ 9.822,82	R\$ 122.033,80
18	55845,10	R\$ 1,8759	R\$ 104.759,40	-R\$ 12.262,39	R\$ 92.497,01	R\$ 9.099,18	R\$ 131.132,98
19	55565,90	R\$ 1,9879	R\$ 110.458,52	-R\$ 12.994,45	R\$ 97.464,07	R\$ 8.428,84	R\$ 139.561,83
20	55288,10	R\$ 2,1066	R\$ 116.467,69	-R\$ 13.770,22	R\$ 102.697,47	R\$ 7.807,85	R\$ 147.369,68
21	55011,70	R\$ 2,2323	R\$ 122.803,80	-R\$ 14.592,30	R\$ 108.211,49	R\$ 7.232,59	R\$ 154.602,27
22	54736,60	R\$ 2,3656	R\$ 129.484,41	-R\$ 15.463,46	R\$ 114.020,95	R\$ 6.699,67	R\$ 161.301,94
23	54462,90	R\$ 2,5068	R\$ 136.528,51	-R\$ 16.386,63	R\$ 120.141,88	R\$ 6.206,00	R\$ 167.507,95
24	54190,60	R\$ 2,6565	R\$ 143.955,91	-R\$ 17.364,91	R\$ 126.590,99	R\$ 5.748,69	R\$ 173.256,64
25	53919,60	R\$ 2,8151	R\$ 151.787,19	-R\$ 18.401,60	R\$ 133.385,59	R\$ 5.325,05	R\$ 178.581,69

Fonte: Autores (2023).

Tabela 10 - Análise financeira do projeto para a cidade de Manaus - AM

ANO	GERACAO KWH	CUSTO KWH/A	RECEITA BRUTA	MANUTENÇÃO	RECEITA LÍQUIDA	VPL	PAYBACK DESCONTADO
0							-R\$ 207.990,00
1	62333,10	R\$ 0,84	R\$ 52.359,80	-R\$ 4.575,78	R\$ 47.784,02	R\$ 42.007,93	-R\$ 165.982,07
2	62021,40	R\$ 0,8901	R\$ 55.208,23	-R\$ 4.848,95	R\$ 50.359,27	R\$ 38.920,34	-R\$ 127.061,73
3	61711,30	R\$ 0,9433	R\$ 58.211,64	-R\$ 5.138,44	R\$ 53.073,21	R\$ 36.059,62	-R\$ 91.002,11
4	61402,70	R\$ 0,9996	R\$ 61.378,40	-R\$ 5.445,20	R\$ 55.933,20	R\$ 33.409,04	-R\$ 57.593,07
5	61095,70	R\$ 1,0593	R\$ 64.717,49	-R\$ 5.770,28	R\$ 58.947,21	R\$ 30.953,25	-R\$ 26.639,82
6	60790,20	R\$ 1,1225	R\$ 68.238,19	-R\$ 6.114,77	R\$ 62.123,43	R\$ 28.677,88	R\$ 2.038,06
7	60486,30	R\$ 1,1895	R\$ 71.950,52	-R\$ 6.479,82	R\$ 65.470,70	R\$ 26.569,73	R\$ 28.607,79
8	60183,90	R\$ 1,2605	R\$ 75.864,77	-R\$ 6.866,66	R\$ 68.998,11	R\$ 24.616,48	R\$ 53.224,27
9	59882,90	R\$ 1,3358	R\$ 79.991,82	-R\$ 7.276,60	R\$ 72.715,22	R\$ 22.806,71	R\$ 76.030,98
10	59583,50	R\$ 1,4156	R\$ 84.343,52	-R\$ 7.711,01	R\$ 76.632,50	R\$ 21.129,97	R\$ 97.160,95
11	59285,60	R\$ 1,5001	R\$ 88.931,96	-R\$ 8.171,36	R\$ 80.760,59	R\$ 19.576,45	R\$ 116.737,41
12	58989,20	R\$ 1,5896	R\$ 93.770,03	-R\$ 8.659,19	R\$ 85.110,84	R\$ 18.137,11	R\$ 134.874,51
13	58694,20	R\$ 1,6845	R\$ 98.871,17	-R\$ 9.176,15	R\$ 89.695,03	R\$ 16.803,51	R\$ 151.678,03
14	58400,80	R\$ 1,7851	R\$ 104.250,04	-R\$ 9.723,96	R\$ 94.526,08	R\$ 15.567,97	R\$ 167.246,00
15	58108,80	R\$ 1,8916	R\$ 109.921,41	-R\$ 10.304,48	R\$ 99.616,92	R\$ 14.423,21	R\$ 181.669,21
16	57818,20	R\$ 2,0046	R\$ 115.901,18	-R\$ 10.919,66	R\$ 104.981,52	R\$ 13.362,58	R\$ 195.031,79
17	57529,10	R\$ 2,1243	R\$ 122.206,36	-R\$ 11.571,56	R\$ 110.634,80	R\$ 12.379,92	R\$ 207.411,71
18	57241,50	R\$ 2,2511	R\$ 128.854,67	-R\$ 12.262,39	R\$ 116.592,29	R\$ 11.469,50	R\$ 218.881,21
19	56955,30	R\$ 2,3855	R\$ 135.864,58	-R\$ 12.994,45	R\$ 122.870,13	R\$ 10.626,00	R\$ 229.507,21
20	56670,50	R\$ 2,5279	R\$ 143.255,76	-R\$ 13.770,22	R\$ 129.485,54	R\$ 9.844,49	R\$ 239.351,70
21	56387,10	R\$ 2,6788	R\$ 151.048,96	-R\$ 14.592,30	R\$ 136.456,66	R\$ 9.120,43	R\$ 248.472,12
22	56105,20	R\$ 2,8387	R\$ 159.266,35	-R\$ 15.463,46	R\$ 143.802,89	R\$ 8.449,61	R\$ 256.921,73
23	55824,70	R\$ 3,0082	R\$ 167.930,75	-R\$ 16.386,63	R\$ 151.544,12	R\$ 7.828,11	R\$ 264.749,84
24	55545,60	R\$ 3,1878	R\$ 177.066,51	-R\$ 17.364,91	R\$ 159.701,60	R\$ 7.252,30	R\$ 272.002,14
25	55267,80	R\$ 3,3781	R\$ 186.698,96	-R\$ 18.401,60	R\$ 168.297,36	R\$ 6.718,81	R\$ 278.720,95

Fonte: Autores (2023).

#### 4.11 Análises dos resultados

A Tabela 11 apresenta um resumo contendo a geração anual de energia, valor cobrado pela distribuidora local de energia para cada kWh somando seus respectivos impostos, custo de manutenção e os principais índices de análise econômica calculados para os projetos.

Tabela 11 - Análise indicadores financeiros e econômicos

Cidade	KWh	Valor KWh + Impostos	Fluxo de Caixa	Custo Manutenção	TMA	VPL	TIR	PayBack
São Paulo - SP	66.300	R\$ 0,88	R\$ 2.501.690,94	R\$ 249.989,85	13,75%	R\$ 597.915,85	31,14%	6 anos
Rio de Janeiro - RJ	66.431	R\$ 0,93	R\$ 2.676.028,89	R\$ 249.989,85	13,75%	R\$ 583.065,46	32,82%	5 anos
Brasília - DF	74.413	R\$ 0,82	R\$ 2.637.362,28	R\$ 249.989,85	13,75%	R\$ 575.269,65	32,44%	5 anos
Belo Horizonte - BH	74.042	R\$ 0,83	R\$ 2.675.110,35	R\$ 249.989,85	13,75%	R\$ 582.880,35	32,81%	5 anos
Florianópolis - SC	63.231	R\$ 0,72	R\$ 1.851.459,72	R\$ 249.989,85	13,75%	R\$ 416.817,22	24,78%	8 anos
Porto Alegre - RS	65.471	R\$ 0,76	R\$ 2.066.152,77	R\$ 249.989,85	13,75%	R\$ 460.103,32	26,90%	7 anos
Salvador - BA	76.198	R\$ 0,75	R\$ 2.441.049,24	R\$ 249.989,85	13,75%	R\$ 535.689,27	30,55%	6 anos
Recife - PE	71.791	R\$ 0,71	R\$ 2.127.709,82	R\$ 249.989,85	13,75%	R\$ 472.514,27	24,50%	7 anos
Curitiba - PR	60.813	R\$ 0,70	R\$ 1.701.445,98	R\$ 249.989,85	13,75%	R\$ 386.571,69	23,28%	9 anos
Manaus - AM	62.333	R\$ 0,84	R\$ 2.198.123,22	R\$ 249.989,85	13,75%	R\$ 486.710,95	28,19%	6 anos

Fonte: Autores (2023).

Analisando os valores apresentados na Tabela 11, pode-se observar o fluxo final de caixa para cada uma das cidades estudadas. Esse fluxo é obtido somando a receita líquida anual gerada ao longo dos 25 anos, menos o custo do investimento inicial, resultando no valor final do fluxo de caixa.

Para uma análise mais aprofundada, transformou-se esse fluxo de caixa final a valor presente, descontando a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) estabelecida, a fim de estabelecer o Valor Presente Líquido (VPL) de cada projeto.

É importante ressaltar que todos os projetos avaliados se mostraram superiores à TMA de 13,75% ao ano. Isso indica que esses projetos apresentam uma rentabilidade maior do que investimentos em oportunidades ou operações consideradas seguras, como a aplicação em títulos de renda fixa.

Essas informações permitem uma comparação entre as diferentes cidades, considerando seus respectivos fluxos de caixa, VPL e Taxas Internas de Retorno (TIR). Esses indicadores são cruciais para avaliar a viabilidade econômica dos projetos em cada localidade.

Portanto, com base na tabela e na análise realizada, é possível identificar que as cidades do Rio de Janeiro, Belo Horizonte e Brasília se destacam como as mais promissoras em termos de retorno financeiro e melhores oportunidades de investimento nos projetos estudados. Essas cidades apresentaram resultados superiores em relação ao fluxo de caixa, VPL e TIR, indicando um potencial de rentabilidade mais favorável. Portanto, para investidores em busca de melhores resultados, essas cidades são opções interessantes dentro do contexto dos projetos analisados.

Outro indicador que merece ser analisado é o *Payback*, o qual está intimamente ligado à TIR. Quanto maior for a TIR, menor será o prazo necessário para atingir o *Payback* do projeto.

Neste contexto, torna-se evidente que nem sempre as cidades com maior capacidade de geração de energia são as mais promissoras para a implementação de projetos. Embora esse fator esteja diretamente relacionado, há outra variável de extrema importância a ser considerada: o custo do quilowatt-hora (KWh) na localidade em estudo. Quanto mais elevado for esse custo, maiores serão os benefícios decorrentes da implantação do projeto.

Pode-se perceber isso ao analisar os dados relativos à geração energética anual das cidades do Rio de Janeiro - RJ e Salvador - BA, observa-se uma diferença significativa. O Rio de Janeiro gera anualmente cerca de 66.431 KWh, enquanto Salvador possui uma geração de aproximadamente 76.198 KWh, representando uma diferença de quase 15%. No entanto, é possível perceber que apesar dessa disparidade na geração de energia, o Rio de Janeiro ainda apresenta indicadores financeiros mais favoráveis, como uma TIR maior e um *Payback* inferior em comparação a Salvador. Essa diferença pode ser atribuída principalmente aos custos da energia local e aos impostos incidentes.

Assim pode-se concluir que Rio de Janeiro, Belo Horizonte e Brasília são as cidades mais promissoras para investimentos em projetos energéticos, apesar de não terem a maior geração de energia. Indicadores financeiros como fluxo de caixa, VPL e TIR foram favoráveis nessas cidades, devido ao custo do quilowatt-hora (KWh) e impostos incidentes. Rio de Janeiro se destacou mesmo com menor geração de energia em comparação a Salvador, evidenciando a importância dos aspectos econômicos na viabilidade dos projetos.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve como objetivo realizar a avaliação da viabilidade técnica e econômico-financeira da geração de energia fotovoltaica, com foco no grupo de consumo B1, que engloba clientes residenciais. Foi desenvolvido um projeto com 46,2 kW de potência instalada, visando suprir a demanda de energia elétrica estabelecida para o perfil de consumo em questão.

A viabilidade da minigeração de energia fotovoltaica depende de diversos fatores, tais como investimento inicial, desempenho do sistema, nível de irradiação solar, energia gerada e as regulamentações e tarifas vigentes na área. Todos esses aspectos foram considerados no método de avaliação adotado.

Após projetada a planta, foram realizadas simulações de geração de energia em dez diferentes cidades brasileiras, a fim de avaliar o potencial fotovoltaico e a variação da irradiação solar em diferentes regiões do país. Os resultados das simulações demonstraram uma geração de energia e um desempenho do sistema suficientes em todas as cidades analisadas, onde embora algumas cidades não atinjam a demanda estipulada, essas ainda podem se beneficiar da implementação de sistemas solares para reduzir os custos energéticos e diminuir a dependência de fontes convencionais de energia.

Nesse contexto, pôde-se observar a influência do recurso solar e a grande variação da irradiação, especialmente quando comparadas as regiões Nordeste e Sul do Brasil. Em média, a produção de energia anual estimada para os sistemas instalados nas cidades nordestinas foi 20% maior do que nas cidades do Sul. Vale ressaltar que o sistema com a menor produção estimada foi o de Curitiba - PR, com 60.813 kWh/ano, e o de maior capacidade foi o de Salvador - BA, com 76.198 kWh/ano.

Para análise, utilizaram-se os métodos de Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e *Payback*. No que diz respeito à viabilidade econômica, os resultados foram satisfatórios em todos os casos. Apresentaram resultados positivos de VPL, indicando viabilidade financeira para sua implementação. Em relação ao potencial de investimento, os números encontrados sempre mostraram uma alta atratividade, uma vez que, a TIR ficou consideravelmente acima do valor mínimo estabelecido de 13,75% para a Taxa Mínima de Atratividade (TMA).

Esta pesquisa demonstrou que, embora o recurso solar disponível tenha um impacto positivo significativo na capacidade de geração de energia elétrica de um sistema fotovoltaico, essa vantagem não se traduz diretamente em viabilidade econômica. Isso é



evidente ao analisarmos o caso do Rio de Janeiro - RJ, onde, mesmo com uma geração de energia de apenas 66.431 KWh, a cidade apresenta a maior TIR de 32,83%, devido aos altos custos do KWh e aos impostos, que chegam a R\$ 0,93. Outro exemplo é Recife - PE, responsável por gerar 71.791 KWh, mas apresentando a segunda menor TIR de todas as cidades, com 24,50%, devido ao baixo custo energético e tarifário da região, fixado em R\$ 0,71. Essa conclusão reflete as variações nos valores cobrados pelas distribuidoras locais de energia elétrica para o consumo de energia e para a demanda contratada em kW, além das diferenças nos impostos que variam de estado para estado. Esses aspectos podem tornar um sistema com maior potencial de geração de energia menos atrativo financeiramente em comparação com sistemas de menor capacidade.

Portanto, é importante considerar não apenas a capacidade de geração de energia, mas também os aspectos econômicos e regulatórios ao avaliar a viabilidade da geração de energia fotovoltaica. Cada projeto deve ser analisado individualmente, levando em conta os custos de investimento, as tarifas de energia elétrica, os incentivos governamentais e os impostos aplicáveis. Dessa forma, é possível identificar a melhor configuração do sistema que apresente o equilíbrio ideal entre geração de energia e retorno financeiro.

## **5.1 PROPOSTA DE MELHORIAS PARA TRABALHOS FUTUROS**

**Avaliação da rentabilidade e atratividade do negócio em comparação com outros projetos de investimento:** Realizar uma análise comparativa da viabilidade econômica e financeira do projeto fotovoltaico em relação a outros investimentos, considerando indicadores de retorno, como o Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e o *Payback*. Avaliar a atratividade do negócio em termos de retorno sobre o investimento.

**Expansão do estudo para um maior número de cidades brasileiras, com foco em localidades com alto potencial energético e aquelas com custo elevado do quilowatt-hora (kWh):** Ampliar a análise de viabilidade econômico-financeira da planta fotovoltaica para diversas cidades brasileiras, considerando as particularidades locais, como incidência solar, tarifas de energia e demanda. Identificar as cidades com maior potencial para implementação do projeto e aquelas onde a energia solar se torna mais competitiva em termos econômicos.

**Análise de riscos:** Incluir uma análise aprofundada dos riscos envolvidos no projeto, como flutuações nos preços dos painéis solares, mudanças na regulamentação do setor energético e oscilações nas taxas de câmbio (caso ocorra importação de equipamentos). Identificar estratégias de mitigação de riscos e calcular a sensibilidade do projeto em relação a



essas variáveis. Avaliar a probabilidade e o impacto desses riscos no resultado financeiro do projeto fotovoltaico.

## REFERÊNCIAS

ABEL, David de Campos; TAVARES, Teresinha Francisca Conter; ARAÚJO, Rafael Leite; SANTOS, Carlos Alberto Frantz dos. Análise da viabilidade econômico-financeira da implantação de energia solar fotovoltaica no Hotel Praiano (TAPES/RS). In: ENCONTRO INTERNACIONAL SOBRE GESTÃO EMPRESARIAL E MEIO AMBIENTE, 21., 2019, [S.I]. **Congresso**. [S.I]: Engema, 2019. p. 1-11.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). Atlas da geração distribuída solar fotovoltaica no Brasil. Brasília: ANEEL. Disponível em: [http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas\\_geracao\\_distribuida\\_fotovoltaica\\_brasil.pdf](http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas_geracao_distribuida_fotovoltaica_brasil.pdf) Acesso em: 20 mar. 2023.

ALVES, Mariana Fernandes; SILVA, Minelle Enéas da. LÓGICA INSTITUCIONAL DA SUSTENTABILIDADE NO CONTEXTO DE ENERGIA SOLAR. **Reuna**, [S.L.], v. 25, n. 1, p. 35-53, 4 maio 2020. ANPAD. <http://dx.doi.org/10.21714/2179-8834/2020v25n1p35-53>.

AQUINO, Afonso Rodrigues de; PALETTA, Francisco Carlos; SILVA, Ana Claudia Machado; GALVÃO, Antonio Sant'ana; BORDON, Isabella Cristina Antunes; RIBEIRO, Luciana S. S.; STECHER, Luiza; OLIVEIRA, Maria José Alves de; SILVA, Mauro Valerio da; SANTOS, Roberto Manoel dos; MATTIOLO, Sandra Regina; SCGLIUSI, Sandra Regina; GARCIA, Vanessa S. G. **SUSTENTABILIDADE ambiental**. Rio de Janeiro: Sirius, 2015. 167 p.

AVILA, Antonio Victorino. **Matemática financeira e engenharia econômica**. Programa de Educação Tutorial da Engenharia Civil – UFSC”, Florianópolis, 2013. 228 p.

AZEVEDO JUNIOR, Delmir Peixoto de; CAMPOS, Renato de. Definição de requisitos de software baseada numa arquitetura de modelagem de negócios. **Produção**, Bauru, v. 18, n. 1, p. 26-46, abr. 2008.

BARBIERI, José Carlos. Taxa Interna de Retorno: controvérsias e interpretações. **Gepros: Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, [S.I.], v. 5, n. 2, p. 131-142, dez. 2007.

BRAGA, Renata Pereira. **Energia solar fotovoltaica: fundamentos e aplicações**. 2008. 80 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

BRASIL. **Lei nº 14.300, de 06 de janeiro de 2022**. Institui o marco legal da microgeração e minigeração distribuída, o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE) e o Programa de Energia Renovável Social (PERS); altera as Leis nºs 10.848, de 15 de março de 2004, e 9.427, de 26 de dezembro de 1996; e dá outras providências. Brasília, 07 jan. 2022. Disponível em: <https://in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-14.300-de-6-de-janeiro-de-2022-372467821>. Acesso em: 11 maio 2022.

BRITO, Tiago Henrique Azevedo de. **Estudo da viabilidade econômica da instalação de energia solar fotovoltaica ligada à rede, no IFPB, campus Princesa Isabel**. 2020. 15 f. Monografia (Especialização) - Curso de Gestão Ambiental de Municípios, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Princesa Isabel, 2020.

CÂMARA, Carlos Fernando. **Sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica**. 2011. 68 f. Monografia (Especialização) - Curso de Formas Alternativas de Energia, Departamento de Engenharia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.

CARREIRA, Marcio Luis; SANTOS, Renata Cristina Ramos dos. Decisões de Investimento com o Auxílio dos Métodos Determinísticos. **Revista Ciências Gerenciais**, [S.I], v. 21, n. 34, p. 142-144, mar. 2017.

COLPO, Iliane; MEDEIROS, Flaviani Souto Bolzan; WEISE, Andreas Dittmar. Análise de retorno do investimento: um estudo aplicado em uma microempresa. **Raci**, Getúlio Vargas, v. 10, n. 21, p. 1-21, jul. 2016.

DASSI, Jonatan Antonio; ZANIN, Antonio; BAGATINI, Fabiano Marcos; TIBOLA, Ademar; BARICHELLO, Rodrigo; MOURA, Geovanne Dias de. Análise da viabilidade econômico-financeira da energia solarfotovoltaica em uma Instituição de Ensino Superior do Sul do Brasil. In: XXII CONGRESSO BRASILEIRO DE CUSTOS, 22., 2015, Foz do Iguaçu. **Congresso**. Foz do Iguaçu: Congresso Brasileiro de Custos, 2015. p. 1-16.

DALMOLIN, Rodrigo Schweitzer. **Análise da viabilidade econômico financeira da implantação de sistemas fotovoltaicos conectados à rede em residências**. 2017. 96 f. Monografia (Especialização) - Curso de Mba de Finanças, Departamento Acadêmico de Gestão e Economia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

EMMENDOERFER, Rodrigo. **Modelagem e otimização de sistema híbrido de energia renovável em edifícios autônomos**. 2017. 202 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Desenvolvimento de Tecnologia, Instituto de Engenharia do Paraná, Instituto de Tecnologia Para O Desenvolvimento, Curitiba, 2017.

FERREIRA NETO, Amir Borges; CORRÊA, Wilson Luiz Rotatori; PEROBELLI, Fernando Salgueiro. Consumo de Energia e Crescimento Econômico: uma Análise do Brasil no período 1970-2009. **Análise Econômica**, Porto Alegre, v. 65, n. 34, p. 181-204, jan. 2016.

FREITAS, Susana Sofia Alves. **Dimensionamento de sistemas fotovoltaicos**. 2008. 24 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Industrial, Engenharia Eletrotécnica, Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, 2008.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas S/A, 2017. 129 p.

GOLDEMBERG, José; LUCON, Oswaldo. Energia e meio ambiente no Brasil. **Estudos Avançados**, [S.L.], v. 21, n. 59, p. 7-20, abr. 2007. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-40142007000100003>.

GREER, Jimmy. Os modelos de negócios do futuro: um guia para monitorar e aproveitar os novos tipos de valor que estão sendo criados. **Gv Executivo**, São Paulo, v. 16, n. 3, p. 31-33, jun. 2017.

JANNUZZI, Gilberto de Martino; VARELLA, Fabiana K. de O. M.; GOMES, Rodolfo Dourado Maia. **Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica no Brasil: panorama da atual legislação**. Campinas: Procobre Brasil, 2009. 53 p. International Energy Initiative.

JARDIM, Carolina da Silva. **A inserção da geração solar fotovoltaica em alimentadores urbanos enfocando a redução do pico de demanda diurno**. 2007. 066 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil., Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

KRUGER, Silvana Dalmutt; ZANELLA, Cleunice; BARICHELLO, Rodrigo. Análise da viabilidade econômico-financeira para implantação de projeto de produção de energia solar fotovoltaica em uma propriedade rural. **Revista de Gestão e Secretariado**, [S.L.], v. 14, n. 1, p. 428-445, 12 jan. 2023. South Florida Publishing LLC. <http://dx.doi.org/10.7769/gesec.v14i1.1521>.

LEIVAS, Janice Freitas. **Uso de técnicas de sensoriamento remoto na estimativa do balanço de radiação na superfície**. 2008. 107 f. Tese (Doutorado) - Curso de Fitotecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

LIMA, José Donizetti de; SCHEITT, Luiz Carlos; BOSCHI, Taciane de Fátima; SILVA, Nézio José da; MEIRA, Ademar Alves de; DIAS, Gabriel Hiss. Propostas de ajuste no cálculo do payback de projetos de investimentos financiados. **Custos e Agronegócio**, [S.I.], v. 9, n. 4, p. 162-180, out. 2013.

LUZ JUNIOR, Valter Luiz Ribeiro da. **Processo de implantação de uma usina solar fotovoltaica localizada no município de porto nacional - Tocantins**. 2022. 79 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2022.

MACHADO, Carolina T.; MIRANDA, Fabio S. Photovoltaic Solar Energy: a briefly review. **Revista Virtual de Química**, [S.L.], v. 7, n. 1, p. 126-143, jan. 2015. Sociedade Brasileira de Química (SBQ). <http://dx.doi.org/10.5935/1984-6835.20150008>.

MARTINS, Cristiano Ribeiro; JORGE, Rita Luciana Saraiva. A aplicabilidade da taxa interna de retorno: um estudo de caso. In: CONGREGA, 14., 2017, Bagé. **Anais da 14ª Mostra de Iniciação Científica**. Bagé: Urcamp, 2017. p. 1-10.

MORAES, Caio. **Célula Fotovoltaica: tudo que você precisa saber**. tudo que você precisa saber. 2020. Disponível em: <https://eletronicadepotencia.com/celula-fotovoltaica/>. Acesso em: 14 maio 2023.

MORAIS, Luciano Cardoso de. **Estudo sobre o panorama da energia elétrica no brasil e tendências futuras**. 2015. 136 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Unesp, Faculdade de Engenharia de Bauru, Bauru, 2015.

NASCIMENTO, Cássio Araújo do. **PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DA CÉLULA FOTOVOLTAICA**. 2004. 21 f. Monografia (Especialização) - Curso de Fontes Alternativas de Energia, Departamento de Engenharia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

NESPOLO, Sabrina; GAMA, Bruna Carlím da; GUERRA, Vanessa Santin; BATISTA, Victoria Dallagnol; LOPES, Victoria de Matos; LIMA, José Donizetti de. Análise de viabilidade econômica da implantação de um sistema fotovoltaico em uma propriedade rural. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, [S.L.], v. 15, n. 3, p. 1-17, 1 jul. 2022. Centro Universitario de Maringa. <http://dx.doi.org/10.17765/2176-9168.2022v15n3e9419>.

NUNES, Henrique Menezes; CORREA, Remington Phelipe da Silva; BUIATTI, Gustavo Malagoli; ANDRADE, Rodrigo Latuf; BOTELHO, Frederico Kos; VIEIRA NETO, José;

VENANCIO, Vinicius de Carvalho; CARVALHO, Rafael Silva. Estudo comparativo técnico-financeiro de usinas fotovoltaicas utilizando módulos de silício monocristalinos e policristalinos. In: **VIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR**, 8., 2020, Fortaleza. **Congresso**. Fortaleza: VIII Congresso Brasileiro de Energia Solar, 2020. p. 1-30.

OLIVEIRA, Adary. Método da Taxa Interna de Retorno: caso de taxas múltiplas. **Revista de Administração de Empresas**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 19, p. 87-90, jun. 1979.

OROFINO, Maria Augusta Rodrigues. **Técnicas de criação do conhecimento no desenvolvimento de modelos de negócio**. 2011. 223 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia e Gestão do Conhecimento, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

PEREIRA, Enio Bueno; MARTINS, Fernando Ramos; GONÇALVES, André Rodrigues; COSTA, Rodrigo Santos; LIMA, Francisco J. Lopes de; RÜTHER, Ricardo; ABREU, Samuel Luna de; TIEPOLO, Gerson Máximo; PEREIRA, Silvia Vitorino; SOUZA, Jefferson Gonçalves de. **Atlas brasileiro de energia solar**. 2. ed. São José dos Campos: Inpe, 2017. 80 p.

PEREIRA, Nilson Leite. **Energia solar uma perspectiva de sustentabilidade e viabilidade econômica**. 2016. 46 f. TCC (Graduação) - Curso de E Tecnologia em Gestão Ambiental, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso, Cuiabá, 2016.

PERONI, Michel Bucci. **Viabilidade econômico-financeira e barreiras para o avanço da energia solar fotovoltaica no setor de supermercados**. 2018. 116 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Gestão Para A Competitividade, Fundação Getúlio Vargas, Escola de Administração de Empresas de São Paulo, São Paulo, 2018.

PINHEIRO, Marcos Aurélio da Silva. **Análise de Desempenho e Viabilidade Econômica entre Inversores do tipo String e Otimizadores de Potência instalados em Sistemas Fotovoltaicos sob diferentes condições de operação**. 2021. 97 f. Monografia (Especialização) - Curso de Fontes Renováveis: Geração, Operação e Integração, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2021.

PRANGE, Nathanael Günter. **Análise de Desempenho de Sistemas Fotovoltaicos Baseados em Silício Monocristalino e Policristalino**. 2021. 6 f. Monografia (Especialização) - Curso de Sistemas de Transmissão e Distribuição de Energia Elétrica, Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão, 2021.

RAMOS, Cristina de Moura. **Procedimento para caracterização e qualificação de módulos fotovoltaicos**. 2006. 141 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

RAMOS, Erikson Carlos; MELO FILHO, José Bione de. Dimensionamento de sistemas híbridos e autônomos para iluminação de ruas em áreas isoladas. **Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada**, [S.L.], v. 4, n. 2, p. 10-20, 1 abr. 2019. *Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada*. <http://dx.doi.org/10.25286/rep.v4i2.947>.

RAMPINELLI, Giuliano Arns. **Estudo de características elétricas e térmicas de inversores para sistemas fotovoltaicos conectados à rede**. 2010. 285 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

RAMPINELLI, Giuliano Arns; KRENZINGER, Arno; ROMERO, Faustino Chenlo. Description and Analysis of Inverters Used in Photovoltaic Systems. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, [S.L.], v. 15, n. 1, p. 1-26, jun. 2013. GN1 Genesis Network. <http://dx.doi.org/10.5935/recen.2013.01.02>.

REGAN, Arndt.; PUTO, Ing Robert. *Basic understanding of iec standard testing for photovoltaic panels*. Retrieved. Management Service, v. 9, p. 1-15, 2012.

REIS, Filipa. **Development of photovoltaic systems with concentration**. 2013. 24 f. Tese (Doutorado) - Curso de Sistemas Sustentáveis de Energia, Departamento de Engenharia Geográfica Geofísica e Energia, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2013.

RODRIGUES, Nadja; DIAS JUNIOR, Jorge. Modelagem de Negócio: a importância de entender o negócio antes de começar o desenvolvimento de projetos de software. **Engenharia de Software Magazine**, São Paulo, v. 1, n. 31, p. 7-13, jan. 2010.

ROSO, Mateus; DUARTE, Vinícios; OLIVEIRA, Tarcisio Dorn de. Geração de energia elétrica a partir da conversão da energia solar com o uso de painéis fotovoltaicos. In: mostra interativa da produção estudantil em educação científica e tecnológica, 4., 2018, Ijuí. **Mostra**. Ijuí: Moeducitec, 2018. p. 1-5.

SANTOS, Isis Portolan dos; URBANETZ JUNIOR, Jair; RÜTHER, Ricardo. Energia solar fotovoltaica como fonte complementar de energia elétrica para residências na busca da sustentabilidade. In: **XII Encontro nacional de tecnologia do ambiente construído**, 7., 2008, Fortaleza. Entac, 2008. p. 1-10.

SCHERER, Jéssica Regina. **Modelagem de Negócios**: criação do modelo canvas de negócios de uma casa de chás. 2012. 99 f. TCC (Graduação) - Curso de Administração, Departamento de Ciências Administrativas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

SCHROEDER, Jocimari Tres; SCHROEDER, Ivanir; COSTA, Reinaldo Pacheco da; SHINODA, Carlos. O custo de capital como taxa mínima de atratividade na avaliação de projetos de investimento. **Revista Gestão Industrial**, [S.L.], v. 1, n. 2, p. 33-42, 1 jun. 2005. Universidade Tecnológica Federal do Parana (UTFPR). <http://dx.doi.org/10.3895/s1808-04482005000200003>.

SILVA, A. B. Viabilidade econômica de sistemas fotovoltaicos residenciais: um estudo de caso em conjuntos habitacionais. *Revista de Energia Sustentável*, [S.L.], v. 10, n. 2, p. 123-145, 2022.

SILVA, Gilson Laurentino da; OLIVEIRA, Marcondes Silva de; SILVA, Ricardo Moreira da; SILVA, Nayane Laurentino da. Análise de viabilidade econômica entre o uso de energia em grid e a solar no sertão paraibano. **Energia na Agricultura**, [S.L.], v. 31, n. 1, p. 89-96, 14 abr. 2016. EIA Energy in Agriculture. <http://dx.doi.org/10.17224/energagric.2016v31n1p89-96>.

SILVA, Heitor Marques Francelino da; ARAÚJO, Francisco José Costa. Energia solar fotovoltaica no Brasil: uma revisão bibliográfica. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, [S.L.], v. 8, n. 3, p. 859-869, 31 mar. 2022. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*. <http://dx.doi.org/10.51891/rease.v8i3.4654>.

SILVA, Henrique Mendes da; CARNEIRO, Amanda Costa. Análise da viabilidade econômico-financeira de um projeto de gerador solar fotovoltaico (on-grid) em uma residência no interior de Minas Gerais. **Scientia Generalis**, [S.I], v. 3, n. 1, p. 250-270, jan. 2022.

SILVA, Márcio Lopes da; FONTES, Alessandro Albino. Discussão sobre os critérios de avaliação econômica: valor presente líquido (VPL), valor anual equivalente (VAE) e valor esperado da terra (VET). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 931-936, jan. 2005.

SILVA, Pedro Henrique de Oliveira; JANNI, Vanessa. Relação da taxa mínima de atratividade no cenário econômico atual com a viabilidade econômica de projetos. **Revista Boletim do Gerenciamento**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 25, p. 68-76, maio 2021.

SOUZA, João Paulo de. **Silício mono ou policristalino: quem vence o duelo**. 2019. Disponível em: <https://canalsolar.com.br/silicio-mono-ou-policristalino-quem-vence-o-duelo/>. Acesso em: 10 maio 2023.

URBANETZ JUNIOR, Jair. **Sistemas fotovoltaicos conectados a redes de distribuição urbanas: sua influência na qualidade da energia elétrica e análise dos parâmetros que possam afetar a conectividade**. 2010. 189 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

VERGARA, Walter Roberto Hernandez; OLIVEIRA, João Pedro Carvalho; BARBOSA, Fabio Alves; YAMANARI, Juliana Suemi. Economic and financial feasibility analysis for the acquisition of a storage soybeans and corn facility. **Revista Gestão da Produção Operações e Sistemas**, [S.L.], v. 12, n. 1, p. 41-62, 1 mar. 2017. A Fundacao para o Desenvolvimento de Bauru (FunDeB). <http://dx.doi.org/10.15675/gepros.v12i1.1598>.

VIEIRA, Magno; SANTOS, Aislan. O meio ambiente sustentável e a energia solar. **Cadernos de Graduação: Ciências Exatas e Tecnológicas, Sergipe**, v. 1, n. 15, p. 131-139, out. 2012.

ZAGO, Camila Avozani; WEISE, Andreas Dittmar; HORNBURG, Ricardo André. A importância do estudo de viabilidade econômica de projetos nas organizações contemporâneas. In: Congresso Virtual Brasileiro de Administração, 6., 2005, São Paulo. **Congresso**. São Paulo: Convibra, 2005. p. 1-15.