

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**DANILO HENRIQUE SORDI**

**VIABILIDADE ECONÔMICA PARA A GERAÇÃO FOTOVOLTAICA EM TERRAS  
AGRICULTÁVEIS EM COMPARAÇÃO COM O HISTÓRICO DO LUCRO OBTIDO  
EM 10 ANOS DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA**

**MEDIANEIRA**

**2025**

versão 11.0 (abr.25)

**DANILO HENRIQUE SORDI**

**VIABILIDADE ECONÔMICA PARA A GERAÇÃO FOTOVOLTAICA EM TERRAS  
AGRICULTÁVEIS EM COMPARAÇÃO COM O HISTÓRICO DO LUCRO OBTIDO  
EM 10 ANOS DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA**

**Photovoltaic economic viability generation on agricultural land compared to  
historical profits obtained over 10 years of agricultural production**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação  
apresentado como requisito para obtenção do título  
de Bacharel em Engenharia Elétrica, da  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
(UTFPR).

Orientador: Filipe Marangoni

**MEDIANEIRA**

**2025**



Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

**DANILO HENRIQUE SORDI**

**VIABILIDADE ECONÔMICA PARA A GERAÇÃO FOTOVOLTAICA EM TERRAS  
AGRICULTÁVEIS EM COMPARAÇÃO COM O HISTÓRICO DO LUCRO OBTIDO  
EM 10 ANOS DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação  
apresentado como requisito para obtenção do título  
de Bacharel em Engenharia Elétrica, da  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
(UTFPR).

Data de aprovação: 27/novembro/2025

---

Filipe Marangoni  
Doutorado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Marcos Fischborn  
Doutorado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Yuri Ferruzzi  
Doutorado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

**MEDIANEIRA**

**2025**

## **AGRADECIMENTOS**

Certamente estes parágrafos não irão atender a todas as pessoas que fizeram parte dessa importante fase de minha vida. Portanto gostaria de agradecer primeiramente a Deus por ter me direcionado até este momento, em seguida aos meu país que tanto fizeram por mim nestes 6 anos que se passaram, trabalhando duro para prover o que me fosse necessário. Aos meus amigos, e também aos colegas que caminharam junto a mim nesta jornada fica um grande sentimento de gratidão por todo o apoio e companheirismo em todo esse tempo.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Filipe Marangoni, por toda dedicação com que me instruiu e apoiou nestes dois semestres de trabalho.

A Secretaria do Curso, pela cooperação. Gostaria de deixar registrado também, o meu reconhecimento a instituição UTFPR campus Medianeira.

Enfim, a todos os que de alguma maneira contribuíram para a realização desta pesquisa.

## RESUMO

O constante crescimento da demanda energética e a busca aguçada por uma maior sustentabilidade nos dias atuais incentiva pesquisas sobre viabilidade e novas fontes de energia. Este trabalho busca determinar a viabilidade da utilização de geração fotovoltaica em terras de potencial produtivo agrícola, levando em consideração um terreno de 1Ha. A metodologia utilizada consiste na coleta de dados dos últimos 10 anos acerca da produção agrícola (custos de produção, produtividade e preço de venda) e da produção de energia do sistema fotovoltaico (dados de irradiância, tecnologia e o preço de venda do kWh). A análise realizada tomou como comparação diferentes casos: em relação a produção agrícola foi analisado um caso com dados de produção de uma unidade específica, e um caso levando em consideração os valores médios de todo o estado do MS; em relação a produção de energia foi considerado o caso ótimo, considerando as vendas nos meses com o melhor preço do kWh, e o caso médio em que foram utilizados os valores médios de cada ano dos preços de venda. Os dados de produção de energia foram gerados através da simulação de uma usina de minigeração fotovoltaica de 1.500 kWp no software PVsyst. Com a análise dos indicadores financeiros TIR, VPL e Payback observou-se a viabilidade para os investimentos. O melhor caso de produção agrícola (em uma unidade agrícola específica) apresentou uma TIR de 132% e um VPL de R\$ 58.362,74 ao final dos 10 anos. Considerando o melhor caso para a geração de energia, atingiu uma TIR de 21% e um VPL ao final do período de R\$ 25.876.233,64. Nota-se que a taxa de retorno do investimento agrícola é superior, porém em questão de valor líquido ao final dos 10 anos a geração de energia forneceu um rendimento muito superior, considerando claramente que o investimento inicial para tal também foi consideravelmente maior. Pode-se concluir que o investimento em geração de energia em áreas de produção agrícola é sim viável, tanto no recorte de 10 anos como também considerando a vida útil do sistema, que por aproximadamente 15 anos irá produzir considerável quantidade de energia elétrica, rentabilizando o produtor com outra fonte de renda, além da produção agrícola.

Palavras-chave: métodos de simulação; energia solar; agricultura intensiva; alocação de recursos.

## ABSTRACT

The constant growth in energy demand and the increasing pursuit of greater sustainability nowadays encourage research on the feasibility and development of new energy sources. This study aims to determine the feasibility of using photovoltaic generation on land with agricultural production potential, considering an area of 1 hectare. The methodology used consists of collecting data from the past 10 years regarding agricultural production (production costs, productivity, and sale price) and energy production from the photovoltaic system (irradiance data, technology, and the sale price of kWh). The analysis compared different cases: regarding agricultural production, one case analyzed data from a specific production unit, and another considered the average values for the entire state of Mato Grosso do Sul (MS). For energy production, the optimal case was considered—taking into account sales during the months with the best kWh prices—and the average case, which used the annual average sale prices. The energy production data were generated through the simulation of a 1,500 kWp photovoltaic mini-generation plant using the PVsyst software. Based on the financial indicators IRR, NPV, and Payback, the investments were found to be viable. The best agricultural production case (in a specific production unit) showed an IRR of 132% and an NPV of R\$ 58,362.74 after 10 years. Considering the best energy generation case, it achieved an IRR of 21% and an NPV of R\$ 25,876,233.64 at the end of the period. It is observed that the rate of return on agricultural investment is higher; however, in terms of net value after 10 years, energy generation provided a much greater profit, clearly considering that the initial investment for such was also considerably higher. It can be concluded that investing in energy generation on agricultural production land is indeed feasible, both within the 10-year period and when considering the system's lifespan, which for approximately 15 years will produce a significant amount of electricity, providing the producer with an additional source of income besides agricultural production.

Keywords: simulation methods; solar energy; agricultural intensification; resource allocation.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1 - Matriz elétrica do Brasil 2024 .....</b>	<b>16</b>
<b>Figura 2 - Balanço da energia renovável no Brasil .....</b>	<b>17</b>
<b>Figura 3 - Mapa brasileiro de irradiação solar .....</b>	<b>19</b>
<b>Figura 4 - Sistema de geração fotovoltaico On-Grid .....</b>	<b>20</b>
<b>Figura 5 - Localização de simulação da usina fotovoltaica.....</b>	<b>27</b>
<b>Figura 6 - Configurações de orientação e posicionamento.....</b>	<b>28</b>
<b>Figura 7 - Disposição dos painéis em solo .....</b>	<b>28</b>
<b>Gráfico 1 - Comparativo da cultura da soja entre os dois casos de estudo. ....</b>	<b>34</b>
<b>Gráfico 2 - Comparativo da cultura do milho entre os dois casos de estudo....</b>	<b>35</b>
<b>Gráfico 3 - Comparativo entre os casos de geração fotovoltaica, simulação de 10 anos.....</b>	<b>38</b>
<b>Gráfico 4 – Comparativo entre os casos de geração fotovoltaica, simulação de 25 anos.....</b>	<b>40</b>
<b>Quadro 1 - Modelos dos componentes utilizados na simulação de geração fotovoltaica .....</b>	<b>29</b>

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Custo por hectare de soja cultivado, últimos 5 anos .....	14
Tabela 2 - Custo por hectare de milho cultivado, últimos 5 anos .....	15
Tabela 3 - Participação da energia solar fotovoltaica no BEN, série histórica, (GWh) .....	18
Tabela 4 - Produção média da soja verão no MS .....	25
Tabela 5 - Produção média do milho 2ª safra no MS.....	26
Tabela 6 - Produção própria da soja verão no MS .....	26
Tabela 7- Produção própria do milho 2ª safra .....	27
Tabela 8 - Dados de simulação .....	29
Tabela 9 - Série histórica, preço do MWh no ACL.....	30
Tabela 10 - Orçamento sistema fotovoltaico .....	30
Tabela 11 - Simulação de financiamento para o SGF .....	31
Tabela 12 - Análise financeira agricultura números do estado do MS .....	32
Tabela 13 - Análise financeira agricultura produção própria .....	33
Tabela 14 - Análise financeira do SGF, caso médio.....	36
Tabela 15 - Análise financeira do SGF para o caso ótimo .....	37
Tabela 16 - Análise comparativa de 10 anos.....	39
Tabela 17 - Análise comparativa de 25 anos.....	40

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACL	Ambiente de Contratação Livre
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BEN	Balanço Energético Nacional
CCEE	Câmara de Comercialização de Energia Elétrica
MS	Mato Grosso do Sul
NASA	Agência Espacial Norte Americana
PIB	Produto Interno Bruto
PLD	Preço de Liquidação das Diferenças
QTDE	Quantidade
SGF	Sistema de Geração Fotovoltaico
SMF	Sistema de Minigeração Fotovoltaico
TIR	Taxa Interna de Retorno
TSI	Irradiância Solar Total
VPL	Valor Presente Líquido
Ha	Hectare
Sc	Sacas

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>11</b>
<b>1.1</b>	<b>Objetivos</b>	<b>12</b>
1.1.1	Objetivos específicos	12
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>13</b>
<b>2.1</b>	<b>Agronegócio no Brasil</b>	<b>13</b>
2.1.1	Custo de Produção da Soja no MS	14
2.1.2	Custo de Produção do Milho no MS	15
<b>2.2</b>	<b>Matriz elétrica do Brasil</b>	<b>15</b>
<b>2.3</b>	<b>Energias Renováveis</b>	<b>16</b>
<b>2.4</b>	<b>Energia solar fotovoltaica</b>	<b>17</b>
2.4.1	Geração fotovoltaica no Brasil	18
2.4.2	Irradiação solar no Brasil	18
2.4.3	Sistema de geração fotovoltaico	20
2.4.4	Microgeração e minigeração distribuída	20
<b>2.5</b>	<b>Ambiente de contratação livre de energia</b>	<b>21</b>
2.5.1	Contrato de comercialização de energia elétrica no ambiente livre	22
<b>2.6</b>	<b>Software PVsyst</b>	<b>22</b>
<b>2.7</b>	<b>Análise financeira</b>	<b>23</b>
2.7.1	Valor Presente Líquido (VPL)	23
2.7.2	Taxa Interna de Retorno (TIR)	23
2.7.3	Payback	24
<b>3</b>	<b>DESENVOLVIMENTO</b>	<b>25</b>
<b>3.1</b>	<b>Produção média da soja verão no estado do MS</b>	<b>25</b>
<b>3.2</b>	<b>Produção média do milho 2ª safra no estado do MS</b>	<b>26</b>
<b>3.3</b>	<b>Produção própria da soja verão no MS</b>	<b>26</b>
<b>3.4</b>	<b>Produção própria do milho 2ª safra no estado do MS</b>	<b>27</b>
<b>3.5</b>	<b>Localização da usina fotovoltaica</b>	<b>27</b>
<b>3.6</b>	<b>Usina fotovoltaica simulada</b>	<b>28</b>
<b>3.7</b>	<b>Histórico do preço do kWh no ACL</b>	<b>29</b>
<b>3.8</b>	<b>Orçamento para construção do SGF</b>	<b>30</b>
<b>3.9</b>	<b>Simulação de financiamento do SGF</b>	<b>31</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>32</b>

<b>4.1</b>	<b>Avaliação financeira do cultivo de grãos números do estado do MS</b>	<b>32</b>
<b>4.2</b>	<b>Avaliação financeira do cultivo de grãos produção própria</b>	<b>33</b>
<b>4.3</b>	<b>Comparativo de rentabilidade na cultura da soja para os dois casos de estudo</b>	<b>34</b>
<b>4.4</b>	<b>Comparativo de rentabilidade na cultura do milho para os dois casos de estudo</b>	<b>34</b>
<b>4.5</b>	<b>Avaliação financeira do sistema de geração fotovoltaico</b>	<b>35</b>
4.5.1	Caso médio	35
4.5.2	Caso ótimo	37
4.5.3	Comparativo entre o desempenho dos investimentos em energia fotovoltaica	38
<b>4.6</b>	<b>Comparação entre os investimentos</b>	<b>39</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>41</b>
<b>5.1</b>	<b>Sugestão de trabalhos futuros</b>	<b>42</b>
	<b>APÊNDICE A - Tabela 14 versão estendida</b>	<b>47</b>
	<b>APÊNDICE B - Tabela 15 versão estendida</b>	<b>49</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O agronegócio vem há anos sendo um pilar econômico brasileiro, tanto no setor produtivo alimentício como também no contexto financeiro de exportações. No primeiro trimestre de 2024 o PIB do agronegócio brasileiro foi de R\$ 2,45 trilhões, sendo aproximadamente 67% no ramo agrícola e 33% no ramo pecuário. Desta maneira a perspectiva de participação do setor na economia neste ano fique entorno dos 21,5%, proporcionando mais uma vez uma sólida representação na economia nacional (CEPEA, 2024).

Diante desse cenário, um estudo realizado pela NASA constatou que no ano de 2017 a área global destinada ao setor de agricultura chegou aos 1,87 bilhão de hectares de lavoura, sendo o Brasil responsável por 3,42% da mesma. Em relação a porcentagem territorial 30,2% são ocupados pela agropecuária, sendo 7,8% dedicados a produção agrícola, 1,2% cobertas por florestas de reflorestamento e 21,2% dedicados a pastagens, destinados majoritariamente a pecuária extensiva (Embrapa, 2019).

Nos últimos anos a demanda energética vem crescendo consideravelmente, no último balanço a demanda de energia elétrica da matriz brasileira cresceu 5,5% em relação ao anterior, alavancado essencialmente pelo setor residencial que apresentou um crescimento de 8.03%. Enquanto isso a matriz energética brasileira obteve um crescimento de 4.13%, sendo as fontes renováveis responsáveis por 89,2% da produção, sustentada pelo contínuo fornecimento das hidrelétricas, e crescimento de outras fontes renováveis, como eólica e fotovoltaica (MME, 2024b).

Sob essa ótica, a energia elétrica gerada através de painéis solares fotovoltaicos emergiu como uma alternativa sustentável e rentável de geração, de acordo com (BEN, 2025) a micro e minigeração distribuída atingiu a representatividade de 9,3% ou 70,7TWh na energia elétrica ofertada ao sistema interligado brasileiro. Corroborando seu crescimento incentivado por ações regulatórias, tais como a que estabelece a possibilidade de compensação da energia excedente produzida por sistemas de menor porte.

Com o crescente aumento da demanda energética brasileira aliado as políticas da redução da emissão de gases de efeito estufa, se vê necessário cada vez mais a expansão do setor energético renovável, como parques eólicos, usinas fotovoltaicas, entre outros.

Este estudo pretende determinar a viabilidade de um investidor ampliar sua gama de rendimentos realizando um investimento na instalação de um sistema de minigeração de energia fotovoltaica em um terreno de uso agricultável. Levando-se em consideração o histórico dos últimos 10 anos da produção agrícola, o manejo cultural da região, safra de verão e safra de inverno, neste caso, soja e milho respectivamente. Comparando assim os rendimentos provenientes dos dois investimentos em uma área de 1 hectare ao longo da vida útil do Sistema de Geração Fotovoltaica (SGF).

## **1.1 Objetivos**

Efetuar um comparativo da viabilidade econômica de um sistema de minigeração de energia fotovoltaica em 1 hectare de uma propriedade rural, realizando-se a comparação da renda gerada pela produção de energia em relação ao lucro obtido da atividade agrícola com dados dos últimos 10 anos.

### **1.1.1 Objetivos específicos**

- Realizar o levantamento de dados históricos sobre custos, produtividade e preço de venda das culturas soja e milho no estado do MS, para estimar o lucro anual da propriedade.
- Simular um sistema de minigeração fotovoltaico ocupando a área de 1 hectare em uma propriedade rural no estado do MS.
- Realizar o cálculo do VPL, TIR e Payback (Tempo de Retorno do Investimento), para determinar se o sistema fotovoltaico trará um retorno maior do que o cultivo de grãos na área selecionada.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo será apresentada uma revisão bibliográfica dos conceitos fundamentais que embasam o presente trabalho. A compreensão desses conceitos é essencial para uma melhor contextualização e desenvolvimento da pesquisa em questão.

### 2.1 Agronegócio no Brasil

A agricultura, ou agropecuária, relaciona-se ao cultivo da terra e recursos naturais em geral, seja para produção vegetal, grãos, frutas, legumes e verduras, fibras, madeira; ou animal, produtos da bovinocultura, suinocultura, avicultura e pesca. As produções vegetal e animal resultantes do emprego direto de recursos naturais são classificados como matérias primas, assim como os minérios, e visam ao atendimento como tal ou transformadas, das necessidades e desejos da população (CEPEA, 2022).

Atualmente, o agronegócio é compreendido como o conjunto dos setores produtivos com os de processamento final e também os fabricantes de insumos, respondendo desta forma por aproximadamente um terço do PIB do país e por valor análogo em representação das exortações (Guanziroli, 2016).

O agronegócio tem sido afirmado como um vetor crucial do desenvolvimento econômico brasileiro. Em 2022, o conjunto de bens e serviços gerados no agronegócio chegou a R\$ 2,54 trilhões ou 25% do PIB brasileiro. Dentre os segmentos, a maior parcela é do ramo agrícola, que representa a 72,2% desse valor (R\$ 1,836 trilhão), a pecuária corresponde a 27,8%, ou R\$ 705,36 bilhões (CNA, 2024).

De acordo com a Secretaria de Comércio e Relações Internacionais do Ministério da Agricultura e Pecuária (SCRI/Mapa), o agronegócio representou 47,8% das vendas externas totais do Brasil no período, um pouco acima dos 47,3% observados no primeiro trimestre de 2023, demonstrando representatividade do setor em cenário nacional. De janeiro a março de 2024, as exportações brasileiras do agronegócio somaram US\$ 37,44 bilhões, recorde para o período, representando um crescimento de 4,4% em relação aos US\$ 35,85 bilhões exportados entre janeiro e março de 2023, o que reafirma a crescente influência do setor em relação as vendas externas do país (MAPE, 2024).

### 2.1.1 Custo de Produção da Soja no MS

Em relação aos custos de produção da cultura, incluem o conjunto de fixos e variáveis, obtém-se o custo médio por saca ou hectare, que representa o valor de uma unidade ou parte do produto. Esses custos fixos e variáveis são divididos em custos operacionais e alternativos. Os custos de operação abrangem os valores ligados a depreciações, gastos com insumos, mão de obra, manutenção e despesas gerais. Ao somar o custo operacional com o custo alternativo, chega-se ao custo econômico (Castro; Reis; Lima, 2006).

Os insumos necessários na cultura da soja, possuem grande impacto no custo de produção, atingindo, em média, 55,05%. Dentre os insumos, os fertilizantes (com média de 25,81%), as sementes (média de 11,67%) e os fungicidas (média de 6,21%) são os principais constituintes que elevam o percentual dos custos, que acrescidos seus percentuais alcançam, em média, 43,69% do custo total.

As operações agrícolas, que abrangem a manutenção das máquinas e dos equipamentos, o combustível e a mão de obra, correspondem, em média, a 8,85% do custo total. Os custos administrativos, importantes na administração e desenvolvimento atingem cerca de 16,15%. Outro item muito relevante é o custo de oportunidade, representado pela remuneração esperada sobre o capital empregado em máquinas, equipamentos, benfeitorias e a terra, correspondendo, em média, a 17,47% do custo. Na remuneração da terra considera-se a taxa de 4% sobre o valor venal da terra. Somente o uso da terra responde, em média, por 13,21% dos custos (Embrapa, 2021).

Na Tabela 1 apresentada a baixo, estão presentes os valores de custo de produção médio da cultura da soja no estado do Mato Grosso do Sul, diferenciando em custo por hectare e custo por saca, um histórico dos últimos 5 anos.

**Tabela 1 - Custo por hectare de soja cultivado, últimos 5 anos**

Safra	Custo por Ha	Custo por Sc (60kg)
2019/2020	3740,07	57,54
2020/2021	3836,00	59,01
2021/2022	3561,07	54,79
2022/2023	8514,30	130,99
2023/2024	8016,31	138,21

Fonte: Adaptado de CONAB (2024a)

### 2.1.2 Custo de Produção do Milho no MS

As despesas com custeio da lavoura compõem o custo de produção total, ainda que, alguns produtores consideram-nas como o valor final do custo de produção. Se considerar apenas os gastos com insumos e as operações com máquinas e implementos há negligência com todos os outros fatores componentes do custo de produção. Apesar do custeio da lavoura ser um dos principais responsáveis pelo aumento no custo de produção anualmente, em vista da variação dos preços dos insumos, não se pode considerar apenas esses valores. Taxas, impostos, depreciação de maquinários, renda da terra, administrativo, assessoria, entre outros são muito relevantes e devem ser contabilizados, a fim de que fazem parte da composição do dispêndio da safra (APROSOJAMS, 2024).

A Tabela 2 apresentada na sequência, demonstra os valores de custo de produção médio da cultura do milho safrinha (inverno) no estado do Mato Grosso do Sul, diferenciando em custo por hectare e custo por saca, com o histórico dos últimos 5 anos.

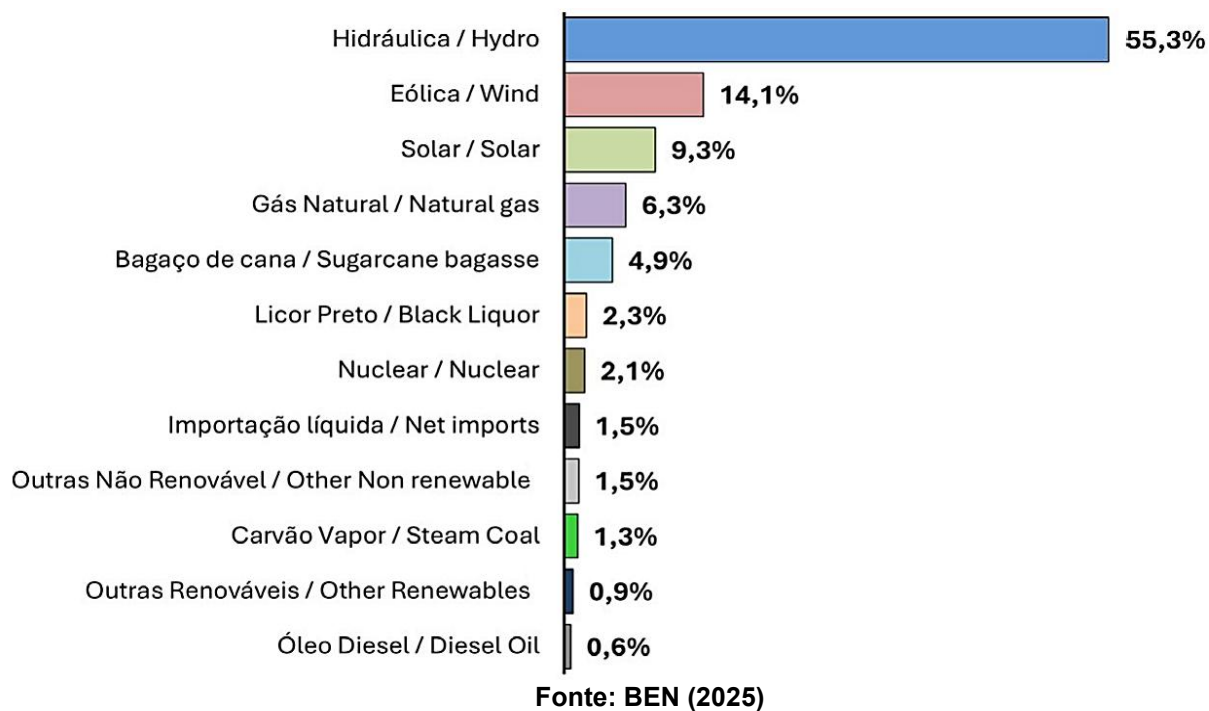
**Tabela 2 - Custo por hectare de milho cultivado, últimos 5 anos**

<b>Safra</b>	<b>Custo por Ha</b>	<b>Custo por Sc (60kg)</b>
2019	2787,30	30,97
2020	3068,64	34,09
2021	3357,02	37,30
2022	6153,20	68,37
2023	5742,77	67,56

**Fonte: Adaptado de CONAB (2024b)**

## 2.2 Matriz elétrica do Brasil

Ao longo do século XX o Brasil vivenciou agudo desenvolvimento no setor econômico, que se refletiu em crescimento expressivo da demanda de energia primária. Entre os fatores responsáveis alinham-se um expressivo desenvolvimento da indústria, com a construção de unidades energo-intensivas, e uma representativa expansão demográfica, relacionada ao rápido aumento da taxa de urbanização (Tolmasquim et al, 2007).

**Figura 1 - Matriz elétrica do Brasil 2024**

De acordo com o observado na Figura 1, a matriz elétrica brasileira é majoritariamente renovável, isso devido à grande representação da energia hidrelétrica na matriz ao longo dos últimos anos. Atualmente além da grande importância como geradoras, as usinas hidrelétricas desempenham outro papel crucial no Sistema Interligado Nacional, fornecendo estabilidade ao sistema. Também se ressalta o crescimento da geração eólica nos últimos anos, contribuindo para a diversificação da matriz elétrica.

### 2.3 Energias Renováveis

As energias renováveis são fontes de energia que se reabastecem naturalmente ao passar do tempo e são inesgotáveis. Elas desempenham um papel crucial na transição para um sistema energético que deixa para trás os combustíveis fósseis, colaborando com o combate ao aquecimento global (Enel Green Power, 2023).

Segundo (Proença, 2007), as energias renováveis têm uma trajetória iniciada há mais de 100 anos e pode ser classificada em três gerações tecnológicas. Sendo a primeira, que ocorreu no século XIX, é reconhecida pelo estabelecimento da energia hidrelétrica, amplamente utilizada até hoje no Brasil. A segunda geração, no século XX, identificada pela energia eólica e pela energia solar fotovoltaica. A terceira

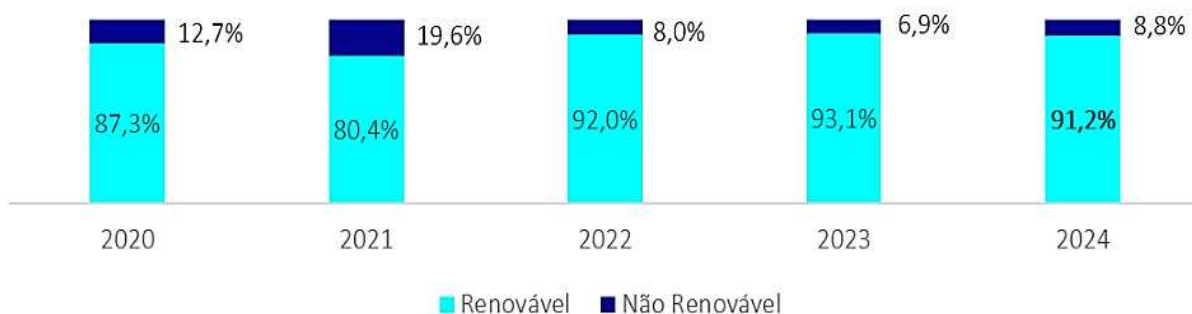
geração, é marcada pela energia dos oceanos e ondas, sistemas geotérmicos avançados e sistemas bioenergéticos integrados.

De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2023) as fontes de energia que pertencem a este grupo são consideradas inesgotáveis, pois suas quantidades se renovam constantemente ao serem usadas. São exemplos de fontes renováveis: hídrica, solar fotovoltaica, eólica, biomassa, geotérmica e oceânica

As fontes renováveis de energia são consideradas limpas, pois emitem menos gases de efeito estufa que as fontes fósseis e, por isso, estão em crescente expansão no território brasileiro e no mundo (EPE, 2023).

A Figura 2 apresenta o resultado de uma matriz energética majoritariamente renovável, característica que nos coloca à frente de muitos países do globo. Além de ser um ganho imensurável para o meio ambiente, essa característica nos traz uma série de oportunidades em novos mercados, como o de créditos de carbono e de hidrogênio renovável, que vão gerar benefícios para a sociedade nos próximos anos (CCEE, 2025c).

**Figura 2 - Balanço da energia renovável no Brasil**



Fonte: CCEE (2025c)

## 2.4 Energia solar fotovoltaica

De acordo com Pinho (2014), a energia solar fotovoltaica é gerada por meio da conversão direta da luz em eletricidade, um processo conhecido como efeito fotovoltaico. A célula fotovoltaica, que é um dispositivo semicondutor, é o principal componente responsável por essa conversão. Inicialmente, o desenvolvimento dessa tecnologia foi impulsionado pela busca de empresas de telecomunicações, que precisavam de alternativas para fornecer energia a sistemas em áreas remotas.

Outro fator que estimulou as pesquisas foi a chamada "corrida espacial" da década de 1950, promovida pela União Soviética e pelos Estados Unidos, que necessitavam de grandes quantidades de energia para alimentar equipamentos no espaço por longos períodos de tempo.

Nos anos 70, o desenvolvimento tecnológico no Brasil, no setor de energia solar fotovoltaica, iniciado duas décadas antes, equiparava-se ao que ocorria nos países de vanguarda no mundo, incentivado pela crise internacional do petróleo. No que se refere a usinas fotovoltaicas no Brasil, a primeira planta, um empreendimento de iniciativa privada com potência de 1 MWp, foi inaugurada em 2011 no município de Tauá CE (Pinho, 2014).

#### 2.4.1 Geração fotovoltaica no Brasil

Dados apresentados no Balanço Energético Nacional (BEN, 2025) demonstram a contribuição da geração solar fotovoltaica na matriz elétrica brasileira ao longo dos últimos anos. A geração do setor obteve um crescimento expressivo no decorrer dos últimos 10 balanços realizados, contribuindo assim para o aumento e renovabilidade do sistema elétrico brasileiro.

A Tabela 3 apresenta o histórico de participação da fonte solar fotovoltaica na matriz elétrica brasileira em GWh, demonstrando dados de geração e consumo registrados nos últimos 10 (BEN, 2025).

**Tabela 3 - Participação da energia solar fotovoltaica no BEN, série histórica, (GWh)**

Fluxo	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Geração Total	59	85	832	3461	6655	10748	16752	30126	50632	70665
Consumo Total	59	85	832	3461	6655	10748	16752	30126	50632	70665

Fonte: Adaptado de BEN (2025)

#### 2.4.2 Irradiação solar no Brasil

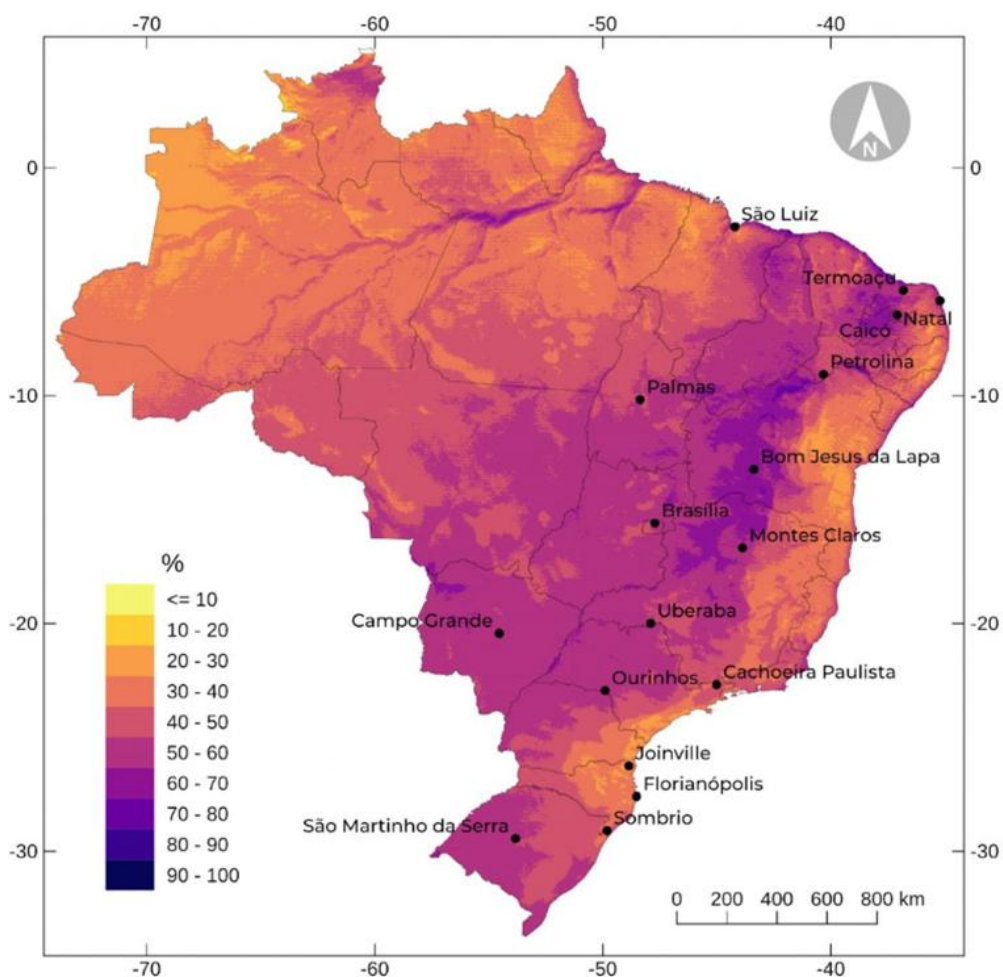
O Brasil se destaca por seus altos índices de irradiação solar, especialmente quando comparado a países europeus, onde existem incentivos significativos para o desenvolvimento da tecnologia fotovoltaica e a geração de energia elétrica renovável (Pinho, 2014).

A irradiância solar total (TSI) é a radiação gerada pelo sol em diferentes comprimentos de onda e recebida pela Terra. Essa radiação afeta o clima da Terra em diferentes escalas de tempo. Valores precisos da irradiância solar são importantes em modelos de clima e atmosfera.

A irradiância solar total foi considerada constante por muito tempo, com um valor de aproximadamente  $1.361 \text{ W/m}^2$ . No entanto, observações revelaram variações em diferentes escalas de tempo. Essas observações foram notadas nos últimos ciclos solares e estão sujeitas a grandes incertezas (INPE, 2023).

Na Figura 3 é possível visualizar de forma simples os diferentes índices de irradiação solar ao longo do território brasileiro, obtendo destaque as regiões central e nordeste do Brasil.

**Figura 3 - Mapa brasileiro de irradiação solar**



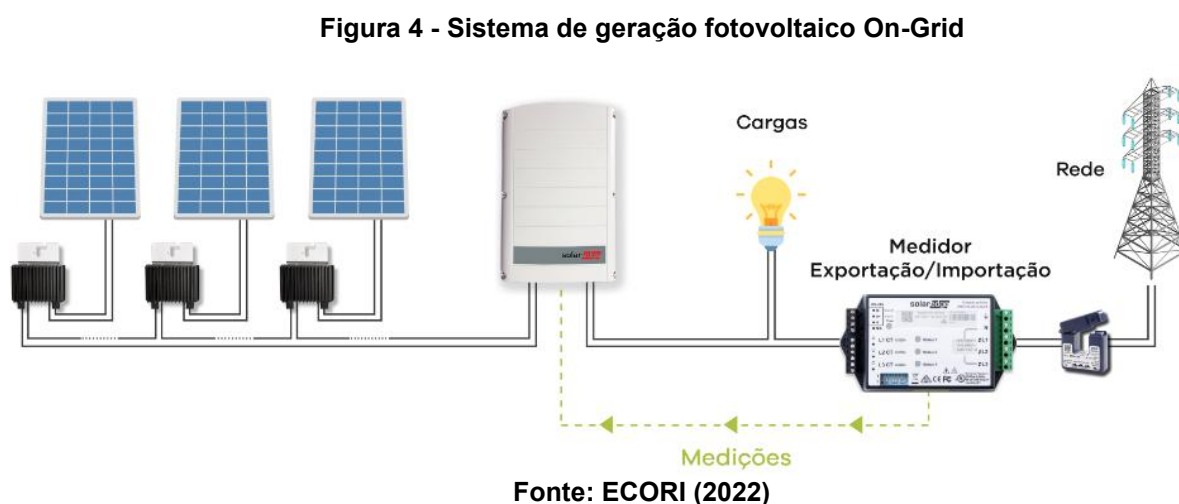
Fonte: INPE (2022)

### 2.4.3 Sistema de geração fotovoltaico

De acordo com WEG (2020), um sistema de geração solar fotovoltaico pode operar de três maneiras distintas, a depender do tipo de sistema instalado na residência ou no empreendimento:

- Sistema de energia solar conectado à rede: Sistema em que a energia gerada é diretamente integrada à rede elétrica, possibilitando a compensação de créditos;
- Sistema fotovoltaico isolado ou autônomo: Neste sistema, a energia gerada não consumida é armazenada em bancos de baterias, possibilitando o uso em outros períodos;
- Sistema de energia solar híbrido: Esse sistema abrange as características dos dois anteriores, funcionando conectado à rede elétrica enquanto as baterias estão sendo carregadas.

A Figura 4 apresenta um esquemático do sistema de geração fotovoltaico On-Grid, de forma simplificada, composto pelos módulos fotovoltaicos, inversor e medidor bidirecional.



### 2.4.4 Microgeração e minigeração distribuída

Segundo a ANEEL (2023, p. 2), um sistema de geração fotovoltaico pode ser enquadrado em diferentes classificações, de acordo ao seu potencial de geração instalado.

Microgeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada, em corrente alternada, menor ou igual a 75 kW e que

utilize cogeração qualificada ou fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição de energia elétrica por meio de instalações de unidade consumidora.

Minigeração distribuída: central geradora de energia elétrica renovável ou de cogeração qualificada, conectada na rede de distribuição de energia elétrica por meio de instalações de unidade consumidora, que possua potência instalada em corrente alternada maior que 75 kW e menor ou igual a:

- 5 MW para as centrais geradoras de fontes despacháveis;
- 3 MW para as demais fontes não enquadradas como centrais geradoras de fontes despacháveis; ou
- 5 MW para unidades consumidoras já conectadas em 7 de janeiro de 2022 ou que protocolarem solicitação de orçamento de conexão, nos termos da Seção IX do Capítulo II do Título I, até 7 de janeiro de 2023, independentemente do enquadramento como centrais geradoras de fontes despacháveis.

No ano de 2024 a micro e minigeração distribuída atingiu com destaque os números de 42.268 GWh com uma potência instalada de 36.168 MW, destacando-se principalmente pela geração solar fotovoltaica (BEN, 2025). As ações regulatórias, tais como a lei 14.300/22, que regulamenta a operação dos sistemas de micro e minigeração, proporcionam atualmente a segurança e as diretrizes para o correto funcionamento do sistema de compensação de créditos de energia (BRASIL. LEI Nº 14.300, DE 6 DE JANEIRO DE 2022).

## **2.5 Ambiente de contratação livre de energia**

O Ambiente de Contratação Livre (ACL), ou como é popularmente conhecido “Mercado livre de energia”, é a modalidade de negociação onde o consumidor tem a possibilidade de escolher a critério próprio a empresa ou organização a qual irá lhe realizar o fornecimento de energia elétrica, podendo negociar as condições em que esse serviço será prestado, tais como, preço, forma de pagamento, até mesmo a fonte da qual proveem a energia, entre outros critérios. Para o ingresso ao ACL como fornecedor de energia elétrica, é preciso tornar-se autoprodutor ou gerador de energia solar associado a CCEE (CCEE, 2025a).

No Brasil, a abertura do Mercado Livre de Energia foi instaurada em 1995, com a Lei nº 9.074 (Brasil. LEI Nº 9047, DE 7 de julho de 1995), em meio a reestruturações e atualizações tecnológicas aplicadas sobre o setor elétrico. Mas apenas em 1998 foi possível que os consumidores com demanda acima de 10 MW puderam, de fato, migrar para esse ambiente. Entre os anos de 2008 a 2016, foram reduzidos gradualmente os critérios de demanda mínima para participação no ACL, até que no ano de 2019 consumidores com demanda superior a 500 kW puderam ingressar ao

ambiente de contratação livre de energia, onde também surgiram as cooperativas e consórcios com o intuito de facilitar o acesso à pequenos consumidores ao ACL.

### 2.5.1 Contrato de comercialização de energia elétrica no ambiente livre

Atualmente o documento que oficializa as transações dentro do ACL são contratos bilaterais denominados “Contrato de Comercialização de Energia Elétrica no Ambiente Livre (CCEAL)”, que formaliza os termos negociados diretamente entre gerador e consumidor, já que o CCEE não interfere nas premissas do contrato.

Contratos originados a partir de fontes incentivadas de energia são denominados Contratos de Comercialização de Energia Incentivada (CCEI), (CCEE, 2023b).

A formação do preço de venda a médio e longo prazo no ACL leva em consideração condições conjunturais, como: questões climáticas (temperatura, níveis dos reservatórios e expectativa de chuva) e questões econômicas (comportamento da carga, consumo de energia), já as condições estruturais estão ligadas a fatores como: expansão da matriz energética (entrada de novas fontes), e políticas econômicas (expectativa de crescimento da carga em médio e longo prazo).

Já a formação do preço de curto prazo tem a como base o Preço de Liquidação das Diferenças (PLD), que se trata de um valor determinado diariamente pela CCEE com base no Custo Marginal de Operação, considerando limites mínimos e máximos para cada patamar de carga (CCEE, 2023).

## 2.6 Software PVsyst

O PVsyst foi desenvolvido para ser utilizado por arquitetos, engenheiros e pesquisadores. Também é uma ferramenta muito utilizada no âmbito educacional, inclui um menu de ajuda contextual detalhado que explica os procedimentos e modelos utilizados e oferece uma abordagem amigável ao usuário, fornecendo um guia para auxílio no desenvolvimento de projetos. O software oferece a possibilidade de importar dados meteorológicos, assim como dados técnicos de equipamentos de diversas fontes diferentes (PVSYST, 2024).

O software PVsyst é utilizado para auxílio no dimensionamento e desenvolvimento de projetos de geração solar fotovoltaica. Os profissionais que atuam no setor fotovoltaico utilizam o software, por exemplo, para realizar cálculos de

perdas por sombreamento e sujeira nos módulos, além de realizar estimativas de produção de energia considerando a eficiência de cada equipamento do sistema. Permite fazer análises de dados meteorológicos e de viabilidade econômica do projeto. No programa há também recursos e componentes para realizar cálculos da estrutura, emitir documentações técnicas e relatórios dos SGF's (Solar, 2020).

## 2.7 Análise financeira

Nesta sessão serão apresentados e descritos os indicadores financeiros a serem levados em conta na análise financeira a ser realizada.

### 2.7.1 Valor Presente Líquido (VPL)

De acordo com (Silva; Fontes, 2005) o valor presente líquido de um projeto de investimento pode ser determinado como a soma algébrica dos valores descontados do fluxo de caixa a ele associado.

$$VPL = \sum_{j=0}^n R_j(1+i)^{-j} - \sum_{j=0}^n C_j(1+i)^{-j} \quad (1)$$

Desta maneira, é a diferença do valor presente das receitas menos o valor presente dos custos.

### 2.7.2 Taxa Interna de Retorno (TIR)

A taxa interna de retorno de um projeto, é a taxa de desconto para a qual o valor presente das receitas tornasse igual o valor presente dos desembolsos. Isto significa dizer que a TIR é aquela que torna nulo valor presente líquido do projeto. Pode ainda ser entendida como a taxa de remuneração do capital.

A TIR é obtida resolvendo-se a Equação 2 para o valor de  $k$  que torne o VPL igual a zero (Gitman, 2010).

$$0 = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+TIR)^t} - FC_0 \quad (2)$$

### 2.7.3 Payback

Os períodos de payback são frequentemente utilizados para o estudo de propostas de investimento de capital. O período de payback se define como o tempo necessário para que a empresa recupere o investimento inicial em um projeto, calculado a partir das entradas de caixa.

Sua popularidade está ligada à simplicidade de cálculo e à abordagem intuitiva. Além disso, destaca-se por levar em conta os fluxos de caixa em vez do lucro contábil. Ao indicar a rapidez com que o investimento inicial é recuperado, o período de payback também incorpora, de forma implícita, o momento em que os fluxos de caixa ocorrem, refletindo assim o valor do dinheiro ao longo do tempo (Gitman, 2010).

$$\text{Payback} = \text{Investimento Inicial} / \text{Ganho no período} \quad (3)$$

### 3 DESENVOLVIMENTO

Neste capítulo serão utilizados conceitos e dados adquiridos através da revisão bibliográfica para apresentar uma metodologia sequencial de trabalho utilizada para alcançar os resultados a serem apresentados.

No desenvolvimento do trabalho serão apresentados dois casos de estudo, com a intenção de alcançar dois resultados diferentes, um de forma geral para o estado e o outro específico para a propriedade de estudo.

A simulação realizada sobre o investimento agrícola levou em conta alguns quesitos como: terreno próprio, não havendo necessidade de compra ou locação do mesmo, e maquinário próprio, também não havendo a necessidade de compra ou locação. Lembrando que custos como a manutenção e combustível das máquinas já são englobados no custo de produção da cultura.

Para realização da análise sobre o investimento em geração fotovoltaica será utilizado o software PVsyst para realização da simulação de geração do sistema fotovoltaico, dados esses que associados a série histórica do valor de comercialização do kWh no ACL, representaram os proventos brutos do investimento.

#### 3.1 Produção média da soja verão no estado do MS

A Tabela 4 foi elaborada com a coleta e comparação dos dados proporcionados por algumas organizações ligadas ao agronegócio, tanto no âmbito estadual como federal, referenciando-se a números do estado do Mato Grosso do Sul, apresentando assim um histórico dos últimos 10 anos.

**Tabela 4 - Produção média da soja verão no MS**

Safra	Custo Ha R\$	Custo Ha Sc	Produtividade Sc/Ha	Preço Venda R\$	Lucratividade R\$
2015/2016	1.724,30	63,68	56,00	70,07	2199,60
2016/2017	1.736,25	62,23	65,00	59,25	2115,00
2017/2018	2.428,24	58,91	65,00	71,53	2221,20
2018/2019	2.788,04	57,36	57,00	65,50	945,50
2019/2020	3740,07	57,54	67,00	77,54	1455,10
2020/2021	3836,00	59,01	70,00	152,24	6820,80
2021/2022	3561,07	54,79	75,60	186,82	10562,50
2022/2023	8514,30	130,99	70,00	158,17	2557,60
2023/2024	8016,31	138,21	62,32	123,23	-336,60
2024/2025	5998,24	51,27	51,78	115,39	-23,35

Fonte: Adaptado de Aprosoja (2023) e Conab (2024)

### 3.2 Produção média do milho 2ª safra no estado do MS

Os dados apresentados na Tabela 5 referem-se a custos, produtividade e preço de venda da cultura do milho de 2ª safra, no estado do Mato Grosso do Sul. Para a obtenção dos dados foram utilizados banco de dados de organizações agropecuárias de âmbito estadual e federal, apresentando assim um histórico dos últimos 10 anos.

**Tabela 5 - Produção média do milho 2ª safra no MS**

Safra	Custo Ha R\$	Custo Ha Sc	Produtividade Sc/Ha	Preço Venda R\$	Lucratividade R\$
2016		24,33	88,60	20,87	-27,48
2017	2.065,55	26,84	58,40	35,45	4,73
2018	2.063,27	26,83	88,30	20,92	-216,04
2019	1.980,78	25,73	70,13	28,57	22,83
2020	1.951,11	30,97	93,23	28,46	702,22
2021	2.148,05	34,09	93,40	45,32	2.084,84
2022	2.349,91	37,30	70,00	68,16	2.421,29
2023	4.307,24	68,37	100,00	69,83	2.675,76
2024	4.019,94	67,56	130,00	49,34	2.394,26
2025	3.737,00	62,81	72,80	57,85	474,48

Fonte: Adaptado de Aprosoja (2024), Conab (2024) e Agrolink (2025)

### 3.3 Produção própria da soja verão no MS

Os dados apresentados na Tabela 6, são de origem da propriedade específica de estudo, dados de custo de produção e produtividade coletados nos últimos anos. Devido à grande flexibilidade do preço de venda do grão e outros fatores como, vendas em frações e trocas, para elaboração do estudo foram considerados os preços de venda médios do estado.

**Tabela 6 - Produção própria da soja verão no MS**

Safra	Custo Ha R\$	Produtividade Sc/Ha	Preço Venda R\$	Lucratividade R\$
2015/2016	1.185	68	70,07	3.579,76
2016/2017	1.230	70	59,25	2.917,50
2017/2018	2.195	78	71,53	3.384,34
2018/2019	2.540	68	65,50	1.914,00
2019/2020	3.680	75	77,54	2.135,50
2020/2021	2.685	78	152,24	9.189,72
2021/2022	2.485	82	186,82	12.834,24
2022/2023	7.460	85	158,17	5.984,45
2023/2024	7.230	68	123,23	1.149,64
2024/2025	5.860	78	115,39	3.140,42

Fonte: Adaptado de Aprosoja (2023) e Agrolink (2025)

### 3.4 Produção própria do milho 2ª safra no estado do MS

Os dados apresentados na Tabela 7 são de origem da propriedade específica de estudo, dados de custo de produção e produtividade coletados nos últimos anos. Devido à grande flexibilidade do preço de venda do grão e outros fatores como, vendas em frações e trocas, para elaboração do estudo foram considerados os preços de venda médios do estado.

Tabela 7- Produção própria do milho 2ª safra

Safra	Custo Ha R\$	Produtividade Sc/Ha	Preço R\$	Lucratividade R\$
2016	2.734	87	35,45	350,15
2017	2.568	120	20,92	-57,60
2018	2.654	94	28,57	31,58
2019	2.740	130	28,46	959,80
2020	2.587	145	45,32	3.984,40
2021	2.849	86	68,16	3.012,76
2022	5.747	110	69,83	1.934,30
2023	5.238	144	49,34	1.866,96
2024	5.185	116	49,15	516,40
2025	4.768	130	57,85	2.752,50

Fonte: Adaptado de Agrolink (2025)

### 3.5 Localização da usina fotovoltaica

O local utilizado para simulação da usina fotovoltaica no software PVsyst se localiza em uma pequena propriedade rural situada no município de São Gabriel do Oeste, norte do estado do Mato Grosso do Sul.

Figura 5 - Localização de simulação da usina fotovoltaica



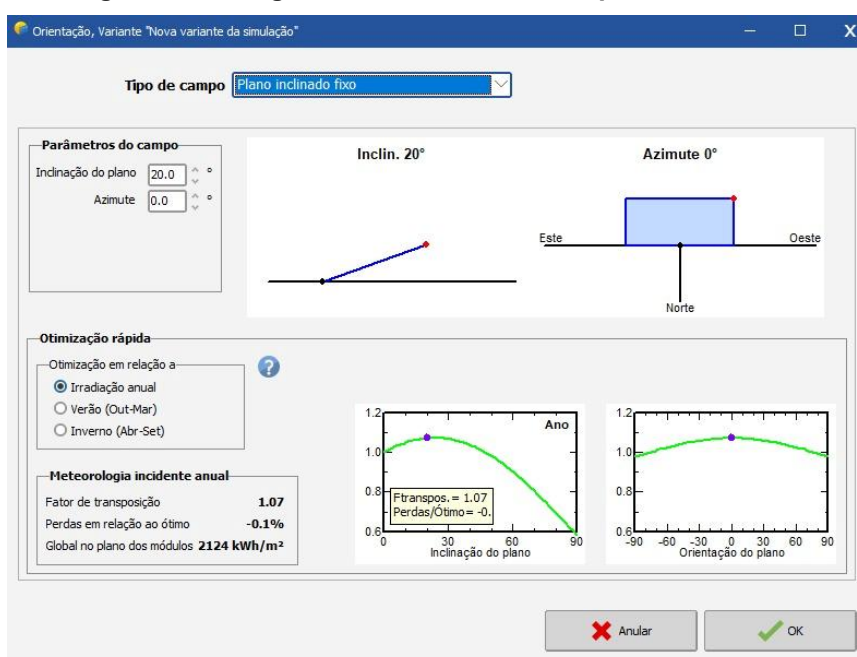
Fonte: Adaptado de Google Earth (2025)

### 3.6 Usina fotovoltaica simulada

Para a simulação de geração através do software PVsyst foram utilizados os dados meteorológicos da região de São Gabriel do Oeste importados diretamente da Meeonorm ao programa.

Na Figura 6 é possível visualizar as configurações predefinidas de posicionamento do arranjo fotovoltaico, uma inclinação de 20° Norte e azimuth fixado em 0°.

**Figura 6 - Configurações de orientação e posicionamento**



Fonte: Adaptado de PVsyst (2025)

A disposição dos painéis foi distribuída em solo fazendo uso de estruturas metálicas de suporte. A Figura 7 exemplifica a disposição dos painéis em solo, estando as fileiras posicionadas com espaçamento de 5,50 m.

**Figura 7 - Disposição dos painéis em solo**



Fonte: Hydro (2025)

No Quadro 1 estão descritos os modelos e quantidade dos equipamentos utilizados em simulação, painel fotovoltaico e inversor solar.

**Quadro 1 - Modelos dos componentes utilizados na simulação de geração fotovoltaica**

Quantidade	Modelo
3	Inversor solar BYD 500Kw 450-900V BSG500KTL-E
4500	Painel Solar 360Wp 33V Si-mono JKM350M-72

Fonte: Autoria própria (2025)

A seguir na Tabela 8 estão demonstrados os números obtidos em simulação através do software, como a temperatura média, incidência solar, energia entregue e a eficiência do sistema, todos os dados em comparativos mensais.

**Tabela 8 - Dados de simulação**

Mês	T Ambiente °C	Incidência Global kWh/m <sup>2</sup>	Energia Gerada kWh	Energia Entregue kWh	Eficiência
Janeiro	26,04	197,5	263.271	257.538	0,805
Fevereiro	25,82	153,2	206.214	201.736	0,813
Marco	25,95	189,8	254.649	249.344	0,811
Abril	24,76	179,1	242.703	238.018	0,820
Mai	22,12	178,6	245.555	240.441	0,831
Junho	21,21	161,7	224.612	219.977	0,840
Julho	20,87	175,4	244.065	239.090	0,841
Agosto	23,54	182,1	249.301	244.252	0,828
Setembro	24,63	179,9	242.647	237.779	0,816
Outubro	26,06	175,5	236.974	231.793	0,815
Novembro	25,52	166,3	225.709	220.711	0,819
Dezembro	26,19	164,0	220.815	215.631	0,812
Média	24,38	175,3	238.043	233.026	0,821

Fonte: Adaptado de PVsyst (2025)

### 3.7 Histórico do preço do kWh no ACL

A Tabela 9 apresenta os dados referentes a média anual do preço do kWh negociado em contratos do ambiente de contratação livre nos últimos 15 anos, caracterizado por grande variação no período.

Nota-se pontos discrepantes tanto em alta, ano de 2014, como em baixa, ano de 2011, em que o período de tempo entre ambos foi apenas de 3 anos, o que demonstra que não só a inflação ou o aumento da demanda afetam diretamente o

valor da energia, como também condições conjunturais, como: questões climáticas (temperatura, níveis dos reservatórios e expectativa de chuvas) e questões econômicas (comportamento da carga e consumo de energia).

**Tabela 9 - Série histórica, preço do MWh no ACL**

Ano	Preço R\$ (MWh)	
	Médio Anual	Médio Melhor Mês
2016	93,91	200,21
2017	323,04	533,82
2018	287,83	505,18
2019	227,10	443,66
2020	177,00	502,70
2021	279,61	583,88
2022	58,99	76,90
2023	72,17	84,40
2024	127,88	480,78
2025	188,29	327,32

Fonte: CCEE (2025b)

### 3.8 Orçamento para construção do SGF

Em contato direto com um funcionário de uma empresa localizada no estado do Paraná que realiza projetos, venda e instalação de sistemas fotovoltaicos no estado e em estados vizinhos, foi solicitado um orçamento, apresentado na Tabela 10 a seguir, para construção da usina de estudo, a qual possui um potencial instalado de 1.500 kWp. O colaborador da empresa disponibilizou o orçamento apenas para fim acadêmico, desta forma o nome da empresa e do colaborador não serão citados por exigência dos mesmos.

**Tabela 10 - Orçamento sistema fotovoltaico**

Qtde.	Descrição	Valor Unitário	Valor Total	Valor Total
3	Inversor Solar	R\$ 195.000,00	R\$ 585.000,00	
4500	Modulo Fotovoltaico	R\$ 635,00	R\$ 2.857.500,00	
1	Estruturas de Fixação	R\$ 66.050,00	R\$ 66.050,00	R\$ 3.515.180,00
1	Cabos e Conectores	R\$ 6.630,00	R\$ 6.630,00	
1	Subestação de Transformação	R\$ 350.000,00	R\$ 350.000,00	R\$ 350.000,00
1	Mão de Obra	R\$ 60.000,00	R\$ 60.000,00	R\$ 60.000,00
	Total:			R\$ 3.925.180,00

Fonte: Adaptado pelo Autor (2025)

### 3.9 Simulação de financiamento do SGF

Através do contato com um colaborador de uma cooperativa de crédito com atividades no estado do Mato Grosso do Sul foi solicitado uma simulação de financiamento para o SGF de estudo, o qual está apresentado na Tabela 11, o mesmo disponibilizou o documento para fins acadêmicos com a condição que não fosse exposto o nome da organização, desta forma não serão aqui mencionados.

Na simulação foram utilizados como parâmetros um valor de financiamento de R\$ 3.925.180,00 a uma taxa de juros anual de 11,75%, com um prazo de pagamento de 120 meses, ou seja, 10 anos.

**Tabela 11 - Simulação de financiamento para o SGF**

#	Data de Vencimento	Juros	Principal	Parcela	Saldo Devedor
1	17/08/2016	R\$ 461.208,65	R\$ 392.518,00	R\$ 853.726,65	R\$ 3.532.662,00
2	16/08/2017	R\$ 415.087,79	R\$ 392.518,00	R\$ 807.605,79	R\$ 3.140.144,00
3	15/08/2018	R\$ 368.966,92	R\$ 392.518,00	R\$ 761.484,92	R\$ 2.747.626,00
4	15/08/2019	R\$ 322.846,06	R\$ 392.518,00	R\$ 715.364,06	R\$ 2.355.108,00
5	15/08/2020	R\$ 276.725,19	R\$ 392.518,00	R\$ 669.243,19	R\$ 1.962.590,00
6	15/08/2021	R\$ 230.604,33	R\$ 392.518,00	R\$ 623.122,33	R\$ 1.570.072,00
7	16/08/2022	R\$ 184.483,46	R\$ 392.518,00	R\$ 577.001,46	R\$ 1.177.554,00
8	15/08/2023	R\$ 138.362,60	R\$ 392.518,00	R\$ 530.880,60	R\$ 785.036,00
9	15/08/2024	R\$ 92.241,73	R\$ 392.518,00	R\$ 484.759,73	R\$ 392.518,00
10	15/08/2025	R\$ 46.120,87	R\$ 392.518,00	R\$ 438.638,87	R\$ 0,00

**Fonte: Adaptado pelo Autor (2025)**

## 4 RESULTADOS

O capítulo 4 apresenta as análises financeiras realizadas sobre os investimentos em questão. A seguir serão apresentados tópicos referentes a cada modalidade e configuração de investimento, determinando seu desempenho através dos indicadores financeiros VPL, TIR e Payback.

### 4.1 Avaliação financeira do cultivo de grãos números do estado do MS

Para a elaboração da Tabela 12, que se refere a análise do investimento, foram utilizadas como base as Tabelas (4 e 5) que determinam a lucratividade por safra de cada cultura. Para esta análise foi considerado um investimento inicial de R\$ 2.500,00 para preparo de solo e parcelas de manutenção a cada 3 anos, recomendação para a conservação do potencial produtivo do terreno.

**Tabela 12 - Análise financeira agricultura números do estado do MS**

Ano	Invest. Inicial	Retorno 1ª Safra	Retorno 2ª Safra	Manutenção do Solo	Fluxo de Caixa	Valor Presente	VPL
2016	-2.500,00				-2500,00	-2.500,00	-2.500,00
2016		2.199,62	-27,48		2.172,14	1.954,93	-545,07
2017		2.115,00	4,73		2.119,73	1.907,75	1.362,68
2018		2.221,21	-216,04	-1.600,00	405,18	364,66	1.727,34
2019		945,46	22,83		968,29	871,46	2.598,80
2020		1.455,11	702,22		2.157,33	1.941,59	4.540,39
2021		6.820,80	2.084,84	-1.800,00	7.105,64	6.395,08	10.935,47
2022		10.562,52	2.421,29		12.983,81	11.685,43	22.620,90
2023		2.557,60	2.675,76		5.233,36	4.710,02	27.330,92
2024		-336,62	2.394,26	-2.000,00	57,64	51,88	27.382,80
2025		-23,35	474,48		451,13	406,02	27.788,82
<b>TIR</b>					<b>82,96%</b>		
<b>VPL</b>					<b>16.845,58</b>		

Fonte: Autoria própria (2025)

A análise financeira aplicada ao cultivo de grãos a partir dos valores médios do estado, demonstra que o prazo de payback do investimento estaria estipulado em 2 anos, apresentando rentabilidade a partir das safras cultivadas no ano de 2017, porém este dado não se torna relevante devido a que a produção agrícola já e a atividade praticada no local, com terreno e maquinas já adquiridos.

O percentual calculado referente a taxa TIR foi de 82,96%, um número significativo, já que no ano de 2025, a taxa Selic, considerada um indicador para investimento de renda fixa, alcançou o percentual de (15%) ao ano (jul/2025).

O Valor Presente Líquido (VPL) calculado para o investimento foi de 16.845,58R\$ considerando uma taxa de atratividade mínima de 10%, o que determina o investimento como financeiramente viável.

#### 4.2 Avaliação financeira do cultivo de grãos produção própria

Para a elaboração da Tabela 13 foram utilizadas como base as Tabelas (6 e 7) que determinam a lucratividade por safra de cada cultura. Para esta análise foi considerado um investimento inicial de 3.000,00R\$ para preparo de solo e parcelas de manutenção a cada 3 anos, dado repassado pelo produtor.

Tabela 13 - Análise financeira agricultura produção própria

Ano	Invest. Inicial	Retorno 1ª Safra	Retorno 2ª Safra	Manutenção do Solo	Fluxo de Caixa	Valor Presente	VPL
2016	-3.000,00				-3.000,00	-3.000,00	-3.000,00
2016		3.579,76	350,15		3.929,91	3.536,92	536,92
2017		2.917,50	-57,60		2.859,90	2.573,91	3.110,83
2018		3.384,34	31,58	-2.000,00	5.415,92	4.874,33	7.985,16
2019		1.914,00	959,80		2.873,80	2.586,42	10.571,58
2020		2.135,50	3.984,40		6.119,90	5.507,91	16.079,49
2021		9.189,72	3.012,76	-2.200,00	14.402,48	12.962,23	29.041,72
2022		12.834,24	1.934,30		14.768,54	13.291,69	42.333,41
2023		5.984,45	1.866,96		7.851,41	7.066,27	49.399,67
2024		1.149,64	516,40	-2.400,00	4.066,04	3.659,44	53.059,11
2025		3.140,42	2.752,50		5.892,92	5.303,63	58.362,74
<b>TIR</b>					<b>132%</b>		
<b>VPL</b>					<b>36.135,62</b>		

Fonte: Autoria própria (2025)

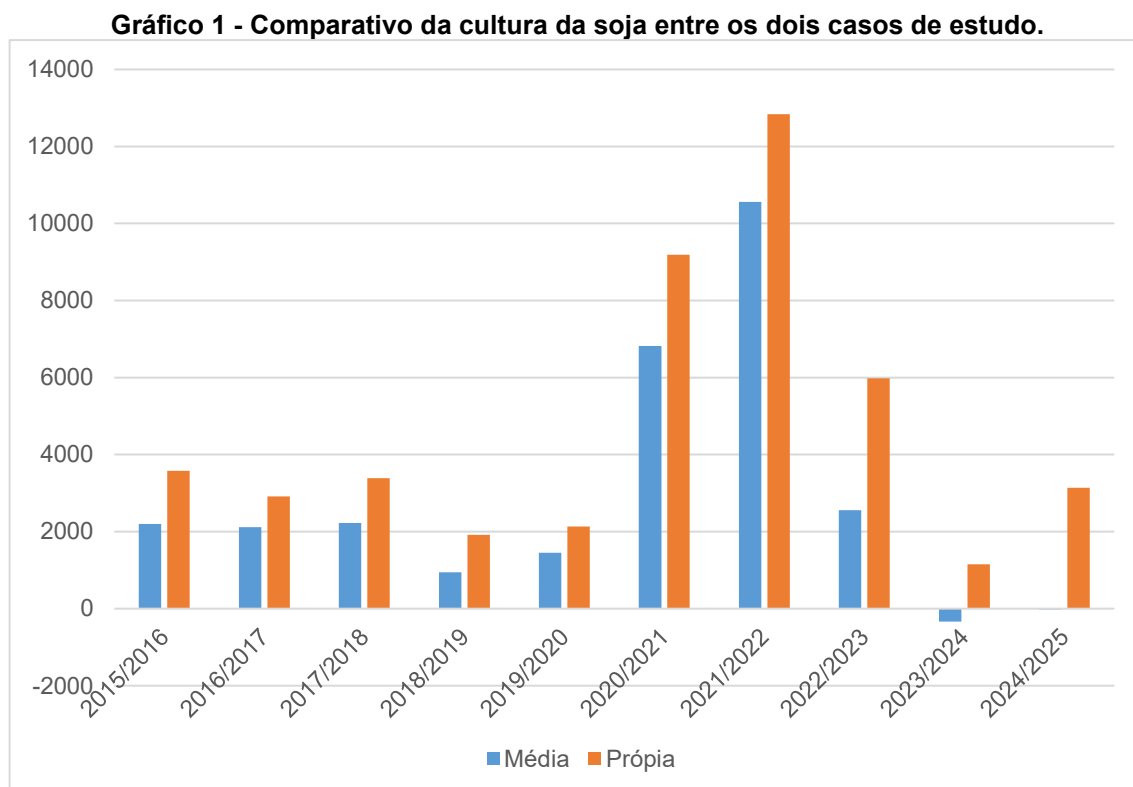
A análise financeira ao cultivo de grãos com os valores de produção própria, demonstra que o prazo de payback seria de apenas 1 ano, apresentando rentabilidade já no primeiro ano de cultivo, impulsionada pela safra da soja que apresentou bom desempenho. Porém, este dado não se torna relevante devido a que a produção agrícola já e a atividade praticada no local, com terreno e máquinas já adquiridos.

O percentual calculado referente a taxa TIR foi de 132%, um número consideravelmente alto, notasse um destaque dos anos de 2021 e 2022, período de pandemia em que houve um grande aumento no valor dos grãos.

O Valor Presente Líquido (VPL) calculado para o investimento foi de 36.135,62R\$ considerando uma taxa de atratividade mínima de 10%, o que determina o investimento como financeiramente viável.

### 4.3 Comparativo de rentabilidade na cultura da soja para os dois casos de estudo

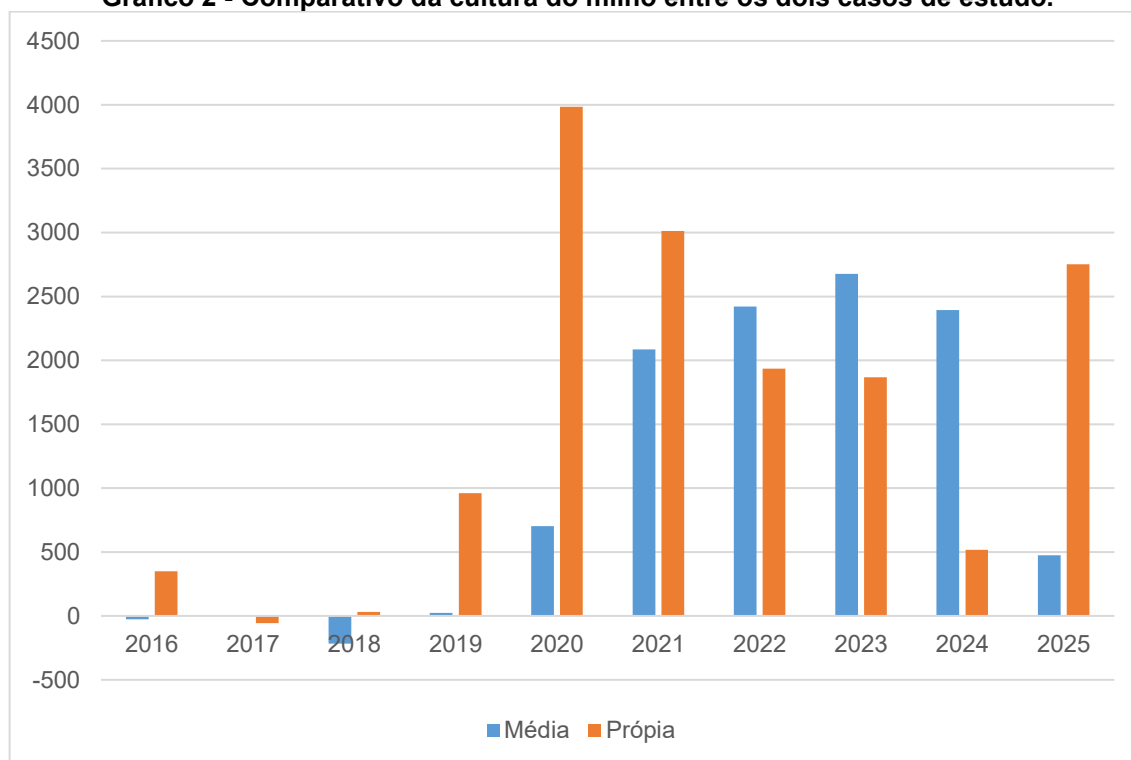
O gráfico a seguir, Gráfico 1, demonstra de forma clara o desempenho da cultura da soja nos diferentes casos de estudo, o comparativo traz uma análise dos últimos 10 anos. É possível identificar uma predominância para os números de produção própria, obtendo melhor resultado em todas as 10 safras.



Fonte: Autoria própria (2025)

### 4.4 Comparativo de rentabilidade na cultura do milho para os dois casos de estudo

O gráfico a seguir, Gráfico 2, demonstra de forma clara o desempenho da cultura do milho em ambos os casos de estudo, o comparativo traz uma análise dos últimos 10 anos. É possível identificar que não há uma padronização nos resultados, em 6 das safras analisadas os números de produção própria foram superiores, e em 4 safras os números de produção média se sobressaíram, isso se dá devido a maior instabilidade das condições climáticas no período do inverno, o que acarreta em uma imprevisibilidade sobre a produção nas culturas de inverno.

**Gráfico 2 - Comparativo da cultura do milho entre os dois casos de estudo.**

Fonte: Autoria própria (2025)

## 4.5 Avaliação financeira do sistema de geração fotovoltaico

### 4.5.1 Caso médio

A análise financeira aplicada sobre o investimento na produção de energia elétrica levou em consideração uma simulação de geração realizada através do software PVsyst, dados presentes na Tabela 8, que combinados aos valores de preço de venda da Tabela 9, dão origem a coluna intitulada “Entradas”.

A coluna intitulada “Saídas” corresponde a junção do custo do investimento, um valor de R\$ 3.925.180,00 orçado para a construção do SGF, presente na Tabela 10. Os juros referentes ao financiamento, e os valores de manutenção considerado inicialmente como R\$ 6.500 acrescidos anualmente por uma taxa de correção monetária. A Tabela 14 em formato estendido encontra-se no Apêndice A deste documento.

Tabela 14 - Análise financeira do SGF, caso médio

Ano	Saídas	Entradas	Fluxo De Caixa	Valor Presente	VPL
0	-3.925.180,00		-3.925.180,00	-3.925.180,00	-3.925.180,00
1	-461.208,65	262.601,38	-198.607,27	-178.746,54	-4.103.926,54
2	-421.587,79	903.319,66	494.731,87	445.258,69	-3.658.667,86
3	-376.441,92	804.861,62	443.369,70	399.032,73	-3.259.635,13
4	-376.516,67	635.041,77	273.624,60	246.262,14	-3.013.372,98
5	-330.471,30	494.946,69	179.725,89	161.753,30	-2.851.619,69
6	-330.547,55	781.875,96	466.731,40	420.058,26	-2.431.561,42
7	-284.503,70	164.954,27	-103.992,41	-93.593,17	-2.525.154,59
8	-284.581,49	201.809,62	-67.059,27	-60.353,34	-2.585.507,93
9	-238.539,19	357.591,99	134.922,53	121.430,28	-2.464.077,65
10	-238.618,54	526.517,02	303.926,91	273.534,22	-2.190.543,44
11	-593.094,35	577.705,14	585.799,49	527.219,54	-1.663.323,89
12	-8.175,30	618.144,50	626.319,79	563.687,81	-1.099.636,08
13	-8.257,05	661.414,61	669.671,66	602.704,49	-496.931,59
14	-8.339,62	707.713,63	716.053,25	644.447,93	147.516,34
15	-8.423,02	757.253,59	765.676,60	689.108,94	836.625,28
16	-8.507,25	810.261,34	818.768,59	736.891,73	1.573.517,01
17	-8.592,32	866.979,63	875.571,95	788.014,76	2.361.531,77
18	-8.678,24	927.668,21	936.346,45	842.711,80	3.204.243,57
19	-8.765,03	992.604,98	1.001.370,01	901.233,00	41.05.476,58
20	-8.852,68	1.062.087,33	1.070.940,00	963.846,00	5.069.322,58
21	-8.941,20	1.136.433,44	1.145.374,64	1.030.837,18	6.100.159,76
22	-9.030,61	1.215.983,78	1.225.014,40	1.102.512,96	7.202.672,72
23	-9.120,92	1.301.102,65	1.310.223,57	1.179.201,21	8.381.873,93
24	-9.212,13	1.392.179,83	1.401.391,96	1.261.252,77	9.643.126,69
25	-9.304,25	1.489.632,42	1.498.936,67	1.349.043,00	10.992.169,70

Fonte: Autoria própria (2025)

Na análise financeira aplicada sobre o investimento na produção de energia fotovoltaica da Tabela 14, são utilizados para os cálculos, o preço médio anual do MWh, coluna 2 da Tabela 9. O investimento não apresentou viabilidade nos primeiros 10 anos, alcançando uma TIR de -12% e um VPL acumulado de R\$ -2.190.543,44.

Já com a análise a longo prazo, período de vida útil do SGF, os resultados são satisfatórios, alcançando uma TIR de 10% e um VPL acumulado de R\$ 10.992.169,70. Porém, os valores calculados não podem ser considerados reais devido as multas devido ao não cumprimento dos vencimentos referentes ao financiamento, valores destacados em azul.

Para essa simulação foi considerada uma troca dos inversores no décimo primeiro ano de funcionamento da usina, visto que os mesmos possuem uma vida útil de aproximadamente 10 anos.

## 4.5.2 Caso ótimo

Com a aplicação da análise financeira sobre o investimento na produção de energia fotovoltaica da Tabela 15, são utilizados para os cálculos, o melhor preço médio mensal do MWh registrado no ano, presentes na coluna 3 da Tabela 9, que associados aos números simulados de geração dão origem a coluna (Entradas). Já a coluna denominada (Saídas) é composta das despesas como, investimento inicial, juros de financiamento, e um valor de manutenção estipulado inicialmente em 8.000R\$, acrescido anualmente por uma taxa de correção monetária. A Tabela 15 em formato estendido encontrasse no Apêndice B deste documento.

Tabela 15 - Análise financeira do SGF para o caso ótimo

Ano	Saídas	Entrada	Fluxo de Caixa	Valor Presente	VPL
0	-3.925.180,00		-3.925.180,00	-3.925.180,00	-3.925.180,00
1	-461.208,65	559.849,02	98.640,37	88.776,34	-3.836.403,66
2	-423.087,79	1.492.725,67	1.085.637,89	977.074,10	-2.859.329,57
3	-378.166,92	1.412.639,38	1.052.872,46	947.585,21	-1.911.744,35
4	-378.258,92	1.240.610,45	880.935,53	792.841,98	-1.118.902,37
5	-332.230,98	1.405.704,53	1.092.243,40	983.019,06	-135.883,31
6	-332.324,82	1.632.708,90	1.319.341,61	1.187.407,45	1.051.524,14
7	-286.298,75	215.036,16	-52.115,47	-46.903,92	1.004.620,21
8	-286.394,48	236.008,48	-31.047,42	-27.942,68	976.677,53
9	-240.370,31	1.344.409,44	1.123.571,10	1.011.213,99	1.987.891,52
10	-240.467,97	915.287,86	694.547,18	625.092,46	2.612.983,99
11	-594.962,28	1.045.511,97	470.474,25	423.426,83	3.036.410,82
12	-10.061,90	1.118.697,81	1.128.759,71	1.015.883,74	4.052.294,56
13	-10.162,52	1.197.006,66	1.207.169,18	1.086.452,26	5.138.746,83
14	-10.264,15	1.280.797,12	1.291.061,27	1.161.955,14	6.300.701,97
15	-10.366,79	1.370.452,92	1.380.819,71	1.242.737,74	7.543.439,71
16	-10.470,46	1.466.384,63	1.476.855,08	1.329.169,58	8.872.609,29
17	-10.575,16	1.569.031,55	1.579.606,71	1.421.646,04	10.294.255,33
18	-10.680,91	1.678.863,76	1.689.544,67	1.520.590,21	11.814.845,53
19	-10.787,72	1.796.384,22	1.807.171,94	1.626.454,75	13.441.300,28
20	-10.895,60	1.922.131,12	1.933.026,72	1.739.724,05	15.181.024,33
21	-11.004,56	2.056.680,29	2.067.684,85	1.860.916,37	17.041.940,70
22	-11.114,60	2.200.647,92	2.211.762,52	1.990.586,27	19.032.526,96
23	-11.225,75	2.354.693,27	2.365.919,02	2.129.327,12	21.161.854,08
24	-11.338,01	2.519.521,80	2.530.859,80	2.277.773,82	23.439.627,90
25	-11.451,39	2.695.888,32	2.707.339,71	2.436.605,74	25.876.233,64

Fonte: Autoria própria (2025)

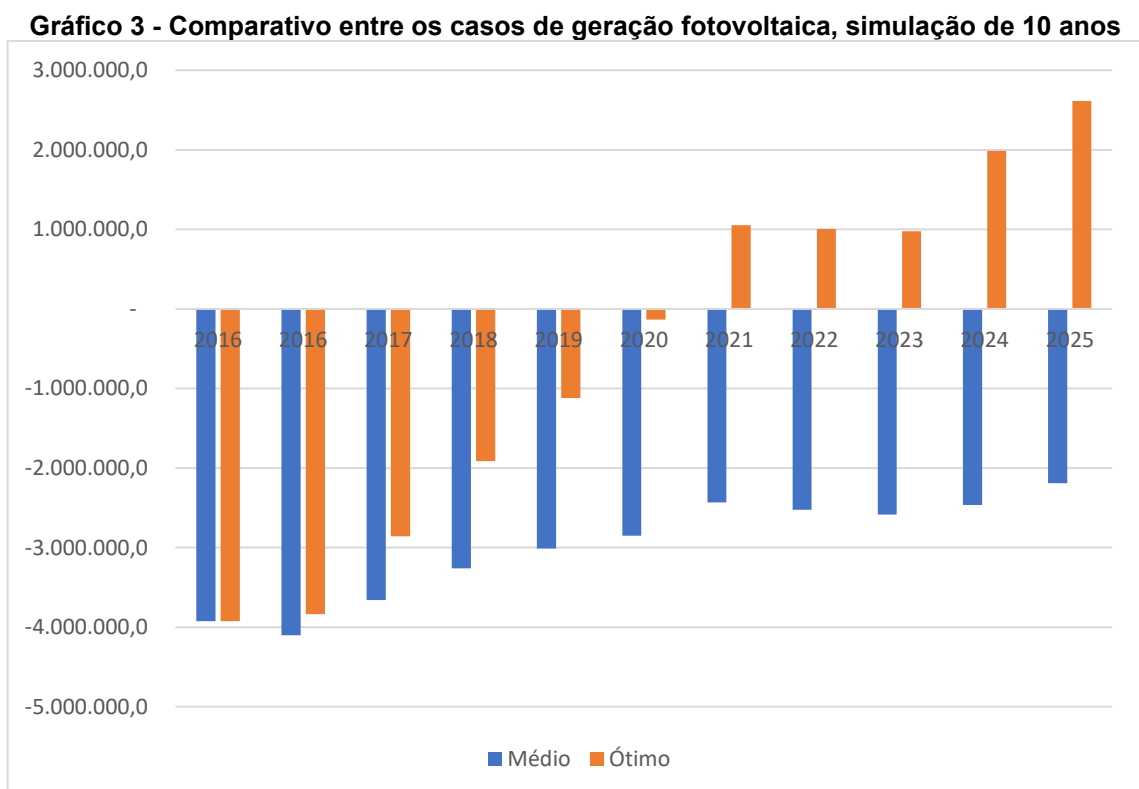
O investimento apresentou viabilidade nos primeiros 10 anos, alcançando uma TIR de 13% e um VPL acumulado de R\$ 2.612.983,99, também se nota que o período de payback foi de 6 anos.

Com a análise a longo prazo, período de vida útil do SGF, os resultados são melhores, alcançando uma TIR de 21% e um VPL acumulado de R\$ 25.876.233,6. Nesse caso os não cumprimentos com o financiamento, valores destacados em azul, puderam ser cobertos pelos rendimentos já obtidos nos anos anteriores.

Para essa simulação foi considerada uma troca dos inversores no décimo primeiro ano de funcionamento da usina, visto que os mesmos possuem uma vida útil de aproximadamente 10 anos.

#### 4.5.3 Comparativo entre o desempenho dos investimentos em energia fotovoltaica

No Gráfico 3, a seguir, é possível visualizar de forma clara os resultados obtidos com a simulação de 10 anos, é possível visualizar de forma exata o ponto em que as curvas mudam de sentido, em que passam a ter valores positivos, o qual se refere ao ponto de Payback do investimento. Para esta simulação o caso médio não obteve resultado satisfatório, enquanto o caso ótimo obteve seu ponto de Payback no 6 ano de geração.



Fonte: Autoria própria (2025)

#### 4.6 Comparação entre os investimentos

Na Tabela 16 estão listados os indicadores financeiros calculados para cada tipo de investimento analisado neste estudo, TIR, VPL acumulado e Payback. A análise realizada leva em consideração um período de 10 anos em cada investimento, iniciados no ano de 2016.

Pode-se considerar que, com exceção do caso médio para geração de energia, todos os outros investimentos seriam viáveis, os casos de cultivo de grãos apresentando alta taxa de retorno. Isto se dá pois o investimento inicial devido ao caso proposto em que área de cultivo e maquinários são de propriedade do investidor é considerado baixo.

O caso ótimo de geração de energia apresenta menor taxa de retorno devido ao seu alto investimento, porém apresenta ao final dos 10 anos um VPL acumulado muito superior, ultrapassando os R\$ 500.000,00 com a possibilidade de continuar rentabilizando nos próximos 15 anos, período que totaliza os 25 anos de vida útil aproximados dos painéis fotovoltaicos.

**Tabela 16 - Análise comparativa de 10 anos**

<b>Investimento</b>	<b>TIR</b>	<b>VPL Acumulado</b>	<b>Payback</b>
➤ Cultivo de Grãos			
Números do Estado	82,96%	R\$ 27.788,82	2
Números de Produção Própria	132.00%	R\$ 58.362,74	1
➤ Geração de Energia			
Caso Médio	-12%	<b>-R\$ 2.465.509,81</b>	<b>14</b>
Caso Ótimo	13%	R\$ 527.663,29	6

**Fonte: Autoria própria (2025)**

Na Tabela 17 é apresentado o potencial de rentabilidade restante no sistema de geração fotovoltaico, já que os módulos fotovoltaicos possuem vida útil de aproximadamente 25 anos, com a substituição dos inversores os quais dispõem de uma vida útil de 10 anos é possível manter o SGF gerando energia e rentabilizando por mais aproximadamente 15 anos.

Tabela 17 - Análise comparativa de 25 anos

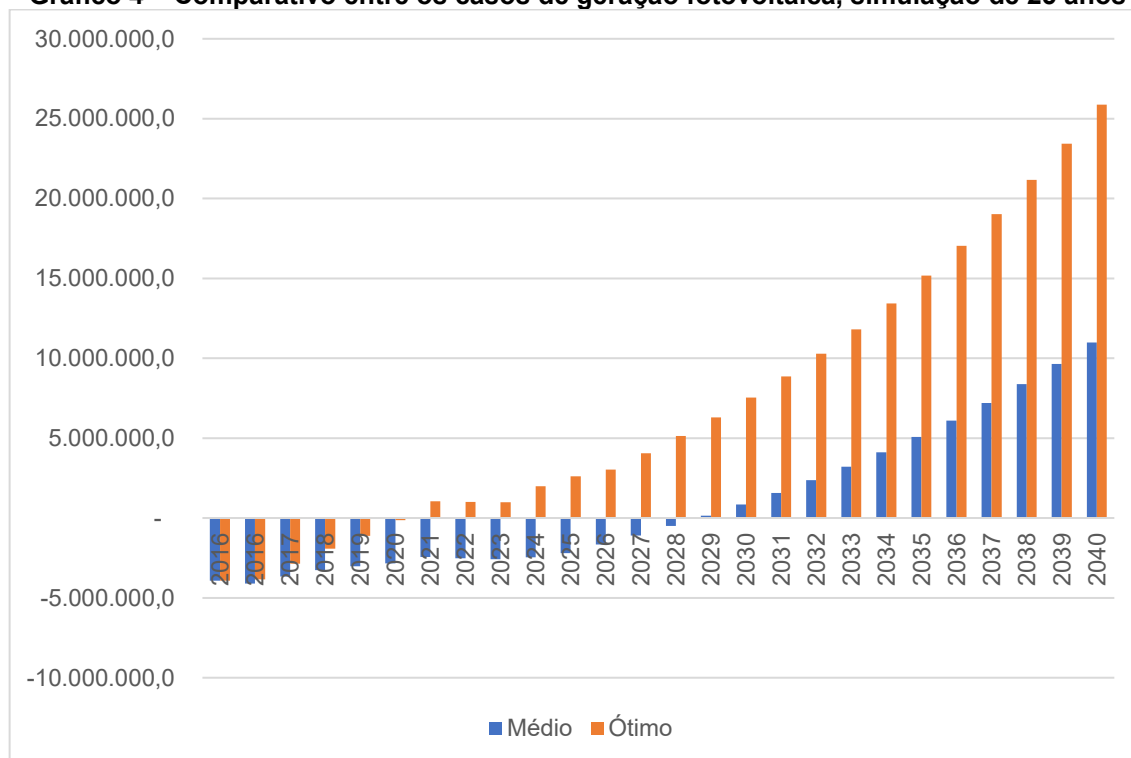
Investimento	TIR	VPL Acumulado	Payback
➤ Geração de Energia			
Caso Médio	10%	R\$ 10.992.169,70	14
Caso Ótimo	21%	R\$ 25.876.233,64	6

Fonte: Autoria própria (2025)

Neste caso os indicadores financeiros foram aplicados sobre os investimentos para a totalidade de 25 anos. Para esta simulação foram considerados para a determinação do preço do MWh uma média dos valores dos últimos 10 anos, os quais possuíam uma correção anual até o fim da simulação de 7% ao ano sobre o preço do ano anterior.

No Gráfico 4, a seguir, é possível visualizar de forma clara os resultados obtidos com a simulação de 25 anos, é possível visualizar de forma exata o ponto em que as curvas mudam de sentido, em que passam a ter valores positivos, o qual se refere ao ponto de Payback do investimento.

Gráfico 4 – Comparativo entre os casos de geração fotovoltaica, simulação de 25 anos



Fonte: Autoria própria (2025)

## 5 CONCLUSÃO

A análise realizada neste estudo evidenciou a viabilidade financeira do investimento em áreas com potencial produtivo agrícola. Durante o desenvolvimento do trabalho foi possível desenvolver os objetivos específicos propostos, a pesquisa e levantamento de dados sobre a produção agrícola foram de suma importância e, a partir dos dados coletados e tratados, obtiveram-se resultados expressivos de 82,96% e 132% de TIR, sendo o cenário construído com números referentes à propriedade própria o mais rentável.

Ambos os casos apresentaram bom desempenho em relação ao indicador VPL: o cenário de produção própria alcançou o valor de R\$ 58.362,74, enquanto o cenário médio atingiu R\$ 27.788,82 ao final da análise, reafirmando o agronegócio brasileiro como um pilar importante da economia nacional.

Com base na observação dos resultados do investimento fotovoltaico, conclui-se que este apresenta, a longo prazo, maior potencial de rendimento. Apesar de, nos primeiros 10 anos analisados, o cenário médio não ter sido satisfatório, obtendo uma TIR de -12%, ao ampliar o período de análise para os 25 anos de vida útil do SGF, nota-se uma melhora significativa no desempenho de ambos os investimentos.

Quanto ao indicador TIR, o cenário médio apresentou 10%, enquanto o cenário ótimo alcançou 21%, atingindo um tempo de payback de apenas 6 anos, considerado excelente para um investimento de longo prazo. Ao analisar o retorno patrimonial ao final da simulação, observa-se o melhor resultado no cenário ótimo, que atingiu R\$ 25.876.233,64 de VPL, valor aproximadamente 2,5 vezes superior ao cenário médio, que obteve R\$ 10.992.169,70.

Portanto, os resultados obtidos comprovam que a geração fotovoltaica em áreas agrícolas é não apenas financeiramente viável, como também estratégica sob a perspectiva de diversificação de renda no campo e sustentabilidade energética.

O estudo evidencia que, mesmo em cenários conservadores, o investimento apresenta potencial de retorno significativo ao longo da vida útil do sistema, consolidando-se como uma alternativa promissora para produtores rurais e investidores. Assim, confirma-se que a adoção dessa tecnologia representa um caminho sólido para o fortalecimento da matriz energética brasileira e para o desenvolvimento de práticas produtivas alinhadas às demandas ambientais e econômicas do futuro.

### **5.1 Sugestão de trabalhos futuros**

- Realizar uma análise comparativa entre a produção agrícola e a geração fotovoltaica considerando geração distribuída, buscando compensação de créditos.
- Replicar o estudo utilizando outras culturas alternativas a soja e o milho, como por exemplo: algodão, chia ou trigo.

## REFERÊNCIAS

AGROLINK. **Cotações – Histórico milho seco sc 60kg no MS**, 2025. disponível em: <https://www.agrolink.com.br/cotacoes/historico/ms/milho-seco-sc-60kg>. Acesso em: 03/07/2025.

ANEEL. **RESOLUÇÃO NORMATIVA ANEEL Nº 1.059, DE 7 DE FEVEREIRO DE 2023**, 2023, p. 2. Disponível em: <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren20231059.html>. Acesso em: 15/09/2024.

APROSOJAMS. **Boletim Casa Rural**, 2023. Disponível em: [https://aprosojams.org.br/sites/default/files/boletins/509%20%20BOLETIM%20SEMANAL%20CASA%20RURAL%20%20AGRICULTURA%20%20CIRCULAR%20509%20%20PRODUTIVIDADE%20DA%20SOJA%20%20SAFRA%2020222023%2023.05.2023\\_0%20%281%29\\_0.pdf](https://aprosojams.org.br/sites/default/files/boletins/509%20%20BOLETIM%20SEMANAL%20CASA%20RURAL%20%20AGRICULTURA%20%20CIRCULAR%20509%20%20PRODUTIVIDADE%20DA%20SOJA%20%20SAFRA%2020222023%2023.05.2023_0%20%281%29_0.pdf). Acesso em: 02/10/2024.

APROSOJAMS. **Custo de produção do milho 2023/2024**, 2024. Disponível em: [https://aprosojams.org.br/sites/default/files/boletins/custo%20milho%2023\\_24\\_1.pdf](https://aprosojams.org.br/sites/default/files/boletins/custo%20milho%2023_24_1.pdf). Acesso em: 03/10/2024.

BEN. **Balanco Energético Nacional**, 2025. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2025>. Acesso em: 02/11/2025.

BRASIL. Lei n 14.300, de 6 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, 2022. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/ato2019-2022/2022/lei/l14300.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2019-2022/2022/lei/l14300.htm)

BRASIL. Lei n 9.074, de 7 de julho de 1995. **Estabelece normas para outorga e prorrogações das concessões e permissões de serviços públicos e dá outras providências**, 1995. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9074cons.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9074cons.htm)

CASTRO, S. H. de; REIS, R. P.; LIMA, A. L. R. **Custos de produção da soja cultivada sob sistema de plantio direto**: estudo de multicasos no oeste da Bahia. Ciência e Agrotecnologia, v. 30, p. 1146–1153, 2006. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S141370542006000600017&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S141370542006000600017&nrm=iso). Acesso em: 02/10/2024.

CCEE. **Ambiente de contratação livre (ACL)**, 2025a. Disponível em: <https://www.ccee.org.br/mercado-livre-acl>. Acesso em: 06/07/2025.

CCEE. **Regras de comercialização: contratos**, 2023b. Disponível em: **05 - Contratos 2023.1.0 (jan-23)**. Acesso em: 07/07/2025.

CCEE. **Histórico do preço do kWh**, 2025b. Disponível em: <https://www.ccee.org.br/precos/painel-precos>. Acesso em: 27/07/2025.

CCEE. **Estudo CCEE mostra crescimento de 3,9% no consumo de energia elétrica no Brasil em 2024**, 2025c. Acesso em: 06/07/2025.

CEPEA. **PIB do Agronegócio Brasileiro**, 2024. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx>. Acesso em: 30/09/2024.

CEPEA. **Agronegócio: conceito e evolução**, 2022. Disponível em: [https://cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/agro%20conceito%20e%20evolu%C3%A7%C3%A3o\\_jan22\\_.pdf](https://cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/agro%20conceito%20e%20evolu%C3%A7%C3%A3o_jan22_.pdf). Acesso em: 14/10/2024.

CONAB. **Custos de Produção – Soja Série Histórica (2019-2024)**, 2024a. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/custos-de-producao/planilhas-de-custo-de-producao>. Acesso em: 02/10/2024.

CONAB. **Custos de Produção Milho Segunda Safra – Série Histórica (2019-2024)**, 2024b. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/custos-de-producao/planilhas-de-custo-de-producao>. Acesso em: 03/10/2024.

CNA. **Panoramas do Agro**, 2024. Disponível em: <https://cnabrasil.org.br/cna/panorama-do-agro>. Acesso em: 01/10/2024.

ECORI. **Grid-Zero - Como funciona - suas aplicações e homologação na distribuidora de energia elétrica**, 2022. Disponível em: <https://www.ecorienergiasolar.com.br/artigo/grid-zero---como-funciona---suas-aplicacoes-e-homologacao-na-distribuidora-de-energia-eletrica>. Acesso em: 14/10/2024.

DUPONT, F. H.; GRASSI, F.; ROMITTI, L.; **Energias Renováveis**: buscando por uma matriz energética sustentável. Disponível em: DOI: 105902/2236117019195

EMBRAPA. **Áreas cultivadas no Brasil**, 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/30972114/nasa-confirms-embrapas-data-on-planted-area-in-brazil>. Acesso em: 30/09/2024.

EMBRAPA. **Viabilidade econômica da cultura da soja para a safra 2021/2022, em Mato Grosso do Sul**, 2021. Código do Artigo: ISSN: 1679-0472. Acesso em: 05/10/2024.

ENEL GREWN POWER. **Energias Renováveis**, 2023. Disponível em: <https://www.enelgreenpower.com/pt/learning-hub/energias-renoveveis>. Acesso em: 06/10/2024.

EPE. **Matriz Energética e Elétrica**, 2023. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>. Acesso em: 10/10/2024.

FUJI, A. H. **O conceito de lucro econômico no âmbito da contabilidade aplicada**, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1519-70772004000300004>. Acesso em: 02/10/2024.

GITMAN, L. J. **Princípios de Administração Financeira, 12 Edição**. São Paulo: Pearson. 2010.

HYDRO. **Estrutura de solo fixa monoposte de fileira dupla**, 2025. Disponível em: <https://www.hydro.com/br/br/aluminio/produtos/solar/estrutura-de-solo-fixa-monoposte-fileira-dupla/> Acesso em: 23/07/2025.

IBGE. **Produção de Soja (Mapa - Soja - Valor da produção (Mil Reais))**, 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/soja/br>. Acesso em: 02/10/2024.

INPE. **Índice que quantifica a variabilidade temporal da radiação solar em superfície é publicado por pesquisadores da DIIAV/CGCT**, 2022. Disponível em: <https://www.ccst.inpe.br/indice-que-quantifica-a-variabilidade-temporal-da-radiacao-solar-em-superficie-e-publicado-por-pesquisadores-da-diiav-cgct/>. Acesso em: 06/10/2024.

INPE. **Obter o irradiância solar total - INPE (TSI)**, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/servicos/obter-o-irradiancia-solar-total-inpe-tsi>. Acesso em: 07/10/2024.

INSTITUTO SOLAR (SOLAR). **Software Pvsyst: Saiba os primeiros passos na Ferramenta de SFVs**, 2020. Disponível em: <https://institutosolar.com/software-pvsyst/>. Acesso em: 11/11/2024.

MINISTERIO DE AGRICULTURA E PECUARIA (MAPE). **Exportações do agronegócio brasileiro batem recorde no primeiro trimestre de 2024 e atingem US\$ 37,44 bilhões**, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/exportacoes-do-agronegocio-brasileiro-batem-recorde-no-primeiro-trimestre-de-2024-e-atingem-us-37-44-bilhoes>. Acesso em: 01/10/2024.

MINISTERIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFcr ou On-Grid)**, 2024a. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/projeteee/equipamento/sistema-fotovoltaico-conectado-a-rede-sfcr-ou-on-grid/>. Acesso em: 06/10/2024.

MINISTERIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Balço Energético Nacional destaca crescimento da oferta de energia na matriz brasileira e aumento da renovabilidade**, 2024b. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/balanco-energetico-nacional-destaca-crescimento-da-oferta-de-energia-na-matriz-brasileira-e-aumento-da-renovabilidade>. Acesso em: 30/09/2024.

PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. **Manual de Engenharia Para Sistemas Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro, RJ, 2014. Disponível em: [https://creseb.cepel.br/publicacoes/download/Manual\\_de\\_Engenharia\\_FV\\_2014.pdf](https://creseb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf)

PROENÇA, E. D. R. B. **A energia solar fotovoltaica em Portugal**. Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, 2007. Disponível em: <https://ojs.revistagesec.org.br/secretariado/article/view/1521>.

PVSYST. **Photovoltaic Software**, 2024. Disponível em: <https://www.pvsyst.com/>. Acesso em: 28/10/2024.

SILVA, M. L.; FONTES, Alessandro Albino. **Discussão sobre os critérios de avaliação econômica**: valor presente líquido (VPL), valor anual equivalente (VAE) e valor esperado da terra. Revista Árvore, v. 29, p. 931-936, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622005000600012>. Acesso em: 14/10/2024.

WEG. **Saiba como funciona um sistema de energia solar fotovoltaico**, 2020. Disponível em: <https://www.weg.net/solar/blog/saiba-como-funciona-um-sistema-solar-fotovoltaico/>. Acesso em: 09/10/2024.

**APÊNDICE A - Tabela 14 versão estendida**

Ano	Investimento	Juros	Manutenção	Renda	Fluxo de Caixa	Valor Presente	VPL
0	- 3.925.180,00				- 3.925.180,00	- 3.925.180,00	- 3.925.180,00
1		- 461.208,65		262.601,38	- 198.607,27	- 178.746,54	- 4.103.926,54
2		- 415.087,79	- 6.500,00	903.319,66	494.731,87	445.258,69	- 3.658.667,86
3		- 368.966,92	- 7.475,00	804.861,62	443.369,70	399.032,73	- 3.259.635,13
4		- 368.966,92	- 7.549,75	635.041,77	273.624,60	246.262,14	- 3.013.372,98
5		- 322.846,06	- 7.625,25	494.946,69	179.725,89	161.753,30	- 2.851.619,69
6		- 322.846,06	- 7.701,50	781.875,96	466.731,40	420.058,26	- 2.431.561,42
7		- 276.725,19	- 7.778,51	164.954,27	- 103.992,41	- 93.593,17	- 2.525.154,59
8		- 276.725,19	- 7.856,30	201.809,62	- 67.059,27	- 60.353,34	- 2.585.507,93
9		- 230.604,33	- 7.934,86	357.591,99	134.922,53	121.430,28	- 2.464.077,65
10		- 230.604,33	- 8.014,21	526.517,02	303.926,91	273.534,22	- 2.190.543,44
11		- 585.000,00	- 8.094,35	577.705,14	585.799,49	527.219,54	- 1.663.323,89
12			- 8.175,30	618.144,50	626.319,79	563.687,81	- 1.099.636,08
13			- 8.257,05	661.414,61	669.671,66	602.704,49	- 496.931,59
14			- 8.339,62	707.713,63	716.053,25	644.447,93	147.516,34
15			- 8.423,02	757.253,59	765.676,60	689.108,94	836.625,28
16			- 8.507,25	810.261,34	818.768,59	736.891,73	1.573.517,01
17			- 8.592,32	866.979,63	875.571,95	788.014,76	2.361.531,77
18			- 8.678,24	927.668,21	936.346,45	842.711,80	3.204.243,57
19			- 8.765,03	992.604,98	1.001.370,01	901.233,00	4.105.476,58
20			- 8.852,68	1.062.087,33	1.070.940,00	963.846,00	5.069.322,58
21			- 8.941,20	1.136.433,44	1.145.374,64	1.030.837,18	6.100.159,76
22			- 9.030,61	1.215.983,78	1.225.014,40	1.102.512,96	7.202.672,72
23			- 9.120,92	1.301.102,65	1.310.223,57	1.179.201,21	8.381.873,93
24			- 9.212,13	1.392.179,83	1.401.391,96	1.261.252,77	9.643.126,69
25			- 9.304,25	1.489.632,42	1.498.936,67	1.349.043,00	10.992.169,70

**APÊNDICE B - Tabela 15 versão estendida**

Ano	Investimento	Juros	Manutenção	Renda	Fluxo de Caixa	Valor Presente	VPL
0	- 3.925.180,00				- 3.925.180,00	- 3.925.180,00	- 3.925.180,00
1		- 461.208,65		559.849,02	98.640,37	88.776,34	- 3.836.403,66
2		- 415.087,79	- 8.000,00	1.492.725,67	1.085.637,89	977.074,10	- 2.859.329,57
3		- 368.966,92	- 9.200,00	1.412.639,38	1.052.872,46	947.585,21	- 1.911.744,35
4		- 368.966,92	- 9.292,00	1.240.610,45	880.935,53	792.841,98	- 1.118.902,37
5		- 322.846,06	- 9.384,92	1.405.704,53	1.092.243,40	983.019,06	- 135.883,31
6		- 322.846,06	- 9.478,77	1.632.708,90	1.319.341,61	1.187.407,45	1.051.524,14
7		- 276.725,19	- 9.573,56	215.036,16	- 52.115,47	- 46.903,92	1.004.620,21
8		- 276.725,19	- 9.669,29	236.008,48	- 31.047,42	- 27.942,68	976.677,54
9		- 230.604,33	- 9.765,99	1.344.409,44	1.123.571,10	1.011.213,99	1.987.891,53
10		- 230.604,33	- 9.863,65	915.287,86	694.547,18	625.092,46	2.612.983,99
11		- 585.000,00	- 9.962,28	1.045.511,97	470.474,25	423.426,83	3.036.410,82
12			- 10.061,90	1.118.697,81	1.128.759,71	1.015.883,74	4.052.294,56
13			- 10.162,52	1.197.006,66	1.207.169,18	1.086.452,26	5.138.746,83
14			- 10.264,15	1.280.797,12	1.291.061,27	1.161.955,14	6.300.701,97
15			- 10.366,79	1.370.452,92	1.380.819,71	1.242.737,74	7.543.439,71
16			- 10.470,46	1.466.384,63	1.476.855,08	1.329.169,58	8.872.609,29
17			- 10.575,16	1.569.031,55	1.579.606,71	1.421.646,04	10.294.255,33
18			- 10.680,91	1.678.863,76	1.689.544,67	1.520.590,21	11.814.845,53
19			- 10.787,72	1.796.384,22	1.807.171,94	1.626.454,75	13.441.300,28
20			- 10.895,60	1.922.131,12	1.933.026,72	1.739.724,05	15.181.024,33
21			- 11.004,56	2.056.680,29	2.067.684,85	1.860.916,37	17.041.940,70
22			- 11.114,60	2.200.647,92	2.211.762,52	1.990.586,27	19.032.526,96
23			- 11.225,75	2.354.693,27	2.365.919,02	2.129.327,12	21.161.854,08
24			- 11.338,01	2.519.521,80	2.530.859,80	2.277.773,82	23.439.627,90
25			- 11.451,39	2.695.888,32	2.707.339,71	2.436.605,74	25.876.233,64