

AVALIAÇÃO DE VIABILIDADE FINANCEIRA NA IMPLANTAÇÃO DE UMA USINA FOTOVOLTAICA EM UM VIVEIRO FLORESTAL NA CIDADE DE SINOP-MT

**BRUNO FELIPE OMIZZOLLO¹
PEDRO MATIAZZI DA SILVA²**

RESUMO: O presente trabalho buscou realizar uma análise da viabilidade financeira na implantação de um sistema fotovoltaico em um viveiro florestal. Para a realização do estudo foi utilizada a metodologia de pesquisa baseada em um estudo de caso, na qual foi utilizado como base o investimento inicial e a economia gerada posterior a implantação da usina. A partir das informações coletadas foi possível determinar o valor do investimento inicial de R\$ 940.000,00 (novecentos e quarenta mil reais) no qual abrangeu a instalação em dois locais no mesmo empreendimento. Todavia, com base nos estudos realizados, e com base na Taxa de Retorno Interno (TIR), foi possível concluir que o investimento irá se pagar em 4 anos e meio, tomando por base as faturas de energia anteriormente pagas. A constatação revelada que emerge desta análise reside no horizonte temporal no qual o retorno sobre o investimento se materializa em um período de 25 anos, que coincide harmoniosamente com a garantia contínua dos equipamentos em questão. Dentro dessa moldura temporal, uma cifra notável de 22,19% demonstra a lucratividade, uma expressão luminosa do potencial econômico desse empreendimento. Destaca-se, com igual importância, o notável contraste entre a Taxa de retorno e a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) exigida, a qual, em seu modesto patamar de 8%, serve como estratégicos de referência para a avaliação das previsões do projeto. A distância entre esses valores não poderia ser mais condizente, demonstrando a atratividade substancial da empreitada em energia solar em relação às alternativas de investimento disponíveis.

PALAVRAS-CHAVE: Energia Solar; Engenharia; Viabilidade.

EVALUATION OF FINANCIAL VIABILITY IN THE IMPLEMENTATION OF A PHOTOVOLTAIC PLANT IN A FOREST NURSERY IN THE CITY OF SINOP-MT

ABSTRACT: The present work sought to carry out an analysis of the financial viability of implementing a photovoltaic system in a forest nursery. To carry out the study, a research methodology based on a case study was used, in which the initial investment and the savings generated after the implementation of the plant were used as a basis. From the information collected, it was possible to determine the value of the initial investment of R\$ 940,000.00 (nine hundred and forty thousand real), which included installation in two locations in the same project. However, based on the studies carried out, and based on the Internal Rate of Return (IRR), it was possible to conclude that the investment will pay for itself in 4 and a half years, based on previously paid energy bills. The revealed finding that emerges from this analysis lies in the time horizon in which the return on investment materializes over a period of 25 years,

¹Acadêmico de Graduação, Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Fasipe – UNIFASIFE. Endereço eletrônico: bromizzollo@gmail.com

²Professor Especialista, Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Fasipe - UNIFASIFE. Endereço eletrônico: eng.pedro@concreart.net.br.

which coincides harmoniously with the continuous guarantee of the equipment in question. Within this time frame, a remarkable figure of 22.19% demonstrates profitability, a luminous expression of the economic potential of this enterprise. Of equal importance is the notable contrast between the Return Rate and the required Minimum Attractive Rate (MAR), which, at its modest level of 8%, serves as a strategic reference for evaluating project forecasts. The distance between these values could not be more befitting, demonstrating the substantial attractiveness of the solar energy venture in relation to the available investment alternatives.

KEYWORDS: Engineering; Solar Energy; Viability.

1. INTRODUÇÃO

A energia elétrica é um recurso natural importantíssimo para a sociedade moderna, uma vez que esta é ligada principalmente a manutenção das atividades econômicas. Com o aumento significativo de residências nos centros urbanos e o alto custo gerado na produção de energia elétrica, os painéis fotovoltaicos podem ser uma fonte para suprir esta produção, tendo em vista que esse investimento é inesgotável e possui um grande potencial produtivo. Uma vez implantado, o sistema gera energia elétrica sem custo, pois o sol pode ser considerado como uma fonte de energia gratuita e limpa, ao qual leva consigo benefícios econômicos e ambientais (MAGALHÃES, 2018).

Após a década de 1970, devido à crise no petróleo, houve uma grande busca pela produção de energias renováveis. Sendo assim, observou-se muitos investimentos na produção de eletricidade com base em fontes alternativas, fator este que fez com que houvesse uma diminuição da queima de combustíveis fósseis e conseqüentemente a emissão de gases poluentes, diversificando assim a matriz energética e tornando evidente que as alternativas do uso das energias renováveis diminuiriam o impacto ambiental (FIEP, 2020).

O consumidor de energia fotovoltaica no Brasil, identificou neste tipo de geração uma forma de reduzir custos e a dependência das bandeiras tarifárias e aumento das distribuidoras. Esse tipo de sistema tem se tornado uma realidade acessível, tendo em vista que o valor dos módulos fotovoltaicos vem sendo reduzidos dado ao avanço tecnológico e a ascensão do mercado, pois tem sido fortemente procurada por seus consumidores (ANEEL, 2020).

Tal interesse estimula cada vez mais a produção e aumentando a escala há uma redução no custo final, o que faz com que o uso deste tipo de energia se torne cada vez mais competitivo. Além disso, a produção de energia gerada faz com que os consumidores que possuem empresas e empreendimentos maximizem seus lucros, tendo em vista a econômica com a produção de sua própria energia (IRENA, 2018).

O uso de energias renováveis para obter a energia elétrica segue a tendência mundial no Brasil, uma vez que as usinas fotovoltaicas consistem na instalação de placas de células fotovoltaicas que são interligadas paralelamente a rede elétrica da empresa ou residência, sem que haja a necessidade de realização de alteração na instalação já existente. As células fotovoltaicas realizam a captação da radiação solar e fazem a conversão em energia elétrica por meio de dispositivo que tem em sua constituição o silício. Essa energia gerada serve como fonte para equipamentos industriais e residenciais, que possuem um grande consumo de energia elétrica (SOLARVOLT, 2020).

Neste contexto, o presente estudo busca analisar qual a viabilidade financeira da implantação do sistema de usina fotovoltaica conectado à rede elétrica em um viveiro florestal na cidade de Sinop-MT, com potência estimada de 243,82 kWp. Para isso, fora realizado um levantamento da quantidade de energia elétrica consumida e das características do local. Em

sequência, se propôs um dimensionando do sistema fotovoltaico capaz de suprir a demanda de energia do projeto, analisando custo e o retorno da implantação do sistema fotovoltaico e calculando a economia gerada com a implantação do sistema.

O trabalho foi realizado por meio de um estudo de caso concreto, no qual foram coletadas as informações necessárias para o resultado desta análise de viabilidade.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Energia Solar e o Mercado Brasileiro

O Brasil possui uma capacidade instalada de 148.8 Gigawatt, como um consumo médio mensal, de energia elétrica, de 39,7 Gigawatt, e possui uma vantagem significativa em energia solar. O país está estrategicamente localizado com alta incidência do insumo mais importante para o uso da tecnologia, ou seja, a energia solar. Além disso, o Brasil é rico em recursos de silício, matéria-prima para a fabricação de células fotovoltaicas, perdendo apenas para a China (SILVA, 2017).

Conforme o Balanço Energético Nacional (2020), as fontes renováveis vêm marcando presença na matriz energética brasileira, tendo como ano base o ano de 2019, atingiu o percentual de 46,1% do total de energia produzida, valor 0,6% superior ao ano anterior. Por outro lado, tem-se 53,9% das energias não renováveis na oferta interna do Brasil. Uma vez que há repartição entre a oferta de energias renováveis e não renováveis (total da geração de energia elétrica dentro do território nacional).

O Brasil firmou compromissos de expansão de suas fontes renováveis, sendo estas eólica, biomassa e solar, para um total de 23% do total de geração de energia elétrica até 2030. Mesmo que os países não sejam obrigados legalmente, esses compromissos têm norteado a formulação de novas políticas para o setor energético. Por consequência dessas novas políticas, o país mais que dobrará a capacidade de gerar energia eólica, assim aumentara de forma expressiva o seu potencial energético (DINIZ, 2019).

2.2 Viabilidade Financeira

Conforme Kebede (2015) para se estudar a viabilidade econômica dos painéis fotovoltaicos é necessário principalmente informar aos interessados e investidores todos os benefícios de se utilizar essa tecnologia.

No Brasil, entre 950 a 1.250 TWh/ano de consumo de energia elétrica é previsto pelo Ministério de Minas e Energia para o ano de 2030. No entanto, mesmo com 80% de aproveitamento do potencial hidráulico, essa demanda não pode ser totalmente atendida. Para preencher essa lacuna, a implementação gradual da energia solar fotovoltaica pode ser uma opção viável para complementar a energia (KEBEDE, 2015).

No que se trata de política energética esta informação ao que tange a viabilidade econômica torna-se essencialmente necessária, uma vez que ao se tornar um recurso físico em uma tecnologia particular faz com que se tenham diversos fatores técnicos, sociais, econômicos, institucionais e ambientais trabalhando em conjunto com uma economia de livre mercado, e ademais o fato de se ter uma usina fotovoltaica faz com que assim como qualquer empresa, tenha-se a possibilidade de obter lucro sob o investimento (KHALID; JUNAIDI, 2013)

Atender às necessidades humanas básicas requer energia elétrica para iluminação, alimentação, abastecimento de água, serviços de saúde, educação e comunicação. A demanda por eletricidade tem crescido junto com mais atividades humanas e com o progresso da economia mundial, e isso implica no desenvolvimento humano (BORGES, 2007).

2.3 Viabilidade Econômica

Recursos escassos com aplicações alternativas podem ser designados como propostas de investimento nos negócios, envolvendo um sacrifício no presente para um benefício futuro (REMER; NIETO, 1995).

Para Lima Junior (1998) a liquidez do empresário é prejudicada quando ele investe em um empreendimento. Isso pode limitar sua capacidade de troca na economia, uma vez que as características de liquidez de sua carteira de investimentos definem os limites. O autor destaca que os empreendedores optam por sacrificar seu poder de compra atual pela chance de ganhar mais no futuro.

Refletindo sobre a qualidade, Lima Junior (1998) afirma que alguns indicadores podem ser usados esporadicamente. Para um investidor determinar a viabilidade de um projeto para sua empresa, ele conta com indicadores de investimento como TMA (Taxa Mínima de Atratividade), TIR (Taxa Interna de Retorno), VPL (Valor Presente Líquido) e PBD (Payback).

2.3.1 Valor Presente Líquido (VPL)

Para Brasil (2002), dispõe que “o critério do valor presente líquido fornece indicação a respeito do potencial de criação de valor de um investimento”. Sendo assim, tem-se que o VPL pode ser determinado como uma medida de quanto valor adicionado hoje para realizar determinado investimento. Portanto para esta análise se faz necessário trazer o valor presente ao fluxo de caixa futuro, no qual se utilizará uma taxa de desconto onde posteriormente serão reduzidos os valores do desembolso inicial do projeto.

$$VPL = FC_0 + \sum \frac{FC_n}{(1+TMA)^n} \quad (I)$$

A equação I, corresponde ao cálculo do VPL (Valor Presente Líquido), onde FC_0 corresponde ao fluxo de caixa no prazo zero; FC_n indica o fluxo de caixa em um determinado período (n), e a TMA representa a Taxa mínima de atratividade.

Conforme Souza (2003), o Valor presente Líquido (VPL), é definido pela saída de capital necessária para iniciar o projeto que é subtraída do valor presente de todos os ganhos financeiros futuros, encontrando assim, a disparidade entre os dois.

Gitman (2015) afirma que o Valor Presente Líquido pode ser determinado como uma técnica de orçamento, que por sua vez é muito sofisticada, na qual o seu valor é determinado pela subtração do valor inicial do projeto, onde o valor presente das entradas líquidas de caixa, são descontados uma taxa referente ao custo capital da empresa.

Lemes Júnior, Cherobim e Rigo (2002), fazem o uso da utilização do Valor Presente Líquido para que sejam tomadas as decisões, na qual há facilitação do principal objetivo do projeto para que o responsável financeiro, analise e aumente a riqueza do proprietário ou acionista. Uma vez que este método de análise dos investimentos em projetos é mais utilizado por profissionais da área de financeira permitindo assim interpretar facilmente os resultados.

2.3.2 Taxa Interna de Retorno (TIR)

A Taxa interna de retorno (TIR), determina que qualquer que seja o investimento, ele possua uma taxa única de retorno para analisar os méritos que um projeto irá obter. Esta taxa é mencionada como interna uma vez que ela depende somente dos fluxos de caixa de um determinado investimento e não de outras taxas oferecidas em outro lugar (LEMES JÚNIOR; RIGO; CHEROBIM, 2002).

Para Gitman (2015) para que seja possível realizar efetivamente esta análise da proposta de investimento por meio da taxa interna de retorno é de suma importância que se tenha conhecimento dos montantes de desembolsos de capital, e posteriormente, analisar o fluxo de caixa líquido que será gerado por esta decisão, onde assim a taxa representará o quanto este projeto será rentável uma vez que utiliza a taxa de retorno.

$$VPL = 0 = \text{Investimento Inicial} + \sum_{t=1}^N \frac{Ft}{(1+TIR)^t} \quad (\text{II})$$

Para os cálculos da equação II, aplica-se o índice VPL que significa Valor Presente Líquido, F que corresponde ao fluxo de caixa de cada período, t representando o período em questão, e N a quantidade de Períodos.

Nessa proposta, a taxa interna de retorno de um investimento é a taxa exigida de retorno que, quando utilizada como taxa de desconto, resulta em VPL igual a zero. Pode-se concluir então que a taxa interna de retorno é representada pela taxa de juros para em que o valor presente das entradas financeiras resultantes do projeto, se iguala ao valor do desembolso do projeto, a qual é muito utilizada para realizar o orçamento de capital. Caracterizando assim a taxa de remuneração deste investimento juros (ASSAF NETO, 2003).

2.3.3 Taxa Mínima de Atratividade (TMA)

O empreendedor, segundo Araújo (2010), normalmente espera um retorno equivalente ao que obteria se investisse seu dinheiro no mercado financeiro ao embarcar em um projeto específico. Assim, investir em um projeto significa sacrificar outras oportunidades que poderia ter aproveitado, levando a uma perda de poder de compra. Por isso, o projeto deve ter um retorno pelo menos equivalente a outras possibilidades de investimento.

$$VPL = \sum_{n=1}^{n=N} \frac{FCt}{(1+i)^n} \quad (\text{III})$$

Ao analisar o significado do TMA, Garrán (2018) observou que reorganizar as palavras pode criar uma experiência de leitura única. A taxa de juros representa o rendimento mínimo que um investidor espera ou o financiamento máximo que uma empresa pode pagar. Esta análise é crucial para as decisões de investimento.

Existe um limite específico de apelo que um investidor leva em consideração antes de embarcar em um empreendimento. Essencialmente, o crescimento do fluxo de caixa deve superar os recursos iniciais investidos para que um investimento valha a pena conforme afirma Garrán (2018).

2.3.4 Payback Descontado

A abordagem do payback descontado, que é o fator que leva em conta a depreciação da moeda ao longo do tempo ao calcular o prazo esperado de retorno do capital investido em um projeto. Utilizando como método de análise, para alguns autores como Rigo e Cherobim (2002), Lemes Júnior, Brigham e Ehrhardt (2006), este método é capaz de demonstrar que o investimento inicial possui um tempo necessário para se recuperar.

$$PB_D = \frac{\ln(1 - \frac{I_T * i}{A})}{\ln(1 + i)} \quad (\text{IV})$$

Pela equação IV, tem-se que PBD corresponde ao payback, “It” significa investimento total (R\$), e “i” indica a taxa de juros (%). De acordo com os autores acima citados, esse método considera principalmente o valor do dinheiro no tempo, uma vez que utiliza uma taxa de desconto para analisar o número exato de períodos em que o processo leva para recuperar o valor inicialmente investido.

2.4 Custo da Energia Solar no Brasil

As preocupações ambientais em relação ao uso de eletricidade têm impactado cada vez mais as maneiras pelas quais a energia é gerenciada. À medida que aumenta o uso de eletricidade, aumenta também o anseio de se reproduzir práticas mais sustentáveis e eficientes. Isso resultou em uma onda de pesquisas internacionais para entender melhor o crescente consumo de eletricidade e suas aplicações em evolução (CASTRO, 2015).

O custo da energia elétrica no Brasil tem aumentado acentuadamente ao longo do tempo, segundo dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). O Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2022 da ANEEL revela que o custo para os consumidores residenciais tem oscilado significativamente, com aumento médio de 89% entre 2012 e 2021. No atual momento, a tarifa média para os consumidores residenciais, sem contar os impostos, bate R\$/MWh 630,13 em 2021 (EPE, 2022).

No mercado brasileiro de energia, a tarifa é composta pelos impostos (PIS, Confins e ICMS) combinados com a quantidade de energia consumida em kWh. Com base na eficiência, equidade, justiça, equilíbrio financeiro, simplicidade e estabilidade que são considerados princípios para o cálculo de tarifas que indiquem ao consumidor o caminho de menor custo. Atualmente, o custo médio por kW é de R\$ 0,499250 (BITU; BORN, 1993).

Para a prestação de serviços, é fundamental manter o equilíbrio financeiro e econômico, garantindo a qualidade. Além disso, a cobrança de uma tarifa justa é essencial para alocar custos nas despesas do consumidor (FUGIMOTO, 2010).

O governo brasileiro exige que os residentes paguem uma tarifa mínima de energia com base no tipo de conexão elétrica em suas casas. Os utilizadores com ligação monofásica devem pagar um mínimo de 25kW, os utilizadores bifásicos devem pagar um mínimo de 50kW e para os com ligações trifásicas o pagamento mínimo é de 100kW (ANEEL, 2012).

O aumento do custo da eletricidade levou a uma demanda crescente por tecnologias avançadas que fornecem aos indivíduos maior conveniência, flexibilidade e automação de tarefas. Assim, é premente a necessidade de desenvolvimento de técnicas de domótica que possam aumentar os níveis de conforto das pessoas. Essas ferramentas têm o benefício adicional de melhorar a eficiência energética ao integrar informações relacionadas à iluminação, segurança, ar condicionado e muito mais em um único sistema. A incorporação de mecanismos para a implementação de um programa de geração de energia requer manipulação de dados (PEDRO, 2021).

2.5 Sistemas de Energia Solar Fotovoltaica

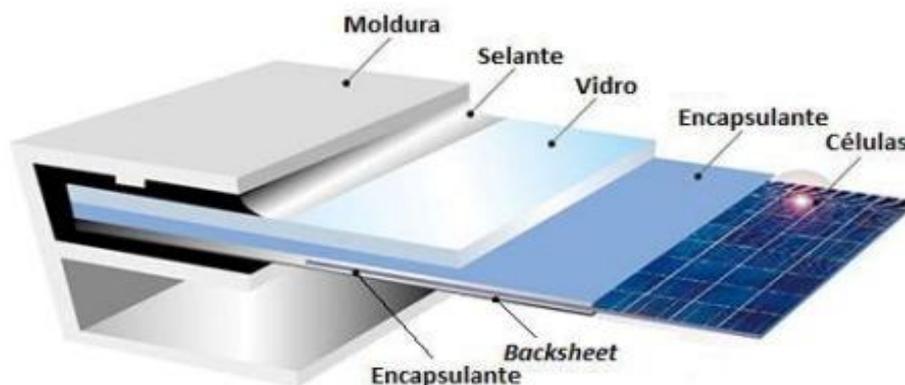
Um sistema de energia solar pode ser denominado como sendo um conjunto de módulos fotovoltaicos entre outros componentes, que são projetados para realizar a conversão de energia elétrica (MAYCOCK, 1981; TREBLE, 1991). As células fotovoltaicas são disponibilizadas de forma comercial e são elaboradas à base de silício monocristalino, policristalino e amorfo, porém existem também células fabricadas com diversos tipos de materiais, como o disseleneto de cobre-indio, e telureto de cádmio.

A estrutura atômica baseada no silício possui quatro elétrons que se interligam aos átomos próximos e formam uma rede cristalina. Na inserção de átomos com cinco elétrons na

camada de valência da rede cristalina, haverá um elétron em excesso que não fará a ligação e ficará excedendo (CRESESB, 2006).

A montagem destes sistemas pode ser realizada de três formas diferentes: isolados, híbridos e interligados a rede. Sendo que o uso de cada tipo de sistema, varia de acordo com a necessidade do projeto e da avaliação financeira. A figura 1, explica, de maneira simplificada, um sistema de energia solar fotovoltaica.

Figura 1: Sistema de energia solar fotovoltaica



Fonte: Tolmasquim (2016)

Observa-se que o módulo fotovoltaico consiste em muitas células solares que é a menor unidade de tecnologia responsável pela conversão direta de energia luminosa em eletricidade. Conforme Cresesb (2006) as células solares são feitas de um material semicondutor, geralmente silício, e têm uma camada positiva (falta de elétrons) e uma camada negativa (muitos elétrons) que se combinam para criar um campo elétrico, como uma bateria.

Ainda de acordo com o autor Cresesb (2006), quando os fótons atingem uma célula solar, eles liberam o excesso de elétrons dos átomos na camada negativa, que viajam para a camada positiva, criando um circuito elétrico. À medida que os elétrons fluem por esse circuito, eles geram eletricidade. Várias células compõem um módulo fotovoltaico, onde vários módulos são combinados para formar um painel solar.

Conforme demonstrado na Figura 1 de Tolmasquim (2016), o sistema é composto pelos seguintes componentes: a moldura, geralmente constituída de alumínio, que corresponde a parte externa do módulo, sendo responsável pela fixação do mesmo; o selante, um composto adesivo utilizado para adesão entre as camadas internas do módulo e a moldura, tendo como finalidade impedir a entrada de umidade e gases, bem como proteger o interior de choques mecânicos e vibrações; o vidro, destinado a proteger as células e condutores do ambiente através de uma camada rígida externa, além disso, permite a entrada de luz que será convertida em eletricidade; e o encapsulante, que corresponde ao filme que envolve as células, que além de otimizar a condução elétrica, também as protege dos materiais externos e umidade, sendo o Etil Vinil Acetato (EVA) o material mais utilizado para esta finalidade.

2.5.1 Sistemas Isolados (*OFF GRID*)

O sistema *off-grid* não conectado foi projetado para atender às necessidades de energia de aparelhos específicos e localizados, ao qual, depende da energia armazenada da bateria para alimentar esses aparelhos durante os períodos sem luz solar. Este sistema é comumente

empregado em locais remotos, onde muitas vezes é a fonte de eletricidade mais econômica e pragmática (NASCIMENTO, 2019).

Os sistemas isolados de geração de energia solar fotovoltaica, de maneira simplificada, são compostos de quatro componentes, sendo eles: placa solar; controlador de carga, inversor e bateria (NASCIMENTO, 2019).

Nesse sistema, os painéis solares geram a energia elétrica em corrente contínua (CC) que abastece as baterias que armazenam a energia elétrica para ser utilizada nos momentos em que o sol não esteja presente e não haja outras fontes de energia (LIMA JUNIOR, 2019). Conforme demonstra a Figura 2.

Figura 2: Sistemas OFF GRID



Fonte: NeoSolar (2017)

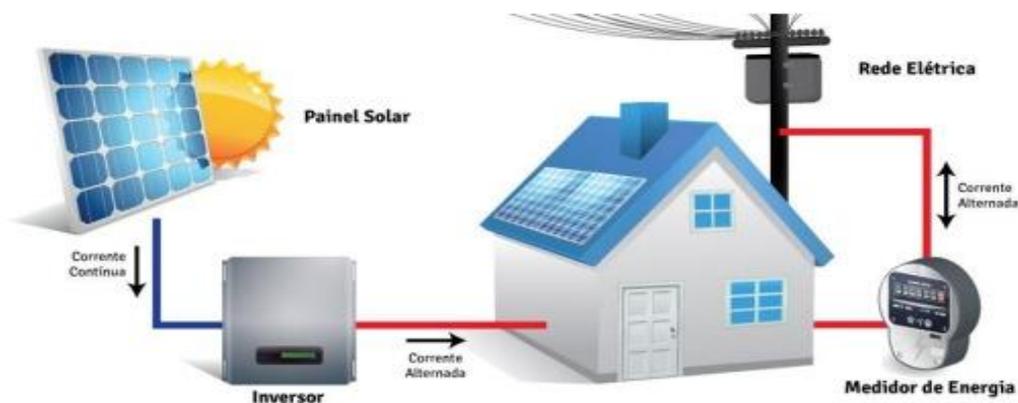
Segundo Nascimento (2019) um sistema fotovoltaico *off-grid*, conforme apresentado na Figura 2 tem os seguintes componentes: o arranjo Fotovoltaico, responsável por captar a radiação solar e convertê-la em eletricidade; a bateria, destinada em armazenar a energia elétrica convertida, podendo ser utilizada a qualquer hora, inclusive à noite; o controlador de carga, dispositivo eletrônico responsável por gerenciar a carga da bateria e, em alguns casos, a energia utilizada pelos dispositivos consumidores de energia; e o inversor solar (Autônomo), componente responsável por converter a corrente contínua gerada pelos painéis solares e armazenada na bateria em corrente alternada, possibilitando o aproveitamento da energia elétrica em aparelhos projetados para serem conectados à rede.

2.5.2 Sistemas Ligados a Rede (*ON GRID*)

O sistema fotovoltaico *on-grid* deve ser conectado à rede de distribuição de energia, o que faz com que não seja necessário utilizar baterias ou controladores de carga. Neste sistema os inversores além de ter a função de converter a contínua (CC) em corrente alternada (CA), tem também a função de sincronizar o sistema com a rede pública (BOHN, 2019)

Tem como principal vantagem possibilitar energia elétrica (armazenada em baterias) em dias com uma pequena geração ou quase nenhuma geração de energia, ocasionado em dia com baixa luminosidade. Porém é um sistema bastante complexo, pois necessita agregar variadas formas para a geração de energia elétrica como motor a diesel (PEREIRA & OLIVEIRA, 2011).

Figura 3: Sistemas ON GRID



Fonte: Real Solar (2016)

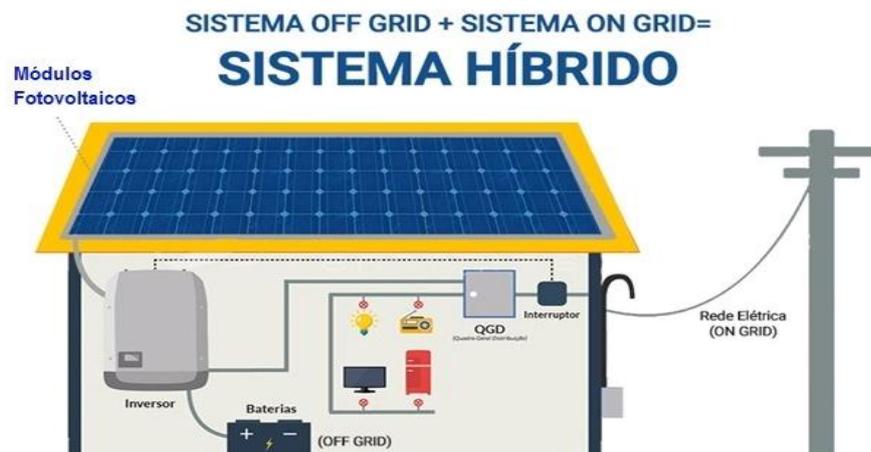
Conforme a Figura 3 e Segundo Bohn (2019), os sistemas ON GRID, funcionam da seguinte forma: A energia de corrente contínua (CC) é gerada pela captação da luz solar através de painéis solares fotovoltaicos; a partir daí, a corrente contínua passa por um inversor solar conectado à rede e convertida em corrente alternada (CA); parte da energia gerada pelo inversor é do mesmo tipo de energia fornecida pela distribuidora de energia para uso dos equipamentos eletrônicos do imóvel; seu excedente será transferido para a rede geral (o proprietário receberá o devido crédito); por fim, será realizado monitoramento para mensurar a produção de energia solar.

2.5.3 Sistemas híbridos (*ON GRID*)

O sistema fotovoltaico híbrido, como ilustrado na Figura 4, se caracteriza pela sua capacidade de armazenamento de energia produzida em seu banco de baterias. Já se pode encontrar no mercado diversos modelos de híbridos, basicamente todos acompanhados com o sistema de armazenamento de energia. Alguns contam com um gerador secundário para auxílio em seu funcionamento e as baterias mais utilizadas são de Lítio-Ferro Fosfato e a de Chumbo-Ácido. Esse sistema se torna interessante para ambientes em que o fornecimento de energia da concessionária sofre quedas constantes ou, situações em que o sistema de energia deve trabalhar de forma ininterrupta (SOLIENS, 2019).

Segundo Nascimento (2019) o sistema de geração estará interligado com a rede elétrica, gerando para seu consumo, para o sistema de armazenamento de baterias e para a rede de distribuição, sendo esses dois últimos, o percentual de prioridade determinado pelo usuário. Desta forma, dependendo das preferências antepostas pelo administrador, é possível configurar o momento de utilização da carga armazenada pelo banco de baterias, e utilização delas em caso de falta de fornecimento da rede.

Figura 4: Sistema híbrido



Fonte: Real Solar (2016)

Conforme o autor mencionado anteriormente o princípio de funcionamento do gerador fotovoltaico híbrido é de que a energia obtida pelos painéis solares do sol flui para o inversor híbrido para consumo local e, por meio de cálculos precisos, a parte restante é armazenada na bateria até que esteja totalmente carregada e, em seguida, a energia é injetada na rede. Na ausência do sol, o inversor híbrido fornecerá automaticamente a energia armazenada ao consumidor, se esse consumo ultrapassar a capacidade da bateria, o inversor complementarmente a energia da rede ou mesmo do gerador de combustível.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho é uma pesquisa de campo com coleta de dados primários, na qual por meio do próprio estudo foram obtidos os resultados da análise do consumo e custo de energia anterior e posterior a instalação dos painéis solares fotovoltaicos.

A coleta de dados foi realizada através de levantamento das faturas de energia de um ano anterior e um ano posterior a instalação da usina solar fotovoltaica, onde assim foi possível identificar o custo-benefício da instalação das placas solares. A coleta de dados teve uma duração de um ano na qual iniciou-se em julho de 2021 e término em junho de 2022.

O local de implantação da usina solar foi em solo, em duas áreas que totalizam o montante de 3.000 metros quadrados.

Por meio de um quadro demonstrativo onde se compara o consumo e a produção durante o período de um ano, no qual houve o pelo funcionamento das usinas no viveiro de mudas, pode-se verificar dentre os meses em que houveram faltas e sobras de energia, sendo a falta dada a condição climática, muitas chuvas no período e as sobras que serão tidas como crédito para os meses em que há pouca produção de energia e caso não seja utilizada a sobra de energia é perdida no mês vigente aos 60 meses da produção.

Assim esta comparação entre a energia produzida, a consumida e o custo anterior foi essencial para que o presente trabalho, se torne um meio de incentivo para empresas do seguimento atribuírem ao seu negócio o uso da energia solar.

Com relação a interpretação dos dados quantitativos, foram elaboradas tabelas com o intuito de esclarecer e comparar os resultados da pesquisa, facilitando a compreensão e interpretação das informações.

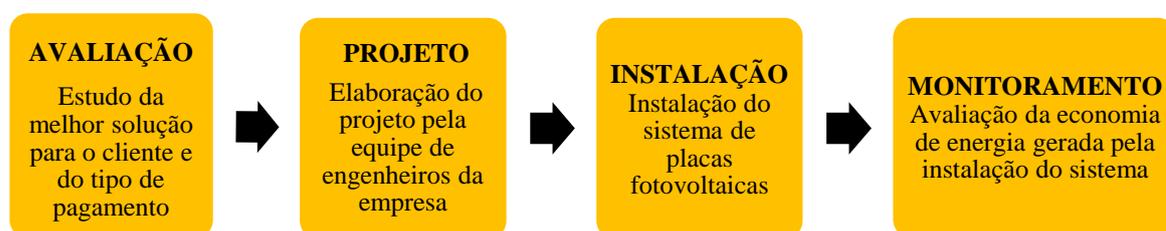
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Estudo de caso

O local de implantação da usina solar foi em solo, em duas áreas que totalizam o montante de 3.000 metros quadrados.

O departamento de vendas, engenharia e execução de obras possui etapas de atendimento ao cliente no qual são determinadas conforme fluxograma apresentado na figura 05.

Figura 05: Fluxograma do processo de atendimento ao cliente



Fonte: Própria (2023)

4.2 Descrição do processo de implantação do sistema fotovoltaico

Neste tópico estão descritas as etapas do processo de instalação das placas solares na usina solo, no qual serão utilizadas imagens obtidas *in loco*.

Inicialmente obteve-se o levantamento topográfico do local onde será instalada a usina, observando o direcionamento para o norte para maior aproveitamento e desempenho do sol; em seguida a limpeza e terraplanagem da área se faz necessário, para então realizar a locação da obra com equipamento de topografia.

A construção da infraestrutura da usina utiliza-se de pilares, cercas, casa de máquinas, aterramento e tubulações. Além disso, são executados a instalação e fixação das estruturas de suporte dos módulos fotovoltaicos com cabeamentos e inversores.

Ao finalizar a construção, é necessário a solicitação de vistoria e troca de medidor realizada pela concessionária de energia, para então ativar o sistema e acompanhar a produção de energia.

4.3 Descrição do estudo de viabilidade

A avaliação inicial do empreendimento para que fosse possível realizar o orçamento foi feita com base na tabela 01, na qual pode-se observar que o consumo em kwh/mês, baseado nos últimos 12 meses girou em torno de R\$ 17.457,23, sendo que o valor da tarifa de energia elétrica fornecida pela central de distribuição é equivalente ao valor de R\$ 0,698480 por kwh, sendo assim o proprietário do viveiro florestal gastava aproximadamente R\$ 210.000,00 com o consumo de energia anual.

Tabela 1: Consumo e custo da energia mensal e anual

Meses	Consumo de energia em kWh	Valor da tarifa com tributos (R\$)	Valor de kWh consumido por mês (R\$)	Consumo médio diário em kWh/dia (R\$)	Número de dias para cada mês
AGO/20	24501	0,698480	17113,46	534,79	32
JUL/20	26076	0,698480	18213,56	607,12	30
JUN/20	19483	0,698480	13608,48	412,38	33
MAI/20	26469	0,698480	18488,06	596,39	31
ABR/20	18105	0,698480	12645,98	451,64	28
MAR/20	19089	0,698480	13333,28	416,66	32
FEV/20	21648	0,698480	15120,69	521,40	29
JAN/20	22041	0,698480	15395,20	466,52	33
DEZ/19	31684	0,698480	22130,64	737,69	30
NOV/19	24501	0,698480	17113,46	509,34	28
OUT/19	33062	0,698480	23093,14	769,77	30
SET/19	33259	0,698480	23230,75	749,38	31
Média	24993,17		17457,23	564,42	

Fonte: Própria (2023)

No empreendimento haviam dois transformadores, porém, somente um de 112,5 kVA estava sendo utilizado, sendo assim para que fosse realizada uma distribuição de carga de energia sem necessitar de trocar os dois transformadores por um com maior potência, foi realizada a ativação do outro transformador de 75 kVA.

Para este empreendimento foi elaborado o orçamento com a descrição do sistema, conforme apresentado na tabela 2.

Tabela 2: Dados do sistema industrial

DADOS DO SISTEMA (INSTALAÇÃO INDUSTRIAL)				
Consumo KWH/MÊS (últimos 12 meses)	Instalação em solo	Cidade / Estado	Tarifa média por KWH	Distribuidora
R\$ 17.457,23	Estrutura para fixação em solo	Sinop-MT	R\$ 0,80	Energisa S/A
Painéis	Potência total	Inversor/ Marca	Área Estimada	Tensão
668 X 365 Wp Canadian Solar	243,82	4 x Sofar Solar	3.000 m ²	380 V
VALOR DO INVESTIMENTO				R\$ 940.000,00

Fonte: Própria (2023)

Observa-se que o valor do investimento inicial para obtenção do sistema de geração de energia solar foi de R\$ 940.000,00. Este valor será utilizado como base para realizar o cálculo econômico de acordo com o Payback (PB). Será utilizada uma Taxa Mínima Atrativa (TMA) de 8% ao ano, conforme a caderneta de poupança dos últimos meses.

Como este sistema possui garantia de 25 anos, foi calculado conforme a tabela 3, o investimento diluído pela quantidade de anos da garantia do sistema, uma vez que a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) é de 8 % a.a conforme a caderneta de poupança.

O Payback é o cálculo que permite saber em quanto tempo os lucros trazidos por um investimento cobrirão o valor aplicado inicialmente que é de aproximadamente 4 anos e 6 meses, tendo em vista que o gasto anual girava em torno de R\$ 210.000,00, conforme informado na tabela 3.

A Taxa Interna de Retorno (TIR) que quantifica uma taxa de juros que relaciona o capital investido com o valor recuperado ao final do investimento é de 22,19%, que ficou extremamente acima da Taxa Mínima de Atratividade (TMA) de 8% do projeto.

O Valor Presente Líquido (VPL) que é definido como o valor presente de pagamentos futuros descontado uma taxa de custo de capital, calculados nos 25 anos de garantia do sistema é positivo, uma vez que este é de R\$ 1.301.703,00.

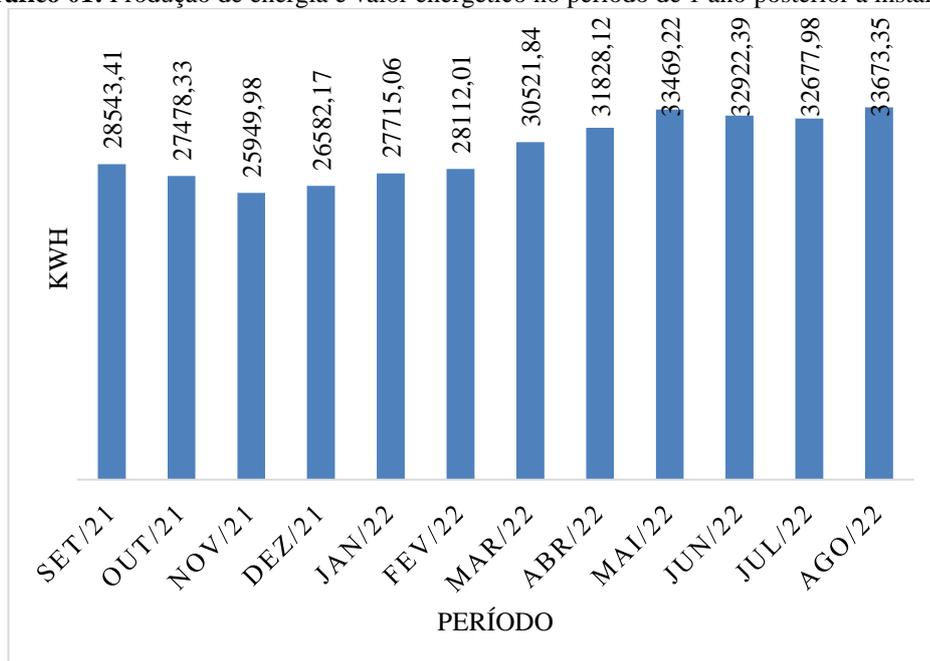
Tabela 3: análise da viabilidade financeira do sistema

Ano	Fluxo do Investimento	Ano	Fluxo do Investimento
0	-R\$940.000,00	13	R\$210.000,00
1	R\$210.000,00	14	R\$210.000,00
2	R\$210.000,00	15	R\$210.000,00
3	R\$210.000,00	16	R\$210.000,00
4	R\$210.000,00	17	R\$210.000,00
5	R\$210.000,00	18	R\$210.000,00
6	R\$210.000,00	19	R\$210.000,00
7	R\$210.000,00	20	R\$210.000,00
8	R\$210.000,00	21	R\$210.000,00
9	R\$210.000,00	22	R\$210.000,00
10	R\$210.000,00	23	R\$210.000,00
11	R\$210.000,00	24	R\$210.000,00
12	R\$210.000,00	25	R\$210.000,00
TMA		8,00%	
PAYBACK		4,48 Anos	
TIR		22,19%	
VPL		R\$1.301.703,00	

Fonte: Própria (2023)

No que diz respeito a produção de energia, o gráfico 01 demonstra a produção das 2 usinas no período de setembro de 2021 a agosto de 2022, onde percebe-se que a variação de produção corresponde aos meses de seca e períodos chuvosos, sendo que nos períodos de seca o ar tornasse mais poluído com poeira e fumaça o que faz que os resíduos se fixem nos módulos, fazendo com que tenha uma perda de energia pelas placas não conseguirem captar os raios solares. Já no período chuvoso, o aumento é significativo pelo fato de que os módulos devido a água das chuvas, fiquem limpos, o que faz com que após a chuva haja uma captação maior dos raios solares.

Gráfico 01: Produção de energia e valor energético no período de 1 ano posterior a instalação



Fonte: Própria (2023)

Analisando todo o período posterior a instalação conforme o gráfico, os meses com maior produção de energia compensam os meses com baixa produção, contabilizados no quadro de medição da concessionária. Neste período podem-se afirmar que houve uma média de produção de 29.956,16 kWh. Sendo que os resultados estão dentro do esperado tendo em vista que o orçamento foi baseado na produção de 30.000 kWh. Fator que se deve a limpeza dos módulos que não haviam sido realizados no devido período.

Tabela 4: Comparativo da produção de energia

Meses	Consumo de energia em kWh	Valor da tarifa com tributos (R\$)	Valor de kWh consumido por mês (R\$)	Consumo médio diário em kWh/dia (R\$)	Número de dias para cada mês
Setembro/2019	33259	0,698480	23230,75	749,38	31
Outubro/2019	33062	0,698480	23093,14	769,77	30
Novembro/2019	24501	0,698480	17113,46	509,34	28
Dezembro/2019	31684	0,698480	22130,64	737,69	30
Janeiro/2020	22041	0,698480	15395,20	466,52	33
Fevereiro/2020	21648	0,698480	15120,69	521,40	29
Março/2020	19089	0,698480	13333,28	416,66	32
Abril/2020	18105	0,698480	12645,98	451,64	28
Mai/2020	26469	0,698480	18488,06	596,39	31
Junho/2020	19483	0,698480	13608,48	412,38	33
Julho/2020	26076	0,698480	18213,56	607,12	30
Agosto/2020	24501	0,698480	17113,46	534,79	32
Média	24993,17		17457,23	564,42	

Fonte: Própria (2023)

O quadro demonstrativo na tabela 4, mostra o consumo e a produção durante o período de um ano, a partir do funcionamento das usinas no viveiro de mudas. Pode -se verificar dentre os meses em que houveram faltas e sobras de energia, sendo a falta dada a condição climática, muitas chuvas no período e as sobras que serão tidas como credito para os meses em que há pouca produção de energia e caso não seja utilizada a sobra de energia é perdida no mês vigente aos 60 meses da produção. Porém, estes créditos podem ser direcionados a outras unidades consumidoras desde que esteja dentro do estado do Mato Grosso.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em ambientes industriais, os painéis solares são normalmente instalados em telhados ou em espaços abertos para gerar eletricidade para a instalação. Existem vários tipos de painéis solares usados nas indústrias, incluindo painéis solares monocristalinos, policristalinos e de película fina.

Um dos principais benefícios econômicos do uso de painéis solares nas indústrias é a redução significativa nos custos e despesas com energia. Gerando sua própria eletricidade, as empresas e indústrias tem a possibilidade de reduzir sua dependência da rede e evitar os altos custos de compra de eletricidade de concessionárias.

Em conclusão, o uso de painéis solares em ambientes industriais oferece muitos benefícios econômicos, incluindo redução de custos de energia, incentivos fiscais e aumento de receita e lucros. Porém, existem muitos desafios que devem ser enfrentados, incluindo altos custos iniciais, espaço limitado para instalação e dependência das condições climáticas e da luz solar. Apesar desses desafios, o uso de painéis solares está se tornando cada vez mais popular em ambientes industriais, pois mais indústrias reconhecem os benefícios econômicos e ambientais da energia sustentável.

Os resultados obtidos neste estudo de caso demonstraram que há viabilidade financeira na implantação de um sistema solar fotovoltaico no qual foi capaz de suprir a demanda do empreendimento de forma satisfatória. Apesar de que o custo inicial ser alto, conclui-se através dos indicadores financeiros utilizados que o investimento e o sistema se pagam em 4 anos e meio, o que torna o projeto extremamente viável ao analisar o fator custo-benefício.

REFERÊNCIAS

ANEEL. Resolução N°482. **Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e mineração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providencias.** ANEEL, 2020.

ANEEL. RESOLUÇÃO NORMATIVA ANEEL N° 1.042, DE 20 DE SETEMBRO DE 2022. **Altera a Resolução Normativa n° 1.000, de 7 de dezembro de 2021 e a Resolução Normativa n° 950, de 23 de novembro de 2021, em função dos Decretos n° 11.016, de 29 de março de 2022 e n° 11.034, de 5 de abril de 2022.** ANEEL, 2022.

ANEEL. Resolução N°687, de 24 de novembro de 2015. **Altera a Resolução Normativa n° 482, de 17 de abril de 2012, e os Módulos 1 e 3 dos Procedimentos de Distribuição – PRODIST.**

ASSAF Neto Alexandre; SILVA, Cesar Augusto Tibúrcio. **Administração do Capital de Giro**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

BITU, R. S.; BORN, P. H. **Tarifas de Energia: Aspectos Conceituais e Metodológicos**, 1. ed. São Paulo; MM Editora Ltda, 1993.

BOHN, Carlos Adriano et al. **Influências na geração de energia elétrica em módulos fotovoltaicos revestidos por policarbonato alveolar e compacto**. 2019.

BORGES, Cristiano M. **Energia, capitalismo inclusivo e desenvolvimento sustentável: chaves para a quebra de um paradigma**. Dissertação de Mestrado em Energia, Programa de Interunidades de Pós-Graduação em Energia, Universidade de São Paulo, SP. 2007.

CRESESB, **Centro de Referência Para Energia Solar e Eólica Sergio de Salvo Brito**. Componentes de um sistema fotovoltaico. 2008. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/>. Acesso em: 20 de novembro de 2022

Espósito, A. S. e Fuchs, P. G. (2013) **Desenvolvimento tecnológico e inserção da energia solar no Brasil**. Revista do BNDES Acesso em: 05 de novembro de 2022

FUGIMOTO, Sérgio Kinya. **Estrutura de tarifas de energia elétrica análise crítica e proposições metodológicas**. 2010. 207 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Elétrica, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

GARRÁN, Felipe. **Taxa Mínima de Atratividade (TMA)**. Disponível em: Acesso em: 23 jul. 2018

GITMAN, Lawrence J. **Princípios de Administração Financeira**. 12. Ed. São Paulo: Pearson Prentice, 2015.

KHALID, A.; JUNAIDI, H. **Study of economic viability of photovoltaic electric power for Quetta – Pakistan**. Renewable Energy, v. 50, p. 253 – 258, 2013.

KEBEDE, K. **Viability study of grid-connected solar PV system in Ethiopia**. Sustainable Energy Technologies and Assessments, v. 10, p. 63 – 70, 2015.

LEMES JÚNIOR, Antônio Barbosa; RIGO, Cláudio Miessa; CHEROBIM, Ana Paula Mussi Szabo. **Administração Financeira: Princípios, Fundamentos e Práticas Brasileiras**. 2. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2005. ISBN 85-352-0904

LIMA JUNIOR, Elias. **A energia fotovoltaica no agronegócio: gestão de custos e riscos, diversificação de receita e externalidades**. 2019. Tese de Doutorado

MAGALHÃES, Lana. **Energia solar**. Disponível em: <<https://www.todamateria.com.br/energia-solar/>>. Acesso em: 05 de novembro de 2022.

MAYCOCK, P. D. **Photovoltaics: Sunlight to Electricity in One Step**. Andover: Brick House. 222 p. 1981.



NASCIMENTO C. A. (2019) **Princípio de funcionamento da célula fotovoltaica**, Artigo científico, in: http://www.solenerg.com.br/files/monografia_cassio.pdf, Acesso em: 05 de novembro de 2022.

PEREIRA, F.; OLIVEIRA, M. **Curso técnico instalador de energia solar fotovoltaica**. Porto: Publindústria, 2011.

SOLIENS. (2014) **Empresa de design, instalação e monitoramento de sistemas de energia fotovoltaica**, Belo Horizonte, In: <https://www.soliens.com.br/> Acesso em: 20 de março de 2023

SILVA, Vinícius Radetzke da. **Desenvolvimento e a regulação do mercado livre de energia no Brasil**. 2017. 94 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2017. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/13642/DIS_PPGEPP_2017_SILVA_VINICIUS.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 06 de novembro de 2022

SOLARVOLT. **A energia solar é sustentável?** 2020. Disponível em: Acesso em: 05 de novembro de 2022

VÂLLERA, A. M., & BRITO, M. C. **Meio Século de História Fotovoltaica**. Gazeta de Física. 2006.