

COMPARATIVO DE VIABILIDADE ENTRE UMA USINA SOLAR OU PLANTIO INTERCALADO DE SOJA E MILHO

COMPARISON OF FEASIBILITY BETWEEN A SOLAR PLANT OR INTERCALLED SOY AND CORN PLANTING

NIKOLAS EKAVE DE BRITTO^{1*}, IVAN ROSSATO CHRUN²

1. Acadêmico do curso de pós-graduação do curso de Especialização em Gerenciamento de Projetos da Faculdade de Engenharia e Inovação Técnico Profissional; 2. Professor Mestre da Faculdade de Engenharia e Inovação Técnico Profissional.

* Ruela Pioneiro Romano Pulzatto, 26, Quebec, Maringá - PR, 87035-510, Maringá, Paraná, Brasil. nikekave12@hotmail.com

Recebido em 07/08/2024. Aceito para publicação em 12/08/2024

RESUMO

O avanço tecnológico e o crescimento populacional estão aumentando a demanda por energia elétrica limpa e renovável. A transição global para fontes alternativas e economicamente viáveis tornou-se uma prioridade. O Brasil se destaca como um dos principais produtores de energia renovável, com uma matriz elétrica predominantemente composta por fontes como solar, eólica, hidrelétrica e biomassa. O crescimento da energia solar no país é facilitado por incentivos governamentais, como o RenovaPR e o Finame - Baixo Carbono, que promovem o acesso a sistemas fotovoltaicos. Simultaneamente, o setor agropecuário brasileiro adota tecnologias emergentes, como biologia genômica e automação, para melhorar a eficiência e a sustentabilidade. Neste contexto, uma análise de viabilidade entre o investimento em uma usina solar e o cultivo de culturas como milho e soja é fundamental. Esta análise considerou o investimento inicial, o retorno financeiro a longo prazo e os riscos associados a cada setor. A avaliação dessas variáveis, junto com as políticas governamentais e os avanços tecnológicos, permitiram identificar oportunidades para investimentos mais eficazes e sustentáveis no setor energético e agrícola.

PALAVRAS-CHAVE: Energia renovável; energia solar, plantação; milho; soja.

ABSTRACT

Technological advancement and population growth are increasing the demand for clean and renewable electricity. The global transition to alternative and economically viable sources has become a priority. Brazil stands out as one of the leading producers of renewable energy, with an electricity matrix predominantly composed of sources such as solar, wind, hydroelectric, and biomass. The growth of solar energy in the country is supported by government incentives like RenovaPR and Finame - Low Carbon, which promote access to photovoltaic systems. At the same time, the Brazilian agribusiness sector is adopting emerging technologies, such as genomic biology and automation, to enhance efficiency and sustainability. In this context, a feasibility analysis between investing in a solar power plant and cultivating crops such as corn and soybeans is essential. This analysis considered the initial investment, long-term financial returns, and the risks associated with each sector. Evaluating these variables, along with government policies and technological advancements,

has allowed for the identification of opportunities for more effective and sustainable investments in both the energy and agricultural sectors.

KEYWORDS: Renewable energy; solar energy; crop; corn; soybean.

1. INTRODUÇÃO

No contexto do progresso da humanidade, a energia elétrica emerge como a principal impulsionadora desse desenvolvimento. À medida que ocorre o avanço tecnológico e o crescimento populacional, observa-se simultaneamente um aumento na demanda por energia elétrica, sendo necessário recorrer a novas formas de gerar energia limpa e de fontes renováveis que não prejudiquem o meio ambiente. O atual cenário mundial, visando evoluir tecnologicamente de forma sustentável, busca por fontes de energia alternativas e economicamente viáveis se torna-se uma prioridade global, sendo um investimento promissor, capaz de oferecer não apenas uma fonte limpa de eletricidade, mas também uma oportunidade de investimento economicamente atrativa. No quesito fontes de energia alternativa, o Brasil se destaca entre os dez maiores produtores de energia do mundo, com uma matriz elétrica predominantemente renovável, onde cerca de 88% da energia elétrica provem de fontes renováveis. Entre as fontes de energia renováveis presentes no território brasileiro as que mais chamam atenção são, usinas de biomassa, eólicas, solares e as hidrelétricas, que por sua vez são responsáveis pela grande maioria da energia produzida, ocupando cerca de 58% da matriz elétrica, seguido pela energia eólica com 12,6%, biomassa com 8,8% e solar com 3,9%¹.

Segundo a ABSOLAR - Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (2023)² o Brasil chegou a 32 GW de potência instalada de proveniente de usinas fotovoltaicas, tanto de grande quanto de pequeno porte, resultando em 14,7% da capacidade instalada da matriz elétrica do País. Desde as primeiras usinas em 2012 a energia solar já trouxe ao país aproximadamente 155,2 bilhões de reais em investimentos, mais de 45,1 bilhões de reais aos cofres públicos, gerou mais de 960 mil empregos, e também evitou a emissão de 40,6 milhões

de toneladas de CO_2 .

Um dos motivos que favoreceu o crescimento da energia solar no Brasil se deve a incentivos bancários e governamentais como o RenovaPR (Programa Paraná Energia Rural Renovável) junto ao Banco do Agricultor Paranaense impulsionou muito a obtenção de sistemas fotovoltaicos em propriedades rurais, permitindo que o produtor paranaense invista em energias renováveis com juro reduzido, onde desde seu lançamento em agosto de 2021, o número de propriedades rurais com energia solar passou de 5.558 para 22.790 em fevereiro de 2023³. Outro incentivo é o Finame – Baixo Carbono que proporciona o financiamento de 100% do custo de sistemas solares e eólicos⁴.

Além dos investimentos em energia renováveis o Brasil se destaca também no mercado agropecuário, sendo um dos maiores produtores e exportadores do mundo, resultando em 21% de toda renda gerada em território brasileiro, causando um grande crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) do país⁵. O agronegócio permanece em constante evolução, buscando aplicar novos conhecimentos e tecnologias emergentes no mercado, como por exemplo, aplicações na área da biologia genômica, física, química e até mesmo nanotecnologia, que contribuem na preservação do solo, da água, da biodiversidade em geral, como também na diminuição dos efeitos causados pelo aquecimento global na área da agricultura⁶.

Inovações tecnológicas de sensoriamento remoto, automação e robótica farão com que os recursos naturais sejam utilizados da melhor forma possível, fazendo com que a agricultura seja mais eficiente, sustentável e produtiva. Dentre os ramos da evolução tecnológica aplicada a agricultura o que mais se destaca é o melhoramento genético, que desenvolve sementes melhoradas e adaptadas ao território e às mudanças climáticas do Brasil⁶.

Nesse contexto, os empreendimentos com energia renovável estão em ascensão no mercado brasileiro, com um crescimento de 83,79% em 2023. Dentro dessa porcentagem, as usinas fotovoltaicas representam 43,9% ou 3 GW (Gigawatt), ficando atrás apenas da energia eólica com 46% ou 3,2 GW⁷. A grande expansão no setor de energia solar se deve ao enorme potencial de geração do território brasileiro, que se localiza em sua maioria entre a região intertropical. Isso faz com que o local com pior incidência solar do Brasil seja melhor do que o local com a maior incidência solar da Alemanha, que é o país que mais investe em energia solar a nível mundial⁸.

Conforme publicado pelo Redação It's Money (2022)⁹ investimentos na agricultura desempenham um papel significativo no PIB nacional, oferecendo oportunidades atrativas para o crescimento patrimonial, com opções como, fundos de investimento imobiliários (FII), fundos de investimento em cadeias agroindustriais (Fiagro), letras de crédito do agronegócio (LCA), certificados de recebíveis do agronegócio (CRA), e atualmente tem-se visto agricultores estão investindo na construção de usina solares, tal empreendimento faz uso de uma grande quantidade territorial para que possa ser

construído, e isso somado a alta rentabilidade e incentivos governamentais é justamente o que faz com que agricultores considerem trocar parte do plantio pela construção de uma usina solar, levantando assim uma questão sobre a análise de investimento entre os empreendimentos, buscando uma melhor utilização do espaço analisado, entre usinas fotovoltaicas ou plantio.

Nesse contexto o presente trabalho apresenta uma análise de viabilidade entre uma usina solar e um plantio intercalado de soja e milho, utilizando o *software Pvsyst*, que permite simular a produção de energia de sistemas fotovoltaicos, e através dessa geração, calcular o rendimento proporcionado pela usina e comparar com o rendimento do plantio nos últimos 5 anos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Essa seção irá apresentar uma breve introdução sobre os principais tópicos abordados nesse artigo, assim como uma pequena revisão relacionada a tópicos correlatos.

Escolher o melhor investimento na agricultura demanda uma avaliação cuidadosa de metas, perfil de investidor e valores disponíveis. A diversificação de investimentos é importante para equilibrar a carteira de ativos. Detalhes como taxas, impostos, liquidez e rentabilidade devem ser minuciosamente considerados. Culturas específicas, como soja, milho e algodão, são frequentemente mencionadas como promissoras, mas a análise detalhada de custos e riscos é crucial para o sucesso do investimento. Tais empreendimentos rurais possuem crédito rural disponíveis para atender os investimentos e às distintas demandas de agricultores e indústrias agropecuárias⁹.

Entre esses incentivos destacam-se o Pronaf, que direciona seu apoio à agricultura familiar; o Pronamp, desenvolvido para atender o médio produtor rural; o Moderfrota, um programa voltado para a modernização da frota agrícola; o Inovagro, que tem o objetivo de incentivar a inovação tecnológica na produção agropecuária; e o PCA, um programa que visa fomentar a construção e ampliação de armazéns. Cada um desses programas oferece condições específicas de financiamento, adaptadas às necessidades particulares de cada setor. Essas iniciativas contribuem para impulsionar investimentos em tecnologia, modernização de equipamentos e infraestrutura agrícola⁹.

Segundo Hirakuri e Lazzarotto (2014)¹⁰, o investimento no plantio requer uma análise abrangente, que considere fatores como clima, solo, mercado-alvo, recursos disponíveis e práticas agrícolas sustentáveis. A decisão do que plantar é baseada na análise do solo, na identificação da demanda de mercado e na avaliação de recursos como água e mão de obra. O processo de plantio envolve a escolha da cultura apropriada, a adoção de técnicas de plantio adequadas, e a implementação de práticas eficazes de gestão agrícola.



Figura 1. Oscilação do valor de venda do milho e da soja. Fonte: Agrolink (2023)¹²

Aspectos como sustentabilidade, rentabilidade e gerenciamento de riscos são ponderados para garantir decisões economicamente viáveis e minimizar impactos ambientais e sociais. O valor de venda das plantações de milho e soja é impactado por diversos fatores relacionados à oferta e demanda, além de elementos específicos do mercado. No cenário do milho, condições econômicas globais, a procura internacional, acordos de fornecimento com empresas de processamento e os níveis de estoque mundial exercem influência crítica sobre os preços de venda. No contexto da soja, a demanda por óleo de soja, exportações para a China, sazonalidade na produção e o consumo humano e animal são fatores essenciais que afetam os preços de venda. A qualidade do produto, avaliada por critérios como teor de proteína e óleo, também desempenha um papel significativo, juntamente com contratos futuros e políticas governamentais¹¹. Ao observar a Figura 1 é possível perceber a oscilação do valor do milho e da soja nos últimos anos.

Diversos ramos e práticas dentro setor agropecuário podem reduzir substancialmente os custos com eletricidade através da implementação de sistemas fotovoltaicos, sendo que as áreas que mais utilizam de sistemas fotovoltaicos são, na produção de leite, avicultura, irrigação, entre outros, com destaque para o bombeamento de água, que antes exigia uma demanda de mão de obra especializada para sua operação, no entanto atualmente esse processo é automatizado utilizando pivôs de irrigação que ajudam a evitar o gasto excessivo de água e gastos com mão de obra humana, porém tal sistema consome uma grande quantidade de energia¹³.

A opção pela energia solar, entre todas as demais fontes de energia renovável, apresenta vantagens substanciais. Dentre essas vantagens, destaca-se a virtual inexauribilidade dessa fonte, uma vez que é derivada da luz solar. Além disso, sua operação não resulta na emissão de gases poluentes, contribuindo

assim para a redução das emissões de carbono e a atenuação das mudanças climáticas, exibindo um impacto ambiental reduzido em relação a muitas outras formas de geração de energia e possui um impacto sonoro muito reduzido. A energia solar emerge como uma solução viável, particularmente em regiões remotas ou desprovidas de fácil acesso à rede elétrica convencional, como áreas rurais¹⁴.

Os sistemas fotovoltaicos são divididos em três, sendo eles, *on-grid*, que são conectados à rede elétrica de distribuição, *off-grid*, que não são conectados à rede, e os híbridos que possuem característica de ambos os citados anteriormente. O sistema *on-grid* é composto pelos módulos fotovoltaicos conectados a um inversor que transforma a corrente contínua gerada pelos módulos em corrente alternada, seguido por um quadro de proteção com disjuntores e DPS (Dispositivo de Proteção de Surto), que por sua vez é conectado ao QGBT (Quadro Geral de Baixa Tensão) da residência, e em seguida a rede elétrica. Já o sistema *off-grid* ao invés da energia gerada seguir para rede elétrica ela fica armazenada em um banco de baterias. Por fim os sistemas híbridos, que são conectados à rede e possuem um banco de baterias, fazendo uso de um sistema de automação que faz com que a residência utilize da energia da rede só quando a energia armazenada nas baterias se esgotar¹⁵.

A atração crescente pela implementação de sistemas fotovoltaicos nos últimos anos está intimamente ligada à diminuição dos custos de instalação. Esse declínio nos preços, por sua vez, tem suas raízes na evolução histórica da tecnologia solar. No seu início, primeira célula solar foi construída com apenas 1% de eficiência, utilizando selênio, contudo, o verdadeiro marco na energia solar ocorreu em 1954, quando os painéis solares começaram a ser fabricados em silício, atingindo uma eficiência de 6%. Desde então, a tecnologia avançou significativamente, resultando em painéis solares que alcançam mais de 20% de eficiência. Junto

ao aprimoramento da eficiência dos módulos, os métodos de produção foram refinados, causando redução de 65% dos custos dos painéis solares nos últimos 10 anos nos Estados Unidos, afetando também os preços no Brasil. Entre 2008 e 2018, houve uma redução nos custos dos painéis solares, tornando essa tecnologia mais acessível para um maior número de pessoas. O preço final do painel solar depende tanto de sua eficiência quanto do tipo e da marca, onde, quanto maior a eficiência, melhor o desempenho do painel solar, fazendo com que o valor aumente. Em 2018, painéis de 330 Watts custavam cerca de R\$ 849, equivalendo a R\$ 2,57 por Watt - metade do preço das placas em 2008 e 100 vezes mais barato do que os primeiros painéis solares vendidos (PORTAL SOLAR, 2023)¹⁶. Na Figura 2 aborda a queda do valor dos módulos fotovoltaicos conforme os anos.

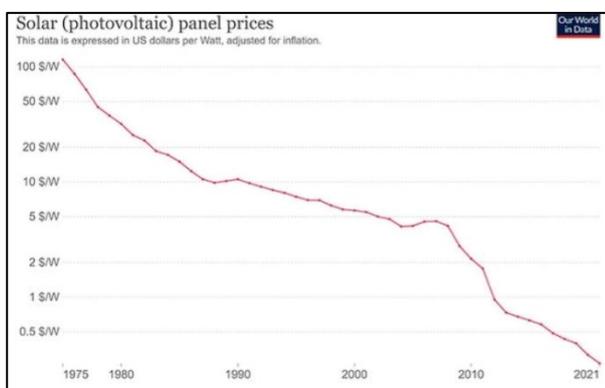


Figura 2. Diminuição do valor dos módulos fotovoltaicos. **Fonte:** Portal Solar (2023)¹⁶

Portanto, neste contexto, o presente estudo tem como objetivo simular o desempenho tanto das atividades relacionadas ao plantio quanto ao funcionamento de uma usina solar ao longo de um período de 25 anos. Esta simulação será realizada dentro de uma área de 2 hectares, permitindo uma análise abrangente e detalhada dos possíveis rendimentos e impactos associados a ambos os sistemas.

3. ESTUDO DE CASO

Seguindo com o objetivo do trabalho, foram utilizados bibliográficas a fim de obter valores médios de investimento necessário nas plantações de milho e soja, como também o valor médio dos valores relacionados ao lucro das mesmas, onde segundo a Secretaria da Agricultura e do Abastecimento (2024)¹⁷ o custo médio de investimento (CM) das plantações de milho e soja por hectare são R\$ 3.311,34 e R\$ 6.170,61 respectivamente, em tais valores estão inclusos, todos os custos relacionados ao plantio, como a compra das sementes, uso de fertilizantes e de veneno contra pragas. Baseado no que foi exposto por Agrolink (2024)¹⁸, 1 hectare de milho produz em média (PM) 95 sacas, que por sua vez possui um valor medeio de venda (VM) de R\$ 44,20 cada, já uma plantação de soja produz 60 sacas por hectare, e cada saca é vendida por R\$ 120,00. Na Tabela 1, é possível observar tais valores aplicados em um terreno de 2 hectares.

Tabela 1. Valores médios do milho e soja

Plantação	Milho	Soja
CM	R\$ 6.622,68	R\$ 12.341,22
PM	95	60
VM	R\$ 44,20	R\$ 120,00

Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Com o exposto na Tabela 1 é possível observar o valor total do investimento médio necessário para o plantio intercalado de milho e soja por ano.

De acordo com o conteúdo publicado por Portal Solar (2024)¹⁹ o investimento médio total necessário para construção de uma usina fotovoltaica é entorno de R\$ 5.000.000,00 por MW (MegaWatt) construído, e o valor médio de pago pelas cooperativas de energia pelo kW (Quilowatt) gerado é de R\$ 0,48. Será considerada uma usina de 1 MW, sendo que tal usina ocupa uma área de 2 hectares, para que a área ocupada seja equivalente a área ocupada pela plantação. No presente trabalho será considerado valores monetários para uma usina de 1 MW, onde estão inclusos, o valor de construção da usina, demanda contratada de R\$ 28,00 por kW nos dois primeiros anos somente, pois, conforme publicado pela ANEEL (2021)²⁰ a partir de 2026 as leis relacionadas a demanda contratada serão alteradas, e tais cobranças não serão mais aplicadas a empreendimentos fotovoltaicos, sendo substituído pela demanda de geração, que por sua vez custará R\$ 5,00 por kW, e por fim será considerado também um custo médio anual de manutenção, que conforme publicado por Solfácil (2024)²¹ fica entorno de 0,5% do investimento inicial. Utilizando conteúdo exposto pelo BNDES (2022)²² será considerado que usina foi financiada junto ao FINAME, com juros de 7% ao ano, durante 6 anos e meio.

Tabela 2. Geração no período de um ano

MÊS	GERAÇÃO (kW)
JAN	189.600
FEV	170.300
MAR	188.200
ABR	181.300
MAI	142.700
JUN	160.700
JUL	168.000
AGO	196.400
SET	173.900
OUT	193.200
NOV	193.200
DEZ	196.000

Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Para obter a geração média anual da usina de 1MW será utilizado o software de simulação fotovoltaica, *Pvsyst*. A localização considerada tanto para a usina quanto para as plantações será na região de Maringá, no estado do Paraná. Os componentes utilizados nesta UFV

(Usina Fotovoltaica) em específico, serão, 4 inversores *Sungrow* de 250 kW (Quilowatt) de potência, que possuem 12 MPPT's (*Maximum power point tracking*) com 2 entradas cada uma, como também módulos *Risen* de 660 watts cada, foram dimensionados 22 módulos conectados em série em uma das cada entradas, totalizando 528 módulos por inversor, ou seja, 2112 módulos na usina inteira, totalizando 1393,92 kWp (Quilowatt pico) de potência. Na Tabela 2 é possível observar a quantidade de energia produzida pela usina no período de um ano.

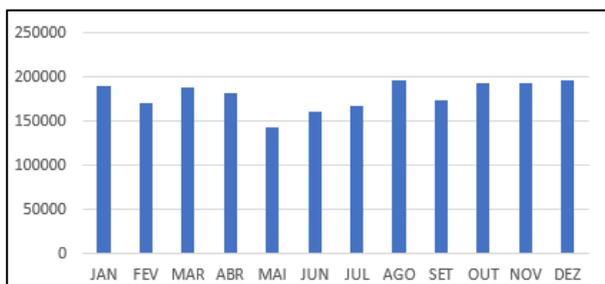


Figura 3. Variação da geração durante os meses do ano. Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Tabela 3. Geração de energia no período de 25 anos

ANO	GERAÇÃO (kW)
1	2.153.500
2	2.145.000
3	2.137.000
4	2.128.000
5	2.120.000
6	2.111.000
7	2.098.000
8	2.085.000
9	2.072.000
10	2.059.000
11	2.046.000
12	2.037.000
13	2.027.000
14	2.017.000
15	2.008.000
16	1.998.000
17	1.988.000
18	1.978.000
19	1.969.000
20	1.959.000
21	1.949.000
22	1.930.000
23	1.911.000
24	1.892.000
25	1.872.000

Fontes: Elaborado pelos autores (2024)

Finalizada a simulação e exposto o resultado na Tabela 2, conclui-se que a usina vai gerar 2.153.500 kW totais no período de um ano, tendo uma média aproximada de 179.458,30 kW. Na Figura 3 observa-se a diferença de geração dentro de um ano.

Observando a Figura 3 é possível notar a variação da geração de energia conforme o mês e as estações do ano, já na Tabela 3 fica exposto a geração de energia da usina no período de 25 anos.

Com o exposto na Tabela 3, é percebe-se que conforme o tempo de funcionamento da usina aumenta a eficiência do sistema fotovoltaico diminui, tal diminuição se deve principalmente aos módulos fotovoltaicos, como por exemplo o módulo considerado no presente trabalho possui uma taxa de degradação de 0,45% ao ano durante 30 anos (RISEN, 2024)²³. Ao observar a Figura 4 é possível observar melhor o decaimento do rendimento da usina com o passar dos anos.

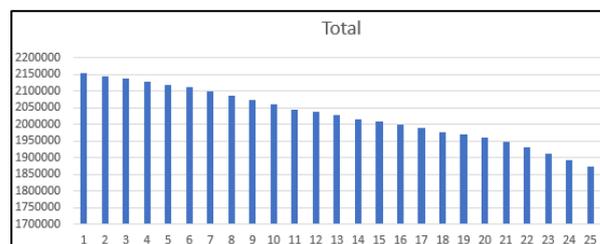


Figura 4. decaimento do rendimento da usina com o passar dos anos. Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Ao analisar a Figura 4, percebe-se que com o envelhecimento do equipamento fotovoltaico a energia gerada diminui consideravelmente, contudo é indicado, sempre realizar manutenções periódicas na usina, e se possível, trocar os equipamentos antigos, por versões mais novas, a fim de manter um alto nível de geração de energia.

4. DISCUSSÃO

Após obter os valores médios de investimento e de renda para ambos os empreendimentos, foi elaborado um comparativo que expõe o investimento e a renda total dos empreendimentos em um período de 25 anos. A fim de obter a renda média anual do plantio do milho foi utilizado a seguinte equação:

$$Rmed = (PM * VM) * 2 \quad \text{(Equação 1)}$$

Onde:

- **Rmed**: É a renda média;
- **PM**: Produção média;
- **VM**: Valor médio de venda.

Já para o calculo do lucro anual do plantio de milho foi utilizado a equação:

$$Lmed = Rmed - (CM * 2) + Lant \quad \text{(Equação 2)}$$

Onde:

- **Lmed**: É o lucro médio;
- **CM**: Custo médio por hectare;
- **Lant**: Lucro do ano anterior.

Os valores aplicados em ambas as equações podem

ser observados na Tabela 1. Na Tabela 4 fica exposto os valores calculados da renda e do lucro do plantio de milho.

Tabela 4. Lucro do plantio de milho no período de 25 anos

MILHO		
ANO	RENDA MEDIA	LUCRO
1	R\$ 8.398,00	R\$ 1.775,32
2	R\$ 8.398,00	R\$ 3.550,64
3	R\$ 8.398,00	R\$ 5.325,96
4	R\$ 8.398,00	R\$ 7.101,28
5	R\$ 8.398,00	R\$ 8.876,60
6	R\$ 8.398,00	R\$ 10.651,92
7	R\$ 8.398,00	R\$ 12.427,24
8	R\$ 8.398,00	R\$ 14.202,56
9	R\$ 8.398,00	R\$ 15.977,88
10	R\$ 8.398,00	R\$ 17.753,20
11	R\$ 8.398,00	R\$ 19.528,52
12	R\$ 8.398,00	R\$ 21.303,84
13	R\$ 8.398,00	R\$ 23.079,16

Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Tabela 4. Lucro do plantio de milho no período de 25 anos

MILHO		
ANO	RENDA MEDIA	LUCRO
14	R\$ 8.398,00	R\$ 24.854,48
15	R\$ 8.398,00	R\$ 26.629,80
16	R\$ 8.398,00	R\$ 28.405,12
17	R\$ 8.398,00	R\$ 30.180,44
18	R\$ 8.398,00	R\$ 31.955,76
19	R\$ 8.398,00	R\$ 33.731,08
20	R\$ 8.398,00	R\$ 35.506,40
21	R\$ 8.398,00	R\$ 37.281,72
22	R\$ 8.398,00	R\$ 39.057,04
23	R\$ 8.398,00	R\$ 40.832,36
24	R\$ 8.398,00	R\$ 42.607,68
25	R\$ 8.398,00	R\$ 44.383,00

Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Ao analisar a Tabela 4 percebe-se que, o lucro da plantação de milho supre o investimento inicial rapidamente, gerando uma renda de aproximadamente R\$ 8.398,00 por ano, e totalizando R\$ 44.383,00 de lucro ao fim do período de análise. O cálculo da renda e do lucro do plantio se soja foi realizado com as mesmas equações anteriormente utilizadas no plantio de milho. Já na Tabela 5 fica exposto os valores de renda e lucro do plantio de soja.

Ao analisar a Tabela 5 percebe-se que, o lucro da plantação de soja tem lucro logo no primeiro plantio, gerando uma renda de aproximadamente R\$ 14.400,00

por ano, e totalizando R\$ 51.469,50 de lucro ao fim do período de análise.

Tabela 5. Lucro do plantio de soja no período de 25 anos

SOJA		
ANO	RENDA MEDIA	LUCRO
1	R\$ 14.400,00	R\$ 2.058,78
2	R\$ 14.400,00	R\$ 4.117,56
3	R\$ 14.400,00	R\$ 6.176,34
4	R\$ 14.400,00	R\$ 8.235,12
5	R\$ 14.400,00	R\$ 10.293,90
6	R\$ 14.400,00	R\$ 12.352,68
7	R\$ 14.400,00	R\$ 14.411,46
8	R\$ 14.400,00	R\$ 16.470,24
9	R\$ 14.400,00	R\$ 18.529,02
10	R\$ 14.400,00	R\$ 20.587,80
11	R\$ 14.400,00	R\$ 22.646,58
12	R\$ 14.400,00	R\$ 24.705,36
13	R\$ 14.400,00	R\$ 26.764,14
14	R\$ 14.400,00	R\$ 28.822,92
15	R\$ 14.400,00	R\$ 30.881,70
16	R\$ 14.400,00	R\$ 32.940,48
17	R\$ 14.400,00	R\$ 34.999,26

Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Tabela 5. Lucro do plantio de soja no período de 25 anos

SOJA		
ANO	RENDA MEDIA	LUCRO
18	R\$ 14.400,00	R\$ 37.058,04
19	R\$ 14.400,00	R\$ 39.116,82
20	R\$ 14.400,00	R\$ 41.175,60
21	R\$ 14.400,00	R\$ 43.234,38
22	R\$ 14.400,00	R\$ 45.293,16
23	R\$ 14.400,00	R\$ 47.351,94
24	R\$ 14.400,00	R\$ 49.410,72
25	R\$ 14.400,00	R\$ 51.469,50

Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Com renda e lucro do milho e da soja já calculados, resta apenas calcular a renda da usina para que seja possível realizar o comparativo, para o cálculo nos dois primeiros anos foi utilizado a seguinte equação:

$$Rmed = (Gan * Vkw) - (Dcont * Pot * 12) - (0,005 * CI) \tag{Equação 3}$$

Onde:

- **Rmed:** É a renda média;
- **Gan:** Geração anual;
- **Vkw:** Valor de venda do kW;
- **Dcont:** Demanda contratada;
- **Pot:** Potência da usina;

- **CI**: Custo inicial de construção da usina.

Para o cálculo da renda nos anos seguintes foi utilizado a equação:

$$Rmed = (Gan * VkW) - (Dg * Pot * 12) - (0,005 * CI)$$

(Equação 4)

Onde:

- **Dg**: É a demanda de geração;

Já para o cálculo do lucro anual da usina foi utilizado a equação:

$$Lmed = Rmed - Pf + Lant$$

(Equação 5)

Onde:

- **Lmed**: É o lucro médio;
- **Pf**: Parcela anual do financiamento;
- **Lant**: Lucro do ano anterior.

Na Tabela 6 fica exposto os valores de investimento e renda da UFV (Usina Fotovoltaica).

Tabela 6. Lucro da UFV no período de 25 anos

USINA		
ANO	RENDA MÉDIA	LUCRO
1	R\$ 672.680,00	-R\$ 280.740,80
2	R\$ 668.600,00	-R\$ 565.561,60
3	R\$ 995.760,00	-R\$ 523.222,40
4	R\$ 991.440,00	-R\$ 485.203,20
5	R\$ 987.600,00	-R\$ 451.024,00
6	R\$ 983.280,00	-R\$ 421.164,80
7	R\$ 977.040,00	R\$ 79.164,80
8	R\$ 970.800,00	R\$ 1.049.964,80
9	R\$ 964.560,00	R\$ 2.014.524,80
10	R\$ 958.320,00	R\$ 2.972.844,80
11	R\$ 952.080,00	R\$ 3.924.924,80
12	R\$ 947.760,00	R\$ 4.872.684,80
13	R\$ 942.960,00	R\$ 5.815.644,80
14	R\$ 938.160,00	R\$ 6.753.804,80
15	R\$ 933.840,00	R\$ 7.687.644,80
16	R\$ 929.040,00	R\$ 8.616.684,80
17	R\$ 924.240,00	R\$ 9.540.924,80
18	R\$ 919.440,00	R\$ 10.460.364,80
19	R\$ 915.120,00	R\$ 11.375.484,80
20	R\$ 910.320,00	R\$ 12.285.804,80
21	R\$ 905.520,00	R\$ 13.191.324,80
22	R\$ 896.400,00	R\$ 14.087.724,80
23	R\$ 887.280,00	R\$ 14.975.004,80
24	R\$ 878.160,00	R\$ 15.853.164,80
25	R\$ 868.560,00	R\$ 16.721.724,80

Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Ao analisar a Tabela 6 percebe-se que, no caso da

usina são necessários 6 anos e meio para a renda da usina pagar o investimento inicial.

No presente trabalho foi considerado que a renda da usina é conquistada ao vender a energia gerada para uma cooperativa e energia, onde a cooperativa compra a energia do proprietário da usina por R\$ 0,48 em média, e vende para o cliente final com 15% de desconto no valor do kW em relação ao valor normalmente pago para a concessionária de energia, que gira em torno de R\$ 0,82 que com desconto fica R\$ 0,69. Com esse método de comercialização de energia, todos os envolvidos se beneficiam mutuamente, desde o proprietário da usina até a cooperativa e o cliente final.

Outras formas de comercializar a energia gerada, é o proprietário vender diretamente para o cliente final, dessa forma o proprietário teria uma renda maior, pois ao invés de vender a energia por R\$ 0,48 para a cooperativa, já venderia a R\$ 0,69 diretamente para o cliente, a desvantagem desse método de comercialização é o proprietário da usina conseguir encontrar um cliente final que utilize a quantidade de energia produzida pela usina, que no caso da cooperativa não tem essa dificuldade pois a cooperativa em si já tem inúmeros clientes que precisam da energia gerada. A última forma de comercializar a energia gerada é no caso do proprietário da usina também ter inúmeros outros imóveis em seu nome, e ele enviar a energia gerada para esses imóveis e cobrar dos locatários dos imóveis o mesmo valor que eles pagariam para a concessionária de energia, esse método é o que o gera mais renda ao proprietário, pois ele recebe por kW o mesmo valor que é paga para a concessionária de energia, ou seja, R\$ 0,82 por kW, a única dificuldade dessa forma de comercialização é que só pode ser realizada caso o proprietário da usina seja dono de vários outros imóveis ou empresas.

Considerando o investimento inicial dos dois empreendimentos, o da usina é muito maior em relação ao da plantação, porém, ao fim do período de simulação, os lucros obtidos pela usina são maiores do que os lucros da plantação. Contudo, conclui-se que o investimento em um terreno de 2 hectares que mais vai gerar lucros será a UFV.

5. CONCLUSÃO

Com base na análise efetuada, é possível inferir que a comparação entre os investimentos em cultivos de milho e soja e a implantação de uma Usina Fotovoltaica (UFV) reflete aspectos fundamentais para o embasamento decisório em investimentos agrícolas e energéticos. Os dados examinados evidenciam que, apesar do desembolso inicial substancialmente superior necessário para a UFV em comparação às plantações, o retorno financeiro a longo prazo é mais atrativo. A interpretação das tabelas apresentadas revela que os cultivos de milho e soja atingem um ponto de equilíbrio e iniciam a geração de lucros consideráveis de forma mais célere do que a UFV. Entretanto, ao longo de um horizonte temporal de 25 anos, a receita gerada pela UFV supera significativamente a proveniente dos

cultivos, mesmo diante do período requerido para a compensação do investimento inicial na usina. Portanto, em consideração ao mencionado período temporal, o estudo sugere que o investimento em uma UFV em um terreno de 2 hectares exibe uma perspectiva mais promissora em termos de retorno financeiro. Tal conclusão enfatiza a importância de avaliar não apenas os custos e rendimentos imediatos, mas também as projeções de longo prazo ao delinear estratégias de investimento em distintos setores econômicos.

Em estudos futuros, é pertinente considerar a inclusão de análises suplementares para uma compreensão mais abrangente dos investimentos em cultivos agrícolas e energia solar. Tais análises devem abranger uma avaliação mais detalhada dos riscos associados a cada setor, contemplando aspectos como as oscilações nos preços das commodities e a volatilidade do mercado energético. Além disso, é imprescindível examinar as políticas governamentais pertinentes aos setores agrícola e energético, englobando subsídios, incentivos fiscais e regulações, que possam influenciar diretamente a viabilidade e lucratividade dos investimentos. Contudo, é relevante conduzir uma investigação das tendências e avanços em tecnologias do meio agrícola e fotovoltaico, com o intuito de identificar oportunidades para aprimoramento dos custos e aumento da eficácia operacional. Esses aprofundamentos fornecerão uma base mais sólida para decisões estratégicas e investimentos futuros.

6. AGRADECIMENTOS

Agradeço à instituição FEITEP - Faculdade de Engenharias e Arquitetura e a todos os professores, pelo compromisso com a excelência do ensino e pelo incentivo ao meu crescimento como estudante e engenheiro.

7. REFERÊNCIAS

- [1] Brasil. Ministério de minas e energia. Balanço Energético Nacional. Brasília, 2023. 17 p. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/sntep/publicacoes/balanco-energetico-nacional/ben-2023>. Acesso em: 10 nov. 2023.
- [2] ABSOLAR (Brasil). Brasil atinge 32 GW de capacidade instalada em energia solar fotovoltaica. São Paulo, 2023. 1 p. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/brasil-atinge-32-gw-de-capacidade-instalada-em-energia-solar-fotovoltaica/#:~:text=O%20Brasil%20acaba%20de%20ultrapassar,elétrica%20do%20País%2C%20informou%20>. Acesso em: 10 nov. 2023.
- [3] Brasil. Agência estadual de notícias. Com RenovaPR, implantação de sistemas de energia limpa no campo dá um salto no Paraná. Curitiba, 2023. 1 p. Disponível em: <https://www.aen.pr.gov.br/Noticia/Com-RenovaPR-implantacao-de-sistemas-de-energia-limpa-no-campo-da-um-salto-no-Parana>. Acesso em: 10 nov. 2023.
- [4] Brasil. Bndes - Banco Nacional Do Desenvolvimento. BNDES Finame - Baixo Carbono. Rio de Janeiro, 2023. 1 p. Disponível em: [https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/produto!/ut/p/z1/fY5BC4JAEIX_v_ouHmWspL](https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/produto!/ut/p/z1/fY5BC4JAEIX_v_ouHmWspLpGByWEkgh0LzHqllM6a-4a_vxUrG5d5j2Y9z0eCGs2syyIe-nNdD4KgvFFNzSkGEuIIRGryzryd8HWm4d-OF-40XlZjE6bYHnYebAfwR8_NPwn4omY4l-BhO7Pp9iCyBQb2RmIU861vhBrQ6bNkxW2W6hK2u6VGDkjrCQbpW23JC5QO3Wjbg1Wvbu2nA-PscMZ4pV0UqROORk2qWIF9UMkbwpmYiA!/)
- [5] Brasil. Ladislau Araújo Skorupa. Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta no Brasil: estratégias regionais de transferência de tecnologia, avaliação da adoção e de impactos. Brasília, 2019. 12 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1118657/sistemas-de-integracao-lavoura-pecuaria-floresta-no-brasil-estrategias-regionais-de-transferencia-de-tecnologia-avaliacao-da-adocao-e-de-impactos>. Acesso em: 11 nov. 2023.
- [6] Brasil. Maurício Antônio Lopes. Embrapa. Agricultura, Sustentabilidade e Tecnologia. Brasília, 2012; 8 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1028545/agricultura-sustentabilidade-e-tecnologia>. Acesso em: 11 nov. 2023.
- [7] Brasil. Ministério De Minas E Energia. Brasil bate recorde de expansão da energia solar em 2023. Brasília, 2023. 1 p. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/brasil-bate-recorde-de-expansao-da-energia-solar-em-2023>. Acesso em: 12 nov. 2023.
- [8] Moreira Júnior, Orlando; Souza, Celso Correia de. Aproveitamento fotovoltaico, análise comparativa entre Brasil e Alemanha. Interações, Campo Grande, p. 379-387, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/inter/a/t7NryC6KdCmwL4RXL4pjVfN/?lang=pt>. Acesso em: 13 nov. 2023.
- [9] ITSMONEY. Ideias de investimentos para agricultores. 2023. Disponível em: <https://itsmoney.com.br/investimentos-para-agricultores/>. Acesso em: 13 nov. 2023.
- [10] Hirakuri, Marcelo Hiroshi; Lazzarotto, Joelsio José. O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro. Brasília: Embrapa, 2014; 37 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/990000/1/Oagronegociodasojanoscontextosmundialebrasileiro.pdf>. Acesso em: 13 nov. 2023.
- [11] Caldarelli, Carlos Eduardo; Bacchi, Mirian Rumenos Piedade. Fatores de influência no preço do milho no Brasil. Nova economia. 2012; 22:141-164. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/990000/1/Oagronegociodasojanoscontextosmundialebrasileiro.pdf>. Acesso em: 13 nov. 2023.
- [12] AGROLINK. Soja em Grãos. 2023. Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/cotacoes/historico/go/soja-em-grao-sc-60kg>. Acesso em: 14 nov. 2023.
- [13] Alvarenga, Alexandre Calheiros; Ferreira, Vitor Hugo; Fortes, Márcio Zamboti. Energia Solar Fotovoltaica: Uma Aplicação Na Irrigação Da Agricultura Familiar. 2014. 9 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Elétrica, Engenharia, Universidade Federal Fluminense., Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Marcio-Fortes/publication/272789350_Energia_Solar_Fotovoltaica_Uma_Aplicacao_na_Irigacao_da_Agricultura_Familiar/links/54ee23a60cf2e28308642c7d/Energia-Solar-Fotovoltaica-Uma-Aplicacao-na-Irigacao-da-Agricultura-Familiar.pdf. Acesso em: 15 nov. 2023.
- [14] Scherer, Lara Almeida et al. Fonte Alternativa de Energia: energia solar. XX Seminário Interinstitucional

- de ensino, pesquisa e extensão. Universidade de cruz Alta/RS, 2015. Disponível em:
<https://home.unicruz.edu.br/seminario/anais/anais-2015/XX%20SEMINÁRIO%20INTERINSTITUCIONAL%202015%20-%20ANAIS/Graduacao/Graduacao%20-%20Resumo%20Expandido%20-%20Exatas,%20Agrarias%20e%20Ambientais/FONTE%20ALTERNATIVA%20DE%20ENERGIA%20ENERGIA%20SOLAR.pdf>. Acesso em: 14 nov. 2023.
- [15] Ribeiro, Luiz Henrique Pereira. Energia Solar: importância, implantação, instalação, vantagens, e durabilidade de um sistema de energia renovável. 2018. Disponível em:
<http://192.100.247.84:8080/handle/prefix/597>. Acesso em: 14 nov. 2023.
- [16] Solar, Portal. Painel solar: preços e custos de instalação. São Paulo: Portal Solar, 2023. 1 p. Disponível em:
<https://www.portalsolar.com.br/painel-solar-precos-custos-de-instalacao.html>. Acesso em: 16 nov. 2023.
- [17] Brasil. Secretaria Da Agricultura E Do Abastecimento. Custos de Produção. 2024. Disponível em: <https://www.agricultura.pr.gov.br/CustosProducao>. Acesso em: 20 abr. 2024.
- [18] AGROLINK (Brasil). SOJA. 2024. Disponível em:
<https://www.agrolink.com.br/cotacoes/historico/go/soja-em-grao-sc-60kg>. Acesso em: 20 abr. 2024.
- [19] Portal Solar (Brasil). Painel solar: preços e custos de instalação. 2024. Disponível em:
<https://www.portalsolar.com.br/painel-solar-precos-custos-de-instalacao.html>. Acesso em: 20 abr. 2024.
- [20] Brasil. ANEEL. APLICAÇÕES TARIFARIAS. 2024. Disponível em:
https://www2.aneel.gov.br/aplicacoes_liferay/tarifa/. Acesso em: 20 abr. 2024.
- [21] SOLFACIL (Brasil). Qual o custo da manutenção de um sistema de energia solar? 2024. Disponível em:
<https://blog.solfacil.com.br/energia-solar/qual-o-custo-da-manutencao-de-um-sistema-de-energia-solar/#:~:text=O%20custo%20da%20manutenção%20anual,inicial%20no%20sistema%20solar%20fotovoltaico..> Acesso em: 20 abr. 2024.
- [22] Brasil. DNDES. BNDES Finem - Geração de energia. 2024. Disponível em:
[https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/produto/bndes-finem-energia#:~:text=1%2C45%25%20ao%20ano%20\(a.a.\),-1&text=geração%20de%20energia%20solar%20através,\(CFI\)%20do%20Sistema%20BNDES](https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/produto/bndes-finem-energia#:~:text=1%2C45%25%20ao%20ano%20(a.a.),-1&text=geração%20de%20energia%20solar%20através,(CFI)%20do%20Sistema%20BNDES). Acesso em: 16 abr. 2024.
- [23] RISEN (China). MODULO TITAN. 2024. Disponível em:
https://br.risenenergy.com/product/assembly_list?active=1. Acesso em: 02 maio 2024.