

ADRIELLE CRISTINA OZANSKI

VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE FAZENDAS FOTOVOLTAICAS  
RURAIS COM RELAÇÃO A PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA

CASCADEL  
PARANÁ – BRASIL  
FEVEREIRO – 2021

ADRIELLE CRISTINA OZANSKI

VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE FAZENDAS FOTOVOLTAICAS  
RURAIS COM RELAÇÃO A PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA

Trabalho apresentado à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como parte das exigências do Exame de Qualificação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura – Mestrado.

Orientador: Dr. Jair Antonio Cruz Siqueira  
Coorientador: Dr. Carlos Eduardo Camargo Nogueira  
Dr. Edson Antonio Alves da Silva

CASCADEL  
PARANÁ – BRASIL  
FEVEREIRO – 2021

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Ozanski, Adrielle Cristina

Viabilidade de implantação de fazendas fotovoltaicas rurais com relação a produção agropecuária. / Adrielle Cristina Ozanski; orientador(a), Jair Antonio Cruz Siqueira; coorientador(a), Carlos Eduardo Camargo Nogueira, coorientador(a)II, Edson Antonio Alves da Silva, 2021.

42 f.

Dissertação (mestrado), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Cascavel, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura, 2021.

1. Fontes Renováveis de Energia. 2. Energia Fotovoltáica . 3. Análise Econômica. I. Cruz Siqueira, Jair Antonio . II. Camargo Nogueira, Carlos Eduardo . III. Alves da Silva, Edson Antonio . IV. Título.

## **ADRIELLE CRISTINA OZANSKI**

Viabilidade de implantação de fazendas fotovoltaicas rurais com relação a produção agropecuária.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Energia na Agricultura, área de concentração Agroenergia, linha de pesquisa Fontes renováveis e racionalização de energia na agroindústria e agricultura, APROVADA pela seguinte banca examinadora:



Orientador - Jair Antonio Cruz Siqueira  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)



Maritane Prior  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)



Fernando de Lima Caneppele  
Universidade de São Paulo (USP)

Cascavel, 24 de fevereiro de 2021

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pela minha vida, e por me permitir ultrapassar todos os obstáculos encontrados ao longo da realização desta pesquisa.

Agradeço aos meus pais por todo o esforço investido na minha educação, assim como pelo apoio e incentivo que serviram de alicerce para as minhas realizações.

Aos meus irmãos e sobrinho pela amizade e atenção dedicadas quando sempre precisei.

Ao meu namorado, por todo amor, apoio e incentivo demonstrado em todo o caminho que já percorremos juntos.

Aos meus amigos com quem compartilho angústias, alegrias, felicidades e tantas outras coisas que uma amizade faz.

Ao meu orientador Dr. Jair A. C. Siqueira por aceitar conduzir o meu trabalho de pesquisa, sua dedicação e atenção foram essenciais.

Aos meus coorientadores Dr. Carlos E. C. Nogueira e Dr. Edson A. A. da Silva pelo o empenho e a confiança que ajudaram a tornar possível essa pesquisa.

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Unioeste e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura pelo apoio e infraestrutura para realização do trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pelo fomento de bolsa para a realização deste trabalho.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 :	Mapa localização dos Estados. ....	17
Figura 2 :	Irradiação global horizontal diária média anual no Brasil. ....	18
Figura 3 :	Fator de espaçamento versus latitude do local de instalação do gerador fotovoltaico. ....	22
Figura 4 :	Ilustração para definição do espaçamento mínimo entre duas fileiras de módulos fotovoltaicos. ....	22
Figura 5 :	Gráfico Fluxo de Caixa Sistema Fotovoltaico para Estado de Goiás .....	29
Figura 6 :	Gráfico Fluxo de Caixa Sistema Fotovoltaico para Estado de Mato Grosso .....	30
Figura 7 :	Gráfico Fluxo de Caixa Sistema Fotovoltaico para Estado de Minas Gerais .....	30
Figura 8 :	Gráfico Fluxo de Caixa Sistema Fotovoltaico para Estado do Paraná ...	31
Figura 9 :	Gráfico Valor Presente Líquido Sistemas Fotovoltaicos .....	32
Figura 10 :	Gráfico Valor Presente Líquido Soja .....	32
Figura 11 :	Gráfico Valor Presente Líquido Bovinocultura de Corte.....	33

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Custo da produção de soja 2019 .....	5
Tabela 2: Lucro da produção de soja 2019 .....	6
Tabela 3: Área de pastagens e número de bovinos nos Estados brasileiros .....	7
Tabela 4: Custo de produção em fazendas de recria e engorda em seis níveis de tecnologia - Média 2019 .....	9
Tabela 5: Remuneração para produção de bovinos de corte .....	10
Tabela 6: Coordenadas geográficas dos Estados .....	17
Tabela 7: Irradiação horizontal global diária para cada Estado .....	18
Tabela 8: Produtividade média soja .....	19
Tabela 9: Características técnicas do módulo fotovoltaico BYD .....	20
Tabela 10: Características técnicas do inversor solar Growatt .....	20
d) String Box: marca Proauto, modelo CFB-10E-10S 1000DC COMBINER FUSE BOX, conforme características técnicas destacadas na Tabela 11. ....	21
Tabela 11: Ficha técnica string box Proauto .....	21
Tabela 12: Ângulo igual a latitude para os Estados.....	23
Tabela 13: Receita da produção de soja 2021 .....	23
Tabela 14: Receita para produção de bovinos de corte .....	24
Tabela 15: Resumo dos componentes dos sistemas fotovoltaicos.....	28
Tabela 16: Custo de implantação dos sistemas fotovoltaicos .....	28
Tabela 17: Capacidade de geração anual dos sistemas fotovoltaicos .....	29
Tabela 18: Custo evitado com a geração anual dos sistemas fotovoltaicos .....	29
Tabela 19: Valor Presente Líquido – VPL dos investimentos .....	31

OZANSKI, Adrielle Cristina. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, fevereiro de 2021. **Viabilidade de implantação de fazendas fotovoltaicas rurais com relação a produção agropecuária.** Orientador: Prof. Dr. Jair Antonio Cruz Siqueira. Coorientadores: Prof. Dr. Carlos Eduardo Camargo Nogueira e Prof. Dr. Edson Antonio Alves da Silva.

## RESUMO

Este trabalho teve como objetivo principal realizar um estudo comparativo da viabilidade de implantação de fazendas fotovoltaicas rurais com relação à produção agropecuária em diferentes Estados do Brasil. O estudo busca auxiliar os produtores rurais quanto à decisão de se ocupar uma área rural com um sistema de geração fotovoltaico, enquanto a mesma poderia estar sendo utilizada para produção agropecuária. Uma vez que, pela vocação agrícola e pelas necessidades de oferta de gêneros alimentícios, essa área ficaria indisponível para a produção pelo tempo de vida útil do sistema. Deste modo, foram levantados os dados de custos de produção de soja e bovinocultura de corte, bem como os custos para implantação dos sistemas fotovoltaicos. Possibilitando o cálculo do lucro de cada uma das atividades, subtraindo os custos associados à produção das receitas obtidas, por meio da venda dos insumos. Com base nestes dados, foram elaborados os fluxos de caixa e, posteriormente, calculado o valor presente líquido - VPL para cada atividade. A geração de energia fotovoltaica resultou no maior VPL em todos os Estados, destacando-se o Paraná com VPL R\$ 4.340.184,85. Em relação às outras atividades, a soja apresentou um retorno financeiro maior do que a bovinocultura de corte, a qual se mostrou uma atividade de baixo retorno. O Estado de Goiás obteve os melhores resultados para estas duas atividades, com VPL R\$ 75.166,01 para soja e VPL de R\$ 12.469,65 para a bovinocultura. Todas as atividades analisadas demonstraram que são viáveis financeiramente, pois resultaram em VLP maiores que zero.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

**PALAVRAS-CHAVE:** Energia solar; Valor presente líquido; Soja; Bovinocultura de corte.



OZANSKI, Adrielle Cristina. State University of Western Paraná, February 2021. **Feasibility of implementing rural photovoltaic farms in relation to agricultural production.** Advisor: Prof. Dr. Jair Antonio Cruz Siqueira. Co-supervisors: Dr. Carlos Eduardo Camargo Nogueira and Prof. Dr. Edson Antonio Alves da Silva.

### **ABSTRACT**

This work had as main objective to carry out a comparative study of the viability of implantation of rural photovoltaic farms in relation to the agricultural production in different States of Brazil. The study seeks to assist rural producers in deciding whether to occupy a rural area with a photovoltaic generation system, while it could be used for agricultural production. Since, due to the agricultural vocation and the need to offer foodstuffs, this area would be unavailable for production for the life of the system. In this way, the data on production costs for soybeans and beef cattle were collected, as well as the costs for the implementation of photovoltaic systems. Making it possible to calculate the profit for each of the activities, subtracting the costs associated with the production of the revenues obtained, through the sale of inputs. Based on these data, cash flows were prepared and, subsequently, the net present value - NPV was calculated for each activity. The generation of photovoltaic energy resulted in the highest NPV in all States, with Paraná standing out with NPV R\$ 4,340,184.85. In relation to other activities, soybeans showed a higher financial return than beef cattle, which proved to be a low-return activity. The State of Goiás obtained the best results for these two activities, with NPV R\$ 75,166.01 for soybeans and NPV of R \$ 12,469.65 for cattle raising. All the activities analyzed demonstrated that they are financially viable, as they resulted in NPV greater than zero.

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Finance Code 001.

**KEYWORDS:** Solar energy; Net present value; Soy; Beef cattle.

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO .....	1
1.1	Objetivo Geral.....	2
1.2	Objetivos Específicos .....	2
2.	Revisão bibliográfica.....	3
2.1	Agronegócio no Brasil.....	3
2.2	Produção de soja no Brasil .....	3
2.2.1	Custo da produção de soja no Brasil .....	5
2.2.2	Lucro da produção de soja no Brasil.....	6
2.3	Produção de bovinos de corte no Brasil .....	6
2.3.1	Custo da produção de bovinos de corte no Brasil .....	7
2.3.2	Lucro da produção de bovinos de corte no Brasil .....	10
2.4	Aproveitamento de energias renováveis em áreas rurais .....	10
2.5	Energias renováveis .....	11
2.6	Energia solar .....	12
2.6.1	Energia solar fotovoltaica .....	13
2.6.2	Tipos de Sistemas Fotovoltaicos .....	14
2.6.3	Sistema fotovoltaico conectados à rede no Brasil.....	14
2.6.4	Viabilidade econômica de sistemas fotovoltaicos instalados em propriedades rurais .....	15
3.	MATERIAL E MÉTODOS .....	17
3.1	Material.....	17
3.1.1	Localização do experimento .....	17
3.1.2	Características da produção de soja nos Estados considerados no experimento.....	19
3.1.3	Características da produção de bovinos de corte nos estados considerados no experimento.....	19
3.1.4	Características técnicas dos módulos fotovoltaicos, inversor solar e string box .....	20
3.1.5	Capacidade de geração dos sistemas fotovoltaicos no experimento .....	21
3.1.6	Determinação da receita obtida com a produção de soja .....	23
3.1.7	Determinação da receita obtida com a produção de bovinos de corte .....	23
3.2	Métodos.....	24
3.2.1	Dimensionamento dos sistemas fotovoltaicos.....	24
3.2.2	Determinação do custo evitado com a geração fotovoltaica .....	26
3.2.3	Avaliação da viabilidade econômica .....	26
4.	Resultados e Discussão .....	28
4.2	Análise econômica .....	29
5.	Conclusões.....	34

## 1. INTRODUÇÃO

O agronegócio é um setor econômico importante para a sociedade humana, pois está diretamente relacionado ao sistema produtivo. Em 2019, o PIB do agronegócio brasileiro representou 21,4% do PIB brasileiro total, apresentando um crescimento de 3,81% em relação ao ano anterior. O grande destaque do agronegócio foi o ramo pecuário, que cresceu expressivos 23,71%, frente a 2018, no qual as cadeias pecuárias produziram e exportaram mais, com preços elevados (CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA – CEPEA, 2020).

A cadeia de carne bovina destacou-se no contexto nacional do agronegócio, sendo responsável pela geração de emprego e renda de milhões de brasileiros, além da ocupação de uma vasta área do território. A cadeia por inteiro movimentou por ano em torno de US\$ 167,8 bilhões, gerou 7 milhões de empregos, US\$ 16,5 bilhões de impostos agregados e um faturamento de US\$ 42 bilhões para os frigoríficos (MALAFAIA *et al.*, 2019).

Em 2019, registrou-se uma queda de 2,10% no número de abates, totalizando 43,30 milhões de cabeças abatidas. No mesmo período, houve um aumento de 12,20% nas exportações de carne bovina, em relação ao ano anterior, que passaram de 2,21 milhões de toneladas equivalente de carcaças (TEC) para 2,49 milhões. A produção total de carne bovina foi de 10,42 milhões TEC, sendo, 23,70% destinadas às exportações e 76,30% ao mercado interno, o qual foi responsável por um consumo per capita de 38,37 kg/ano (ABIEC, 2020).

Em 2019, o cultivo de soja também apresentou um importante papel no agronegócio brasileiro, sendo a principal cultura em extensão de área e volume de produção, representando 48% dos 240,65 milhões de toneladas de grãos produzidos no país. No cenário nacional, o grão atende a duas demandas: as exportações e o esmagamento, do qual originam-se dois produtos o óleo e o farelo de soja (COMPANHIA BRASILEIRA DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2019).

Em 2019, o esmagamento foi de 43,20 milhões de toneladas de soja em grãos, com produção de 8,42 milhões de toneladas de óleo, destinados ao consumo humano e à fabricação de biodiesel, bem como a produção de 33,26 milhões de

toneladas de farelo para alimentação humana, animal (aves, suínos e bovinos) e uso industrial (CONAB, 2019).

Tendo em vista a importância desses dois segmentos de produção para o agronegócio e sua representação na renda dos produtores, este trabalho busca analisar a viabilidade da ocupação de uma parcela de área da propriedade rural para a geração de energia elétrica, por meio do Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede. Além disso, analisa o retorno financeiro de sua instalação, uma vez que a área ficará comprometida com o sistema por todo seu período de vida útil, que poderá ultrapassar 25 anos.

A hipótese deste estudo é de que a geração de energia fotovoltaica em propriedades rurais pode ser viável economicamente, sem concorrer com a produção agropecuária.

### **1.1 Objetivo Geral**

Realizar um comparativo da viabilidade de implantação de fazendas fotovoltaicas rurais com relação à produção agropecuária, para determinar em quais dos quatro estados selecionados a geração de energia fotovoltaica em áreas rurais seria possível sem prejuízo à produção rural.

### **1.2 Objetivos Específicos**

- Dimensionar sistemas fotovoltaicos em diferentes Estados do Brasil.
- Levantar os custos associados às produções de soja e pecuária, assim como determinar o lucro para cada atividade.
- Avaliar o investimento necessário e a renda gerada com a produção de energia elétrica.
- Comparar alternativas de investimentos no setor agropecuário com o custo evitado obtido pelo sistema fotovoltaico por meio de análises econômicas.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Agronegócio no Brasil

O agronegócio é representado pela soma dos setores produtivos como fabricação de insumos e o processamento do produto final, sendo responsável por quase um terço do PIB brasileiro e por valor semelhante em relação às exportações totais do país (GUANZIROLI, 2016).

Segundo o Censo Agropecuário 2017, as lavouras ocuparam 7,5% do territorial nacional e, com as pastagens, representaram 26,2% da área total. Além da vantagem comparativa diante dos outros países por conta da disponibilidade de terras agricultáveis (VIEIRA FILHO; GASQUES, 2020).

Nos últimos 47 anos, a agropecuária brasileira cresceu em média 3,22% ao ano. A taxa de crescimento aproximou-se de 4,30%, entre os censos de 2006 e 2017, superando China (3,3%), Chile (3,1%), Argentina (2,7%) e Estados Unidos (1,9%). O valor bruto da produção dobrou, entre os anos de 1995 e 2017, sendo a tecnologia responsável por mais de 60% desse crescimento (BRASIL, 2020).

O avanço tecnológico nesse setor motivou aumentos expressivos de produtividade, a produção nacional de grãos quase dobrou em relação a década de 80, passando de 50,80 milhões de toneladas para 100 milhões de toneladas, com a mesma área plantada. Esse desempenho foi favorecido ainda pela utilização de insumos (sementes, adubos e agrotóxicos) de primeira linha disponíveis no mercado (GUANZIROLI, 2016).

Em 2020, o PIB teve alta para todos os segmentos do agronegócio, inclusive a agroindústria, que foi o setor mais atingido pela pandemia. As variações no ano foram de 56,59% para o segmento primário, 20,93% para os agrosserviços, 8,72% para a agroindústria, 6,91% para os insumos. Além do ótimo desempenho registrado nos ramos agrícola com alta de 24,20% e pecuário com alta 24,56% (CEPEA, 2021).

### 2.2 Produção de soja no Brasil

Os primeiros registros de cultivos experimentais de soja no Brasil, datam de 1882, no estado da Bahia. Depois disso, muitos acontecimentos ocorreram, até o ano de 1970, quando houve a grande expansão da cultura no país, decorrente da

ampliação da indústria de óleo, associada ainda com a demanda internacional pelo grão. A evolução nessa década foi rápida, passando de 1,5 milhões de toneladas em 1970, para mais de 15 milhões, em apenas 9 anos. Essa elevação da produção esteve intimamente ligada ao aumento de produtividade que passou de 1,14 para 1,73 toneladas por hectare (DALL'AGNOL, 2011, 2016).

Após sua consolidação no mercado internacional, a soja ganhou importância no Brasil, recebendo investimentos em pesquisas e infraestrutura. Mediante políticas governamentais para o impulsionar a ascensão do grão, o país saiu da dependência do trigo, tornando-se autossuficiente. Outro ponto positivo para expansão da soja (cultura de verão), foi associá-la ao trigo (cultura de inverno). A rotação entre elas não demandava novos investimentos significativos, pois desfrutava da mesma área, dos mesmos maquinários e mão de obra, além da estrutura cooperativista já implantada para aquele cereal (BATISTA, 2004).

A relevância da soja no agronegócio nacional pode ser percebida pelos seus diversos elos em seu complexo. O complexo da soja representa uma das maiores cadeias agroindustriais do nosso país, sendo seus destinos principais o processamento do grão em proteína e óleo. Aproximadamente 80% do grão esmagado é convertido em farelo e o restante em óleo. O farelo é o insumo primordial para produção de suínos, aves e ovos. Já o óleo encontra ampla utilização, tanto na produção de biodiesel quanto na indústria. O vínculo entre a indústria, a agricultura e a pecuária vem crescendo em decorrência da intensificação do processamento da soja (OLIVEIRA et al., 2016).

A importância econômica fica evidente, já que a soja representou cerca de 49% da produção total de grãos, na safra 2019/20. Em relação à safra 2018/2019, a oleaginosa apresentou crescimento de 2,7% na área plantada, correspondente ao cultivo em 36,8 milhões de hectares. A estimativa da produção nacional são 120,42 milhões de toneladas (CONAB, 2020a).

Apesar da grande importância econômica da soja, pode-se considerar seu cultivo como uma atividade empresarial de alto risco, uma vez que diversos fatores afetam sua produção, visto que os produtores não têm controle, tais como: o clima e o preço. O seguro agrícola resguarda o produtor rural dos prejuízos gerados nas culturas pelos fenômenos climáticos e adversos, porém muitos produtores optam

pela produção sem seguro, pois eles podem onerar os custos de produção (CASTRO; REIS; LIMA, 2006).

### 2.2.1 Custo da produção de soja no Brasil

As atividades agrícolas possuem diversas particularidades. Diante disso, a produção depende de escolhas racionais, aliadas a uma utilização eficiente dos fatores produtivos. O custo total de produção será reflexo de um processo de tomada de decisões, que impactará resultados finais da atividade. O custo da produção agrícola é um importante fator na gestão do empreendimento rural, igualmente para o Estado que utiliza desses indicadores para formulação, implantação e avaliação de políticas públicas (CONAB, 2010).

Segundo Oliveira et al. (2016), os componentes existentes para definir o custo total de produção podem ser classificados de duas formas:

- Custos variáveis: obtidos por meio da multiplicação da quantidade de certo insumo pelo seu preço de mercado. Exemplo: sementes, fertilizantes, mão de obra, operação mecanizadas;
- Custos fixos: custos que não dependem da quantidade produzida se mantêm constantes frente às alterações dos níveis de produção. As depreciações e remuneração de fatores são exemplos disso.

Na Tabela 1, são apresentados os valores do custo médio da produção de soja para alguns Estados, desenvolvidos pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2020b).

Tabela 1: Custo da produção de soja 2019

<b>Estado</b>	<b>Custo de Produção (R\$/ha)</b>	<b>Custo de Produção (R\$/60kg)</b>
Goiás	3.118,21	51,97
Mato Grosso	2.811,48	54,07
Minas Gerais	3.199,01	61,52
Paraná	3.991,50	63,02

Fonte: CONAB, 2020b. Adaptado pela autora.

### 2.2.2 Lucro da produção de soja no Brasil

Para Sartorello (2016), o lucro de um produto pode ser determinado a partir da receita total pela subtração dos custos totais, sendo que a receita representa o montante recebido pela venda de sua produção. Logo, para se obter o lucro da produção é necessário conhecer a receita e os custos associados. Na Tabela 2, são apresentados os valores para produção da soja no Brasil, em alguns Estados.

Tabela 2: Lucro da produção de soja 2019

Estado	Custo de Produção (R\$/ha)	Custo de Produção (R\$/60kg)	Preço de venda para produtor (R\$/60kg)	Produtividade e média (kg/ha)	Lucro (R\$/ha)
Goiás	3.118,21	51,97	149,97	3.600,00	5.879,99
Mato Grosso	2.811,48	54,07	149,36	3.120,00	4.955,24
Minas Gerais	3.199,01	61,52	166,70	3.199,01	5.469,39
Paraná	3.991,50	63,02	152,55	3.800,00	5.670,00

Fonte: CONAB, 2020b; CONAB, 2021. Adaptado pela autora.

### 2.3 Produção de bovinos de corte no Brasil

Durante muito tempo, a criação de bovinos no Brasil se destinava a subsidiar atividades centrais, vinculadas à produção de commodities agrícolas, como no início da cultura de cana-de-açúcar no Nordeste, tornando-se uma atividade secundária, onde a tração animal e os produtos como: carne e couro, eram destinados ao apoio destas atividades (SCHLESINGER, 2009).

Os primeiros registros da pecuária no Brasil são do século XVI, após o início do processo de colonização. A atividade desde então influenciou fortemente a expansão econômica, tornando-se importante tanto no cenário das exportações quanto para o abastecimento interno. Em grande parte do país, é utilizado o sistema tradicional de criação, caracterizado pelo gado criado solto em pastadas naturais ou plantadas no sistema extensivo (TEIXEIRA, HESPANHOL, 2014).

De acordo com o último Senso Agropecuário de 2017, o Brasil possuía 171 milhões de bovinos, distribuídos em mais de 158 milhões de hectares de áreas de pastagens. Na Tabela 3, pode-se visualizar a distribuição entre alguns estados (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2017).



Tabela 3: Área de pastagens e número de bovinos nos Estados brasileiros

Estado	Área do Estado (ha)	Área de Pastagem (ha)	Porcentagem Área de Pastagem (%)	Número de Bovinos (cb)
Goiás	34.020.333	15.058.647	44,26	17.268.103
Mato Grosso	90.320.702	23.034.613	25,50	24.118.840
Minas Gerais	58.652.112	19.314.669	32,93	19.494.287
Paraná	19.929.898	4.017.802	20,16	8.395.422

Fonte: IBGE, 2017. Adaptado pela autora.

Nos últimos anos, a pecuária brasileira tem sofrido transformações em consequência de diversos fatores como: baixa produtividade, aumento dos custos de produção, redução da rentabilidade, assim como pelo acirramento da competitividade entre as commodities. Esse cenário exigiu a diversificação das atividades, bem como a busca pelo aumento de produtividade e qualidade dos produtos. Isto tudo aliado às pressões para diminuição dos impactos sobre o meio ambiente, em relação às atividades agropecuárias (KICHEL et al., 2018).

Esse cenário refletiu no aumento do rebanho nacional, pois nas últimas quatro décadas seu efetivo mais que dobrou. Em relação às áreas de pastagens, não ocorreram avanços significativos. Em algumas regiões, inclusive, ocorreu até a sua diminuição, o que por si demonstra o salto em produtividade. Esse incremento em produtividade também se pauta em outros importantes fatores, como o aumento nas taxas de natalidade, a diminuição de mortalidade, o aumento do ganho de peso dos animais e a significativa diminuição da idade ao abate. Todo esse processo foi favorecido por meio da adoção de tecnologias pelos produtores rurais particularmente nos eixos de genética, alimentação, manejo e saúde animal (GOMES; FEIJÓ; CHIARI, 2017).

### 2.3.1 Custo da produção de bovinos de corte no Brasil

Os custos de produção podem ser descritos como a soma dos valores de serviços e insumos que são necessários ao processo produtivo do bovino de corte. Para que o produtor rural tenha bons ganhos em suas atividades, é preciso que o seu sistema de produção seja administrado como uma empresa, sendo necessário que ele tenha conhecimento de quanto custa para ele produzir um bem (carne), ou seja, que ele obtenha seu custo de produção (LOPES; CARVALHO, 2002).

Na produção de bovinos, os custos que mais influenciam no valor final são os insumos para pastagens, suplementação mineral e os salários. Além do mais, os custos são afetados de forma geral pela economia, pois a aceleração do mercado de grãos, acarreta a elevação dos preços de corretivos e fertilizantes, tal como o aumento dos insumos importados está atrelado com a elevação das exportações de carne. A absorção de novas tecnologias para o campo também reflete nos custos, porém representa um aumento de produtividade (CABRAL et al., 2011).

Na Tabela 4, observa-se o custo da produção de bovinos de corte no Brasil, apresentado em 6 níveis de tecnologia. Os dados são do levantamento do ano de 2019, desenvolvido pela Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne – ABIEC.

Tabela 4: Custo de produção em fazendas de recria e engorda em seis níveis de tecnologia - Média 2019

	<b>Extrativista 1-3@/ha</b>	<b>Baixa Tecnologia 3- 6@/ha</b>	<b>Média Tecnologia 6-12@/ha</b>	<b>Adequada 12-18@/ha</b>	<b>Alta Tecnologia 18-26@/ha</b>	<b>Intensivo 26-38@/ha</b>
<b>Nutrição</b>	6,14	12,18	17,41	21,82	25,23	26,60
<b>Programa Sanitário</b>	1,49	1,93	1,98	1,44	1,37	1,33
<b>Corretivos e fertilizantes</b>	0,00	3,05	10,06	10,93	14,83	16,00
<b>Defensivos agrícolas</b>	0,00	5,29	3,09	2,17	1,10	0,61
<b>Combustíveis e Lubrificantes</b>	7,56	5,50	5,29	4,04	3,83	3,73
<b>Reposição</b>	77,98	75,09	73,73	72,41	69,91	67,58
<b>Funcionários</b>	9,82	8,92	5,88	4,44	4,30	3,50
<b>Manutenções</b>	10,86	5,85	4,08	3,38	2,97	2,58
<b>Administrativos</b>	0,98	0,89	0,59	0,44	0,43	0,35
<b>Energia elétrica</b>	0,38	0,28	0,26	0,20	0,19	0,19
<b>Depreciações</b>	32,97	20,37	14,25	6,55	4,34	3,41
<b>Custos operacionais totais</b>	148,19	139,34	136,63	127,80	128,51	125,88

Fonte: Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne – ABIEC, 2020.

### 2.3.2 Lucro da produção de bovinos de corte no Brasil

Os custos de produção foram apresentados na seção anterior, o cálculo do lucro obtido nessa atividade ocorre da mesma forma que para a produção da soja, ou seja, deduzindo os custos da receita obtida.

Na Tabela 5, são evidenciados os valores de receita para cada estado, o custo médio de produção (R\$/ha) e o lucro em (R\$/ha) para nível de tecnologia intensivo e ocupação de 38@/ha, conforme dados da CONAB (2020) e ABIEC (2020).

Tabela 5: Remuneração para produção de bovinos de corte

Estado	Preço de venda para produtor (R\$/@)	Remuneração Média (R\$/ha)	Custo de produção (R\$/ha)	Lucro (R\$/ha)
Goiás	277,43	10.542,34	9.566,88	975,46
Mato Grosso	259,06	9.844,28	9.566,88	277,40
Minas Gerais	272,13	10.340,94	9.566,88	774,06
Paraná	274,20	10.419,60	9.566,88	852,72

Fonte: ABIEC, 2020; CONAB, 2021. Adaptado pela autora.

### 2.4 Aproveitamento de energias renováveis em áreas rurais

Na área rural, é comum a utilização de recursos disponíveis na região para a obtenção de energia, como os resíduos agrícolas, pequenas rodas de água, sol e vento. Estas fontes de energia representam um fator importante para garantir a estabilidade da produção de energia elétrica no campo, tal como, reduzir os custos e proteger o meio ambiente. Destarte, combinando tecnologias apropriadas é possível satisfazer o consumo da propriedade, que poderá ser atendida por micro e minicentrals hidroelétricas, biogás, biocombustível, biomassa e as energias eólica e solar (MENEZES, 2017).

Diante da necessidade de levar energia elétrica para as famílias situadas nas zonas rurais, o governo federal brasileiro, em dezembro de 1994, estabeleceu o programa para Desenvolvimento de Estados e Municípios – PRODEEM, com o intuito de promover o fornecimento de energia elétrica a comunidades carentes rurais, as quais estão distantes dos centros de geração. A extensão das linhas de transmissão até estas comunidades tinha como barreira os elevados custos com as

linhas de distribuição, relativos a aspectos como: grandes distâncias, transposição de vegetações, rios etc., o que tornava o investimento economicamente inviável, devido ao baixo consumo esperado nestas localidades. Assim sendo, o programa buscava o incremento de sistemas fotovoltaicos distribuídos e se estendeu até o ano de 2001 (GALDINO; LIMA, 2002).

Dando continuidade ao processo de expansão do atendimento de energia elétrica, em novembro de 2003, o governo federal, por intermédio do Decreto nº 4.873, lançou o Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso de Energia Elétrica – “Luz para todos”, com o intuito de propiciar o atendimento em energia elétrica à parcela da população do meio rural brasileiro que ainda não possuía acesso a esse serviço público. Inicialmente, o prazo estabelecido para vigência do programa era até o ano de 2010, porém, desde então ocorreram diversas atualizações, sendo a última em abril de 2018, pelo Decreto nº 9.357, quando foi estabelecido o prazo de até 2022 para acabar com a exclusão elétrica em nosso país (BRASIL, 2003; 2018).

O atendimento pelo programa das famílias situadas nestas comunidades rurais prevê as seguintes alternativas (NETO, 2012):

- Sistemas de geração individuais;
- Sistemas de geração descentralizada com redes isoladas;
- Extensão da rede elétrica convencional.

## **2.5 Energias renováveis**

As energias renováveis são classificadas como fontes de energia baseadas em processos naturais que podem ser reestabelecidos, logo não são esgotadas por meio de seu uso. Os impactos ambientais gerados por meio das energias renováveis são muito inferiores, quando comparados àqueles gerados por combustíveis convencionais, porém o seu custo, em muitos casos, é muito maior, tendo como consequência seu subdesenvolvimento. Em vista de criar um futuro sustentável e seguro para o meio ambiente e a energia, observamos a necessidade de desenvolver e ampliar a utilização de energias renováveis (SALARI; HAKKAKI-FARD, 2019).

Pode-se citar como fontes para obtenção de energia derivada de recursos naturais: a eletricidade e o calor gerados a partir da energia solar, vento, oceano, energia hidrelétrica, biomassa, recursos geotérmicos e biocombustíveis (JASSEN, 2002).

## **2.6 Energia solar**

O núcleo solar é responsável pela geração da energia solar que incide na superfície terrestre por meio do processo de fusão nuclear, que é responsável pela fusão de dois núcleos pesados de hidrogênio que formam um núcleo de hélio, liberando grande quantidade de energia. Os isótopos de hidrogênio, deutério e trítio são os responsáveis pela principal reação no núcleo solar (DEBASTIANI, 2013).

Sendo assim, o sol é uma das mais comuns fontes naturais de energia radiante, sua radiação eletromagnética chega à terra e pode ser convertida em diversas formas como: química, térmica e elétrica. Ademais, naturalmente os processos de conversão de energia em curso transformam a radiação solar em energia química e calor, o homem desenvolve maneiras de converter a energia radiante em eletricidade e calor (BELYAKOV, 2019).

A energia solar é constituída por duas componentes, uma componente direta que corresponde a luz do feixe solar e a componente difusa, constituída pela luz que se espalha pela atmosfera. Em condições de céu claro, a componente direta pode representar de 60 a 80% da insolação total, o que pode ser reduzido com condições de alta umidade, nebulosidade, poeiras ou poluição. A tecnologia empregada nos painéis fotovoltaicos permite utilizar tanto os componentes solares diretos como difusos (DENHOLM et al., 2010).

Estima-se que o fluxo solar total que incide na superfície da Terra seja cerca de  $1,08 \times 10^8$  GW e a quantidade total de energia que chega à superfície é de 3.400.000 EJ por ano. Isso representa entre 7000 e 8000 vezes o consumo de energia primária global anual. Se apenas 0,10% dessa energia fosse convertida em eletricidade, considerando uma eficiência de 10%, forneceria uma capacidade de geração de 10.000 GW. Em 2019, a capacidade global instalada era cerca de 6.000 GW (BREEZE, 2019).

Assim sendo, a energia solar se tornou uma importante fonte de energia renovável. Os sistemas solares fotovoltaicos têm propiciado o uso desta energia e sua utilização tem se intensificado nos últimos anos. Estimativas recentes demonstram que a energia solar no ano de 2018, atingiu o 584TWh de geração, isso significa um crescimento de 28,9% em o todo o mundo. O Brasil ainda está se desenvolvendo nesta área. No ano de 2018, foram produzidos 3,10TWh representando um crescimento de 277,10% (BP, 2018).

### **2.6.1 Energia solar fotovoltaica**

O efeito fotoelétrico foi descoberto no ano de 1839 por Becquerel, que observou a geração de elétrons livres em um material semicondutor sujeito a um fluxo de fótons, sua descoberta aconteceu enquanto investigava o efeito de metais imersos em eletrólitos. O efeito fotovoltaico é responsável pela conversão da luz direta em eletricidade em células solares ou fotovoltaicas (FORTUNATO et al., 2016; MAKAROV; ETINGOV; MA, 2017).

A conversão da radiação solar em eletricidade ocorre de forma direta. Os painéis utilizados nos sistemas fotovoltaicos contêm células que convertem a energia solar em eletricidade. Cada célula é composta por camadas de material semicondutor. A luz que incide sobre a célula cria um campo elétricos por meio das camadas, possibilitando que a eletricidade flua a partir delas. A intensidade de luz irá determinar a quantidade de energia elétrica gerada por cada célula (TYAGI et al., 2013).

Os sistemas fotovoltaicos são alimentados periodicamente pela energia solar irradiada na superfície da terra, convertendo-a em energia elétrica. Isso ocorre de forma regular, seguindo as alternâncias do dia e noite. Dependendo da localização terrestre, ocorre a variação da intensidade da irradiação solar, já que esta é afetada por diversos fatores como: hora do dia, umidade, nebulosidade, latitude e até mesmo a poluição atmosférica. Desta maneira, a determinação da quantidade de energia que recebe determinada área, em uma localidade definida, torna-se fundamental para estimar a capacidade de geração de energia de um determinado sistema fotovoltaico (LACCHIN, 2017).

## 2.6.2 Tipos de Sistemas Fotovoltaicos

Um sistema fotovoltaico é composto por módulos fotovoltaicos agrupados em matrizes. Tais módulos, em geral, apresentam um ângulo fixo de frente para o Equador, ou podem ser acoplados a um dispositivo de rastreamento solar, de um ou dois eixos, para acompanhar a posição do sol. Os sistemas também possuem dispositivos inversores, que convertem a CC (corrente contínua) em CA (corrente alternada) adequada para alimentar ou ser alimentada na rede. Os sistemas fotovoltaicos podem também possuir baterias para o armazenamento da energia elétrica gerada pelo conjunto (MARTÍN-CHIVELET, 2016).

Os sistemas são organizados e projetados para atender uma aplicação específica, podendo ser utilizados como um sistema isolado ou como uma instalação conectada à rede. Os sistemas isolados são usados geralmente em áreas nas quais não há rede elétrica, ou seja, em áreas remotas atendendo às necessidades de simples aparelhos domésticos, até a alimentação de um edifício inteiro. Já nos sistemas conectados à rede, a energia produzida é injetada diretamente à rede pública de eletricidade, não há o armazenamento da energia elétrica gerada (MUNDO-HERNÁNDEZ et al., 2014).

## 2.6.3 Sistema fotovoltaico conectados à rede no Brasil

Os sistemas fotovoltaicos conectados à rede – SFVCR solicitam uma resposta praticamente linear à irradiação solar, que desempenha papel fundamental na geração de energia solar. Os módulos fotovoltaicos têm seus dados elétricos classificados em condições teste padrão, ou seja, temperatura da célula de 25 °C, 1000 W/m<sup>2</sup> irradiância no plano, distribuição espectral da luz solar incidente. Entretanto, espera-se valores acima de 1000 W/m<sup>2</sup> de irradiância em campo, mesmo em latitudes mais elevadas, porém não são avaliados como frequentes ou duradouros o suficiente para desempenhar um papel significativo no desempenho do módulo e do sistema fotovoltaico (RAFAEL et al., 2019).

No Brasil, a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL é responsável pela regulamentação dos SFVCR, assim como pelas normas para a compensação energética e impostos envolvidos. O sistema de compensação pode ser definido como o excedente de energia elétrica produzida que é injetado na rede e, desta forma, retorna ao consumidor na forma de créditos. Para isto, utiliza-se nos sistemas



um medidor bidirecional, que é responsável pelo registo do montante de energia injetado na rede, em kWh, e a energia, porventura, consumida da concessionária (TONIN, 2017).

Um dos marcos principais quanto à regulamentação dos SFVCR foi em 2012, visto que a ANEEL introduziu o mecanismo Medição Líquida (*Net Metering*) mediante a Resolução Normativa - RN 482, a qual tinha como objetivo reduzir as barreiras à conexão de pequenas usinas de energia renovável às redes de distribuição. Esse mecanismo consiste no incentivo para a geração distribuída - GD, pois o consumidor, estando devidamente conectado a uma rede de distribuição, pode injetar nessa rede a energia elétrica excedente para uso posterior (ANEEL, 2012; GOMES et al., 2018).

Em 2015, essa RN foi atualizada, implantando os limites das instalações, definindo que uma micro GD corresponde a uma usina de geração de eletricidade com capacidade instalada menor ou igual de 75 kW e a mini GD uma unidade de potência instalada maior que 75 kW e menor que 5 MW. Nesta atualização, também foi definido um prazo de 60 meses para que consumidor possa utilizar os créditos provenientes do sistema de compensação (ANEEL, 2015).

#### **2.6.4 Viabilidade econômica de sistemas fotovoltaicos instalados em propriedades rurais**

As condições de paridade da rede (quando os preços de eletricidade de varejo são igualados aos custos da eletricidade fotovoltaica), permitiram a instalação de sistemas fotovoltaicos residenciais, que produzem eletricidade para consumo próprio ou obtenção de créditos resultantes da geração excedente, junto às concessionárias de energia. Para avaliar a viabilidade de tal investimento, é necessário definir o custo da eletricidade gerada pelo sistema de energia fotovoltaica e o desempenho global financeiro do projeto, considerando os seus fluxos de caixa, tanto de despesas quanto de receitas (MITSCHER; RÜTHER, 2012).

O Brasil possui em seu território características bastante heterogêneas, as diferenças regionais afetam a disponibilidade de equipamentos ou profissionais que geralmente necessitam ser comprados/contratados em determinadas regiões do país, gerando custos em decorrência de transportes e hospedagens. Desta forma, a capacidade de implementação e manutenção de um projeto em diferentes estados

difícilmente será a mesma, pois um destes pode apresentar ausência de conhecimento técnico profissional, bem como disponibilidade de equipamentos no mercado local, criando diferentes condições de contorno, gerando resultados diferentes para projetos semelhantes (VALER et al., 2017).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Material

##### 3.1.1 Localização do experimento

O experimento foi desenvolvido em quatro Estados do Brasil: Goiás, Mato Grosso, Minas Gerais e Paraná. A seleção destes foi baseada em sua vocação agrícola para ambas as atividades avaliadas na pesquisa. Na Tabela 6, são apresentadas as coordenadas geográficas correspondente ao centroide de cada Estado.

Tabela 6: Coordenadas geográficas dos Estados

Estado	Latitude	Longitude
Goiás	16° 01' 48.0" S	49° 33' 36.0" W
Mato Grosso	12° 59' 24" S	55° 59' 24" W
Minas Gerais	18° 33' 0" S	44° 33' 0" W
Paraná	24° 36' 0" S	51° 23' 0" W

Fonte: GOOGLE EARTH (2018). Adaptada pela autora.

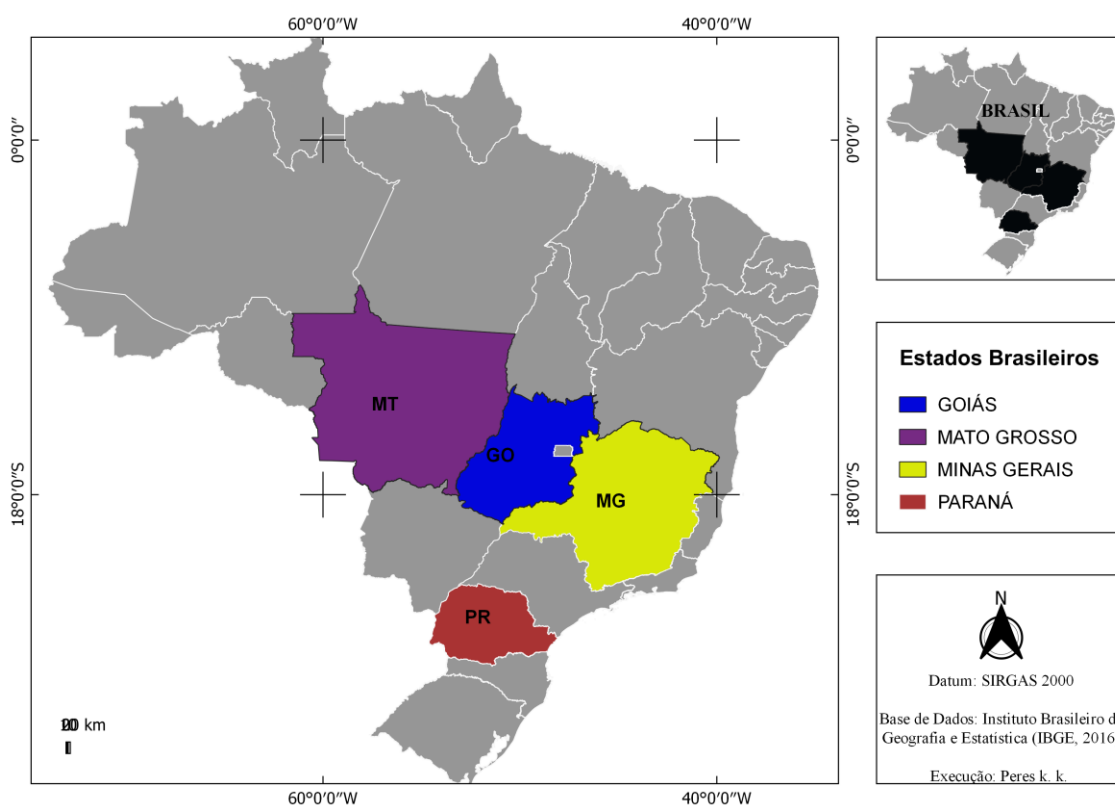


Figura 1 : Mapa localização dos Estados.

Os dados da irradiação horizontal global diária para cada Estado estão indicados na Tabela 7.

Tabela 7: Irradiação horizontal global diária para cada Estado

Estado	Irradiação (kWh.m <sup>-2</sup> )
Goiás	5,48
Mato Grosso	5,11
Minas Gerais	5,68
Paraná	5,03

Fonte: CRESESB (2018). Adaptada pela autora.

A Figura 1 evidencia o total diário da irradiação global horizontal média anual (Wh/m<sup>2</sup>.dia) para o Brasil.

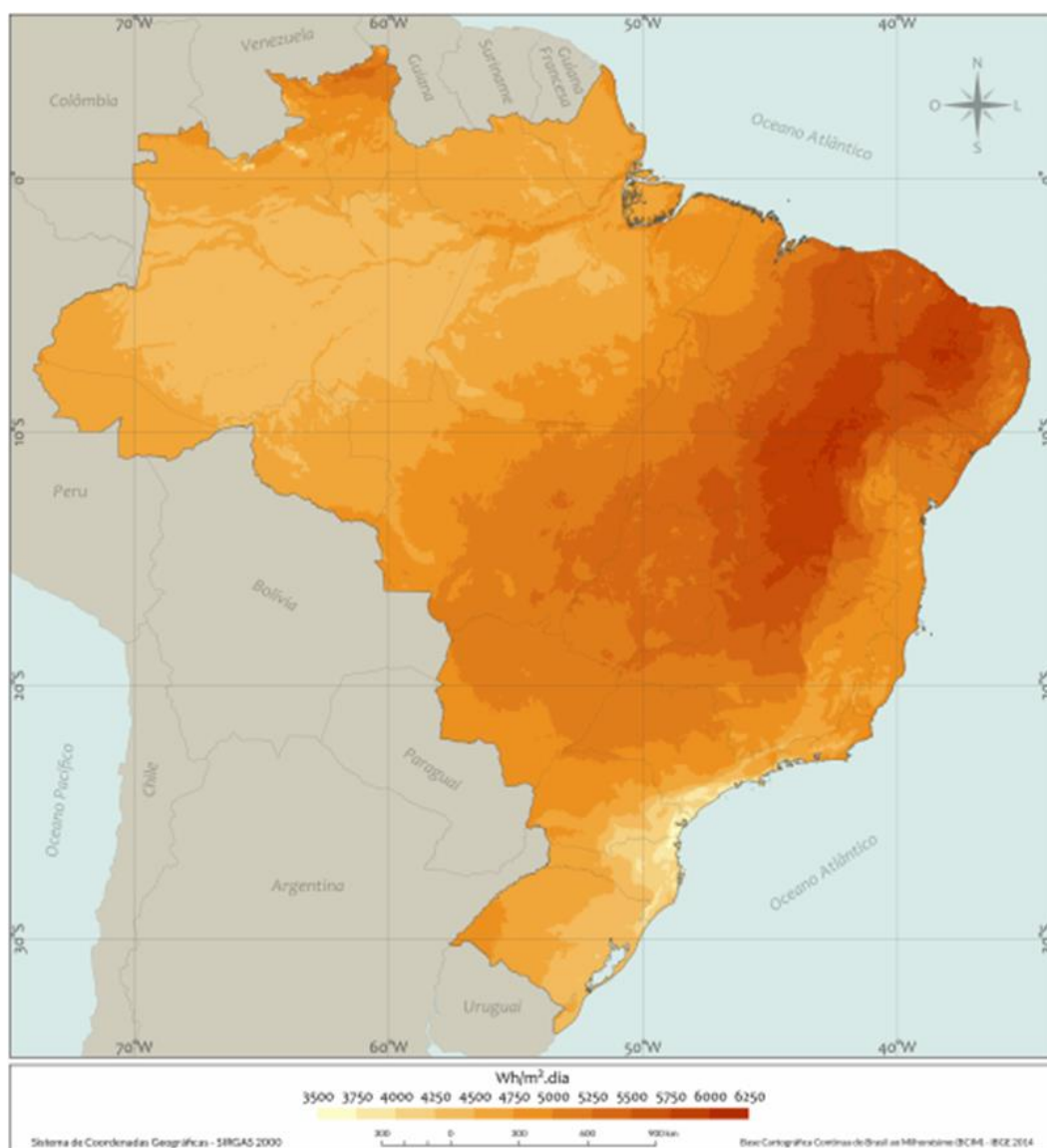


Figura 2 : Irradiação global horizontal diária média anual no Brasil.

Fonte: Pereira et al. (2017).

Conforme a Classificação climática de Köppen-Geiger, o Estado do Paraná é classificado predominando em clima temperado, sem estação seca e verão quente (Cfa) e clima temperado, sem estação seca e verão fresco (Cfb). No Estado de Goiás, toda sua extensão é classificada como clima quente com chuva de verão (Aw). Em Minas Gerais, tem-se na sua maior extensão o clima quente com chuva de verão (Aw) e, em alguns pontos, o clima árido e quente (BWh). Mato Grosso também tem predomínio do clima quente com chuva de verão (Aw), na região noroeste são apresentados locais de clima quente de monção (Am) (DUBREUIL et al., 2018).

### **3.1.2 Características da produção de soja nos Estados considerados no experimento**

Os dados de produtividade do cultivo de soja para os Estados selecionados na pesquisa são salientados na Tabela 8, os quais foram obtidos por meio das séries históricas dos custos de produção de soja para ano de 2020, divulgados pela Companhia Nacional do Abastecimento (CONAB, 2020b).

Tabela 8: Produtividade média soja

<b>Estado</b>	<b>Produtividade média (kg/ha)</b>
Goiás	3.600,00
Mato Grosso	3.120,00
Minas Gerais	3.199,01
Paraná	3.800,00

Fonte: CONAB (2020b). Adaptado pela autora.

### **3.1.3 Características da produção de bovinos de corte nos estados considerados no experimento**

Com relação à produção de bovinos de corte, foram utilizados os dados fornecidos pela Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes, considerando a classificação destacada por nível de tecnologia para fazendas de recria e engorda. Optou-se pelo nível intensivo de produção tendo em vista a ocupação máxima de 38 arroba/ha (ABIEC, 2020).

### 3.1.4 Características técnicas dos módulos fotovoltaicos, inversor solar e string box

No dimensionamento dos sistemas fotovoltaicos, serão ponderados os seguintes componentes:

a) Módulo fotovoltaico: marca BYD, Modelo PHK-36-SERIES-5BB, potência máxima 335 Wp, conforme características técnicas mostradas na Tabela 9.

Tabela 9: Características técnicas do módulo fotovoltaico BYD

Item	Módulo PHK-36-SERIES-5BB
Tensão de circuito aberto (Voc)	45,44 V
Tensão máxima de operação (Vmp)	38,1 0V
Corrente de curto-circuito (Isc)	9,25 A
Corrente máxima de operação (Imp)	8,79 A
Potência máxima em STC (Pmax)	335 Wp
Eficiência do módulo	17,00%

Fonte: BYD (2019).

b) Inversor solar: marca Growatt, modelo MAX75KTL3-LV 75KW, Trifásico 380V, 7MPPT e 14 entradas monitoramento, potência máxima 75kW, conforme características técnicas salientadas na Tabela 10.

Tabela 10: Características técnicas do inversor solar Growatt

Item	Inversor Growatt
<b>Entrada CC</b>	
Máxima potência CC	112500 W
Máxima tensão de CC	1100 V
Tensão de partida	250 V
Faixa de tensão MPPT	195 – 1000 V
Tensão nominal	600 V
Máxima corrente de entrada por string	25 A
Número de MPPT independentes/strings por MPPT	7/2
<b>Saída CA</b>	
Potência Nominal de Saída CA	75000 W
Máx. Potência Aparente de CA	83300 VA
Máx. Corrente de Saída	112,7 A
Tensão Nominal CA	220 V/380 V
Frequência de grade CA	50 HZ/60 HZ
Fator de Potência	0,8i-0,8c
THDI	< 3%
Tipo de conexão de rede CA	3 W+N+PE

Continuação Tabela 10: Características técnicas do inversor solar Growatt

<b>EFICIÊNCIA</b>	
Eficiência Max.	98,8%
Eficiência Europeia	98,3%
Eficiência MPPT	99,9%
<b>DADOS GERAIS</b>	
Faixa de Temperatura Operacional	-25 °C ~ +60 °C
Topologia	Sem transformador
Altitude	4000m
Refrigeração	Resfriamento inteligente
Umidade Relativa	0-100%

Fonte: GROWATT (2020).

d) String Box: marca Proauto, modelo CFB-10E-10S 1000DC COMBINER FUSE BOX, conforme características técnicas destacadas na Tabela 11.

Tabela 11: Ficha técnica string box Proauto

<b>Item</b>	<b>CFB-10E-10S</b>
Tensão Nominal	1000 DC
Corrente Máxima (por entrada)	15 A
DPS	952565 DGMYPV1200FM
Entradas DC	10
Saídas DC	10
Fusíveis	15 A

Fonte: PROAUTO (2019).

### 3.1.5 Capacidade de geração dos sistemas fotovoltaicos no experimento

Para determinar a capacidade de geração dos sistemas fotovoltaicos, foi calculada a quantidade máxima de módulos fotovoltaicos que podem ocupar uma área de 1 (um) hectare, tendo em vista as características locais para cada Estado.

O cálculo da distância entre duas fileiras de módulos fotovoltaicos foi realizado utilizando a Equação 1, proposta por Pinho e Galdino (2014), para determinar a distância mínima a ser mantida entre o gerador fotovoltaico e o obstáculo.

$$d = Fe (h_{ob} - h_i) \quad (1)$$

Em que:

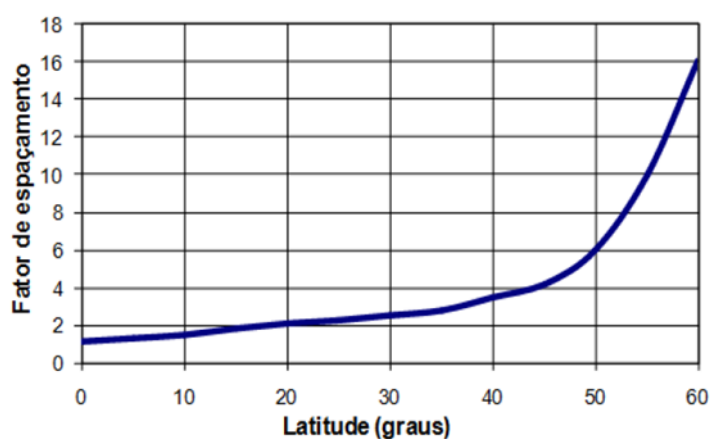
$d$  = distância mínima a ser mantida entre o gerador fotovoltaico e o obstáculo (m);

$F_e$  = distância de espaçamento obtido pela curva da Figura 2;

$h_{ob}$  = altura do obstáculo (m);

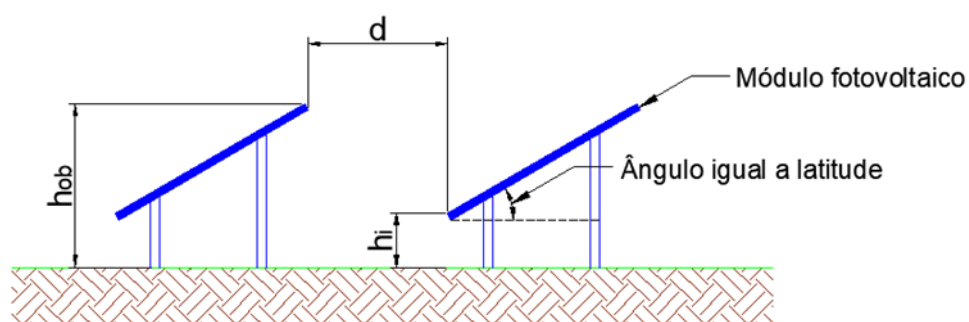
$h_i$  = altura de instalação do gerador fotovoltaico (m).

Figura 3 : Fator de espaçamento versus latitude do local de instalação do gerador fotovoltaico.



Fonte: Pinho et al. (2008)

Figura 4 : Ilustração para definição do espaçamento mínimo entre duas fileiras de módulos fotovoltaicos



Foi adotada para todos os sistemas a altura de instalação do gerador fotovoltaico igual a 0,60m. O ângulo igual a latitude para os Estados é mostrado na Tabela 12.



Tabela 12: Ângulo igual a latitude para os Estados

<b>Estado</b>	<b>Ângulo igual a latitude</b>
Goiá	16°
Mato Grosso	13°
Minas Gerais	19°
Paraná	25°

Fonte: CRESESB (2018).

O espaçamento entre os módulos fotovoltaicos é influenciado pela latitude local. Sendo assim, quanto menor a latitude menor será o espaçamento entre os módulos.

### 3.1.6 Determinação da receita obtida com a produção de soja

A receita obtida com a produção de soja foi estimada com base nos dados fornecidos e atualizados mensalmente pela Companhia Nacional de abastecimento, que apresentam os valores de venda (R\$/60kg) para o produtor em cada Estado avaliado, conforme exibido na Tabela 13.

Tabela 13: Receita da produção de soja 2021

<b>Estado</b>	<b>Preço de venda para produtor (R\$/60kg)</b>	<b>Produtividade média (kg/ha)</b>	<b>Receita (R\$/ha)</b>
Goiás	149,97	3.600,00	8.998,20
Mato Grosso	149,36	3.120,00	7.766,72
Minas Gerais	166,70	3.199,01	8.887,92
Paraná	152,55	3.800,00	9.661,50

Fonte: CONAB (2020b); CONAB (2021). Adaptado pela autora.

### 3.1.7 Determinação da receita obtida com a produção de bovinos de corte

A receita obtida com a produção de bovinos de corte foi estimada com base nos dados fornecidos e atualizados mensalmente pela Companhia Nacional de Abastecimento, que apresentam os valores de venda (R\$/arroba), para o produtor em cada Estado avaliado, tal como mostrado na Tabela 14.

Tabela 14: Receita para produção de bovinos de corte

Estado	Preço de venda para produtor (R\$/ arroba)	Taxa de ocupação (arroba/ha)	Receita (R\$/ha)
Goiás	277,43	38,00	10.542,34
Mato Grosso	259,06	38,00	9.844,28
Minas Gerais	272,13	38,00	10.340,94
Paraná	274,20	38,00	10.419,60

Fonte: ABIEC, 2020; CONAB, 2021. Adaptado pela autora.

## 3.2 Métodos

### 3.2.1 Dimensionamento dos sistemas fotovoltaicos

O dimensionamento dos sistemas fotovoltaicos teve como base a metodologia enfatizada por Pinho e Galdino (2014), usada também por Nascimento (2019) e Sylvestrin et al. (2018) em seus trabalhos, que consistem nas seguintes etapas:

Os primeiros passos para o dimensionamento estão relacionados com a determinação do local e o levantamento do recurso solar disponível. Ademais, estimar-se a demanda e consumo de energia elétrica para a propriedade.

Pinho e Galdino (2014) aconselham ignorar os efeitos da variação da irradiância a cada instante e analisar a totalidade de energia elétrica convertida em intervalos de horários, ao levar em conta as estimativas de produção de energia elétrica. Há forte correlação entre a irradiação horária e a produção de energia. O número de Horas de Sol Pleno (HSP), resume essa ideia, uma vez que esta grandeza reflete o número de horas em que a irradiância solar deve permanecer constante igual a 1kW/m<sup>2</sup>, de maneira que a resultante da energia obtida seja proporcional à energia disponibilizada pelo sol no local em questão.

Desta forma, a potência do sistema fotovoltaico foi calculada pela Equação 2:

$$P_{FV}(Wp) = \frac{\left(\frac{E}{TD}\right)}{HSPMA} \quad (2)$$

Em que:

PFV = Potência Total do Painel Fotovoltaico, kWp;

E = Consumo médio anual diário ou fração, kWh;

TD =Taxa de desempenho;

HSP = Média das horas equivalentes de sol pleno no plano do painel fotovoltaico, h.

A partir destas informações, foi possível calcular o número de módulos do sistema fotovoltaico, por meio da Equação 3:

$$NM = \frac{(PFV \times 1000)}{PNMF} \quad (3)$$

Em que:

NM = Número de Módulos Fotovoltaicos;

PFV = Potência Total do Painel Fotovoltaico, kWp;

PNMF = Potência Nominal do Módulo Fotovoltaico, Wp.

A próxima etapa consiste no dimensionamento do inversor. Inicialmente, levou-se em consideração a potência do gerador fotovoltaico, a tecnologia e as características elétricas do módulo escolhido para integrar o gerador, tal como as características ambientais locais e a topologia de instalação escolhida.

A Equação 4 permitiu calcular o fator de dimensionamento do inversor (FDI), que foi representada pela relação entre a potência nominal CA do inversor e a potência de pico do gerador fotovoltaico.

$$FDI = \frac{P_{NCA} (W)}{P_{FV} (Wp)} \quad (4)$$

Em que:

FDI = Fator de Dimensionamento do Inversor;

PFV = Potência Total do Painel Fotovoltaico, kWp;

PINV = Potência Nominal do Inversor, kWp.

Recomenda-se que os valores de FDI estejam situados na faixa de 0,75 a 0,85, enquanto o limite superior é de 1,05.

Outro ponto a ser levado em conta no dimensionamento é a tensão de entrada do inversor que é a soma das tensões dos módulos associados em série. Essa consideração é importante, pois existe forte dependência entre a tensão e a temperatura. Logo deve-se garantir que haja compatibilidade entre a faixa de tensão de operação do inversor e as tensões do gerador fotovoltaico.

Os autores orientam a ter muita atenção e cuidado no cálculo de máxima tensão, uma vez que ela nunca deve ser ultrapassada em decorrência dos riscos de se danificar o equipamento. O número máximo de módulos em série deve respeitar a tensão máxima suportável pelo módulo e pode ser verificada pela Equação 5:

$$NMFS \times TOC < TEMINV \quad (5)$$

Em que:

NMFS = Número de Módulos Fotovoltaicos em Série;

TOC = Tensão de Circuito Aberto do Módulo Fotovoltaico, V;

TEMINV = Tensão de Entrada Máxima do Inversor, V.

Finalmente, calculou-se o número máximo de fileiras das séries fotovoltaicas conectadas em paralelo, conforme Equação 6:

$$NFSP = \frac{IMEINV}{ICCMF} \quad (6)$$

Em que:

NFSP = Número de Fileiras de Módulos Fotovoltaicos em Série Conectados em Paralelo;

IMEINV = Corrente Máxima de Entrada do Inversor, A;

ICCMF = Corrente de Curto Circuito do Módulo Fotovoltaico, A.

### 3.2.2 Determinação do custo evitado com a geração fotovoltaica

A determinação do custo evitado com a geração fotovoltaica ocorre de maneira simples. Os projetos foram dimensionados com base no potencial de geração de energia elétrica por hectare em cada um dos Estados. Este potencial multiplicado pela tarifa de energia elétrica vigente, na concessionária local, resultará no custo evitado.

### 3.2.3 Avaliação da viabilidade econômica

Na avaliação da viabilidade econômica será utilizado o método Valor Presente Líquido – VPL, o qual é amplamente usado na engenharia econômica, pois é uma ferramenta para avaliar investimentos, tendo como finalidade fornecer qual

será o retorno monetário na realização de um investimento a uma taxa de juros definida (OLIVEIRA, 2008).

O VLP consiste em transportar os valores do fluxo de caixa, de um projeto de investimento, para o instante presente (data do investimento), a uma taxa de mercado (ou taxa de atratividade) e, então, somá-los com o valor investido inicialmente (FUZARO, 2017; VIANNA, 2018).

Para Carreira e Santos (2018), ele pode ser expresso matematicamente pela Equação 7.

$$VPL = \sum_{j=1}^n \frac{FC_j}{(1+i)^j} - FC_0 \quad (7)$$

Em que:

VPL = Valor Presente Líquido;

FC<sub>j</sub> = Fluxo de Caixa no período que varia de j até n;

FC<sub>0</sub> = Fluxo de Caixa no período zero;

I = Taxa de juros (TMA).

Caso o VPL seja maior que zero, o projeto é viável e oferece retornos maiores do que o capital investido. Se o VPL for igual a zero, o investimento é indiferente, não oferecendo qualquer ganho ou vantagem. Para resultados do VPL menor que zero, o projeto é descartado, pois os retornos esperados serão menores que o capital investido (MORAES FILHO, 2017).

Na avaliação da produção de soja, foram utilizados os dados levantados em relação aos custos de produção (despesas) e a remuneração obtida com a venda dos grãos (receita), para determinar os fluxos de caixa correspondentes. A avaliação da produção de bovinos de corte ocorreu de forma semelhante, também mediante os dados levantado dos custos associados com a produção e o valor obtido com a venda dos animais.

Nos sistemas fotovoltaicos, as despesas foram representadas pelo preço dos equipamentos (módulos, inversor, string box) e dos investimentos com mão de obra e instalação do sistema. Já as receitas foram representadas pelo custo mensal evitado com a geração de energia.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A determinação das atividades que serão desenvolvidas dentro da propriedade rural é de extrema importância para produtor, pois esta escolha impactará diretamente nos seus ganhos. Logo, é essencial que ele obtenha o conhecimento sobre os investimentos e o retorno financeiro para cada atividade.

A cultura de soja e a criação de bovinos são historicamente tradicionais em diversas regiões do Brasil e apresentam claro retorno financeiro. Por outro lado, a geração de energia fotovoltaica é uma tecnologia recente, bem como há questionamentos sobre a viabilidade de destinar uma parcela produtiva da propriedade para a geração de energia elétrica.

### 4.1 Sistemas fotovoltaicos

Os resultados do dimensionamento dos sistemas fotovoltaicos para cada Estado são apresentados na Tabela 15.

Tabela 15: Resumo dos componentes dos sistemas fotovoltaicos

<b>Componente</b>	<b>GO</b>	<b>MT</b>	<b>MG</b>	<b>PR</b>
Módulo Fotovoltaico	3.333	3.636	3.131	2.727
Inversor Solar	11	12	11	9
String Box	55	60	55	45

Os valores totais dos equipamentos, estrutura de fixação, acessórios e mão de obra necessários para implantação dos sistemas estão indicados na Tabela 16.

Tabela 16: Custo de implantação dos sistemas fotovoltaicos

<b>Componente</b>	<b>GO</b>	<b>MT</b>	<b>MG</b>	<b>PR</b>
Módulo Fotovoltaico	R\$ 3.596.307,00	R\$ 3.923.244,00	R\$ 3.378.349,00	R\$ 2.942.433,00
Inversor Solar	R\$ 426.019,00	R\$ 464.748,00	R\$ 426.019,00	R\$ 348.561,00
String Box	R\$ 149.545,00	R\$ 163.140,00	R\$ 149.545,00	R\$ 122.355,00
Estrutura	R\$ 816.486,00	R\$ 889.911,00	R\$ 766.557,00	R\$ 167.409,00
Acessórios	R\$ 70.421,48	R\$ 80.702,94	R\$ 69.491,82	R\$ 60.530,76
Mão de obra	R\$ 1.517.633,54	R\$ 1.656.523,78	R\$ 1.436.988,55	R\$ 1.092.386,63
<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 6.576.412,02</b>	<b>R\$ 7.178.269,72</b>	<b>R\$ 6.226.950,37</b>	<b>R\$ 4.733.675,39</b>

Na Tabela 17, apresenta-se a capacidade de geração anual de energia elétrica para os sistemas fotovoltaicos por Estado.

Tabela 17: Capacidade de geração anual dos sistemas fotovoltaicos

Estado	Geração Anual (kWh/ano)
Goiás	1.935.311
Mato Grosso	1.862.716
Minas Gerais	1.885.454
Paraná	1.453.857

Os valores do custo evitado com a geração de energia elétrica para cada Estado são expostos na Tabela 18.

Tabela 18: Custo evitado com a geração anual dos sistemas fotovoltaicos

Estado	Custo Evitado de Energia (R\$/ano)
Goiás	701.289,13
Mato Grosso	830.671,52
Minas Gerais	804.510,26
Paraná	712.454,70

## 4.2 Análise econômica

Nas Figuras 4 a 7, são exibidos os fluxos de caixa do sistema fotovoltaico para cada um dos Estados selecionados na pesquisa. Nota-se que o estado que apresenta menor tempo de retorno do investimento é o Estado do Paraná, com 9 anos e o maior no Estado de Goiás de 15 anos.

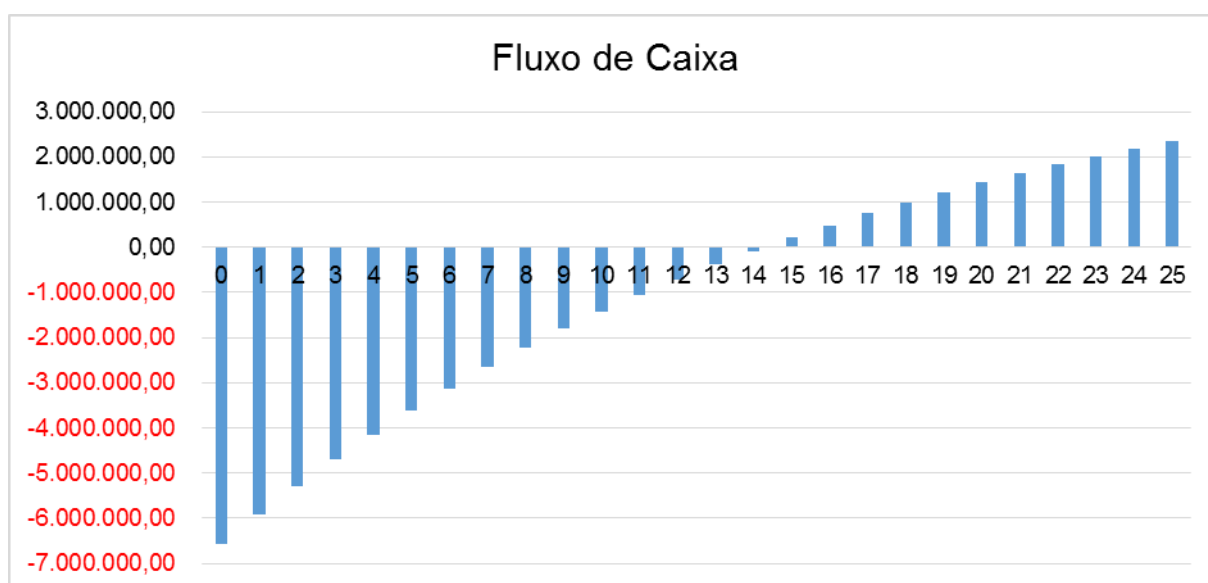


Figura 5 : Gráfico Fluxo de Caixa Sistema Fotovoltaico para Estado de Goiás

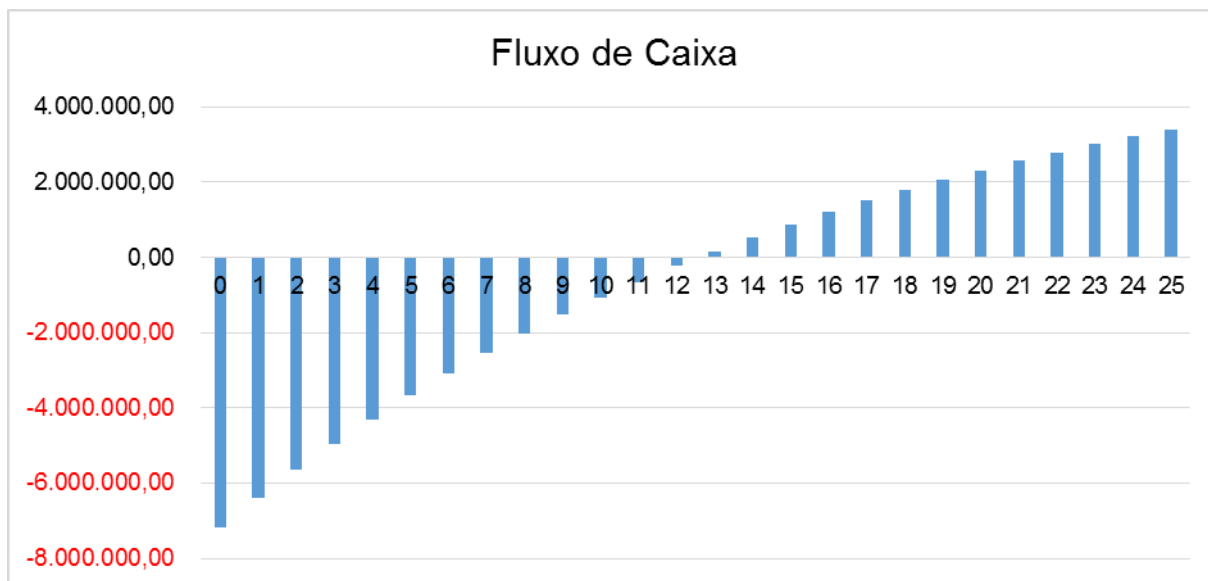


Figura 6 : Gráfico Fluxo de Caixa Sistema Fotovoltaico para Estado de Mato Grosso

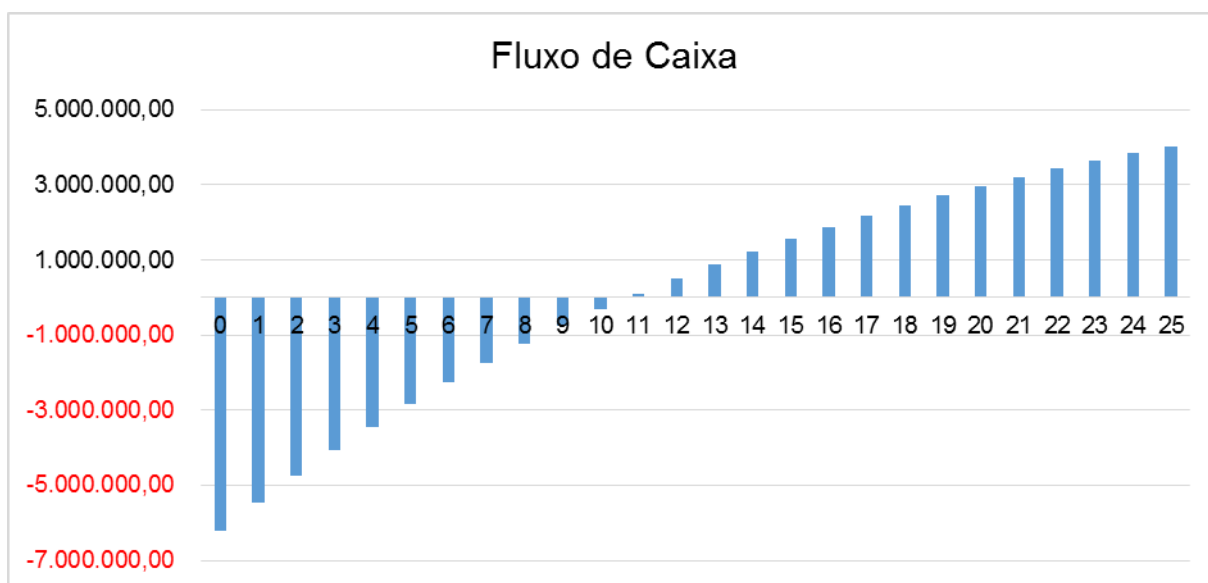


Figura 7 : Gráfico Fluxo de Caixa Sistema Fotovoltaico para Estado de Minas Gerais



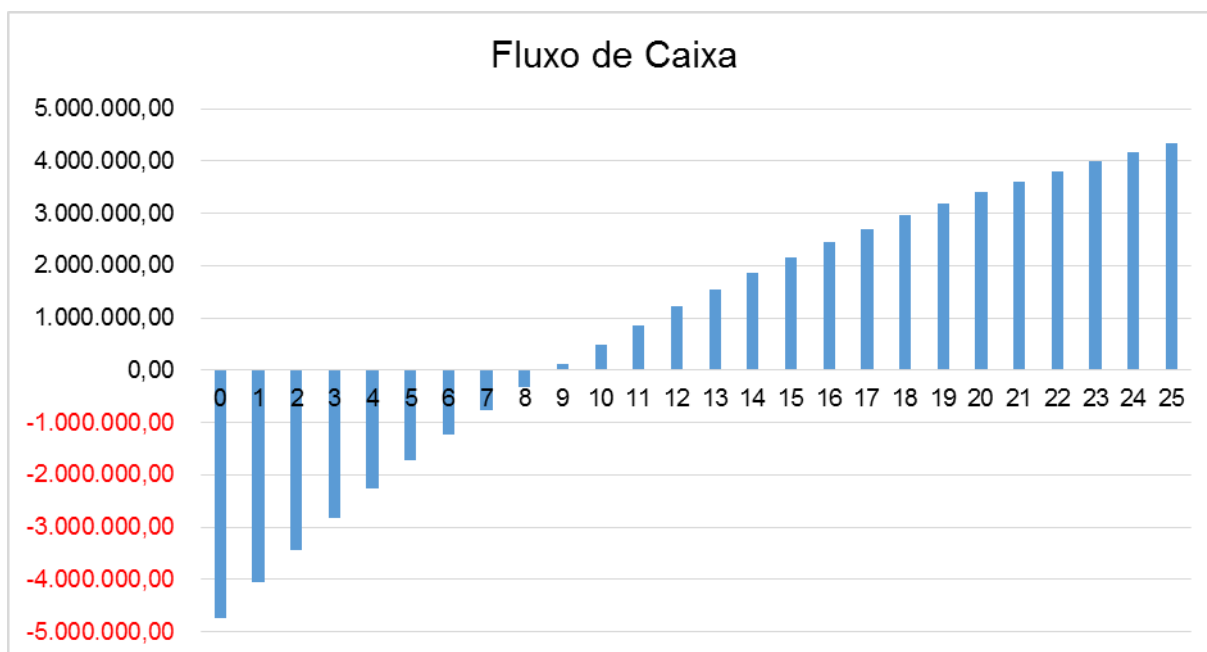


Figura 8 : Gráfico Fluxo de Caixa Sistema Fotovoltaico para Estado do Paraná

Para o cálculo do Valor Presente Líquido, fixou-se uma taxa mínima de atratividade de 6,00% a.a., tendo um horizonte temporal de 25 anos, haja vista a vida útil do sistema fotovoltaico para geração de energia elétrica. Ressalta-se que nessa pesquisa não foi considerado o custo da terra. A Tabela 19 apresenta os dados referentes ao Valor Presente Líquido para cada um dos investimentos, correspondente a ocupação de um hectare de terra.

Tabela 19: Valor Presente Líquido – VPL dos investimentos

ESTADO	VPL SISTEMA FOTOVOLTAICO	VPL SOJA	VPL BOVINOCULTURA
Goiás	R\$ 2.354.714,73	R\$ 75.166,01	R\$ 12.469,65
Mato Grosso	R\$ 3.406.798,23	R\$ 63.344,60	R\$ 3.546,10
Minas Gerais	R\$ 4.023.688,92	R\$ 69.917,16	R\$ 9.895,08
Paraná	R\$ 4.340.184,85	R\$ 72.481,63	R\$ 10.900,62

O Estado que apresentou melhor rentabilidade financeira com os sistemas fotovoltaicos foi o Paraná, com um VLP de R\$ 4.340.184,85. O menor VLP foi verificado em Goiás com R\$ 2.354.714,73, aproximadamente 46% menor que no Paraná, de acordo com o ilustrado na Figura 8.

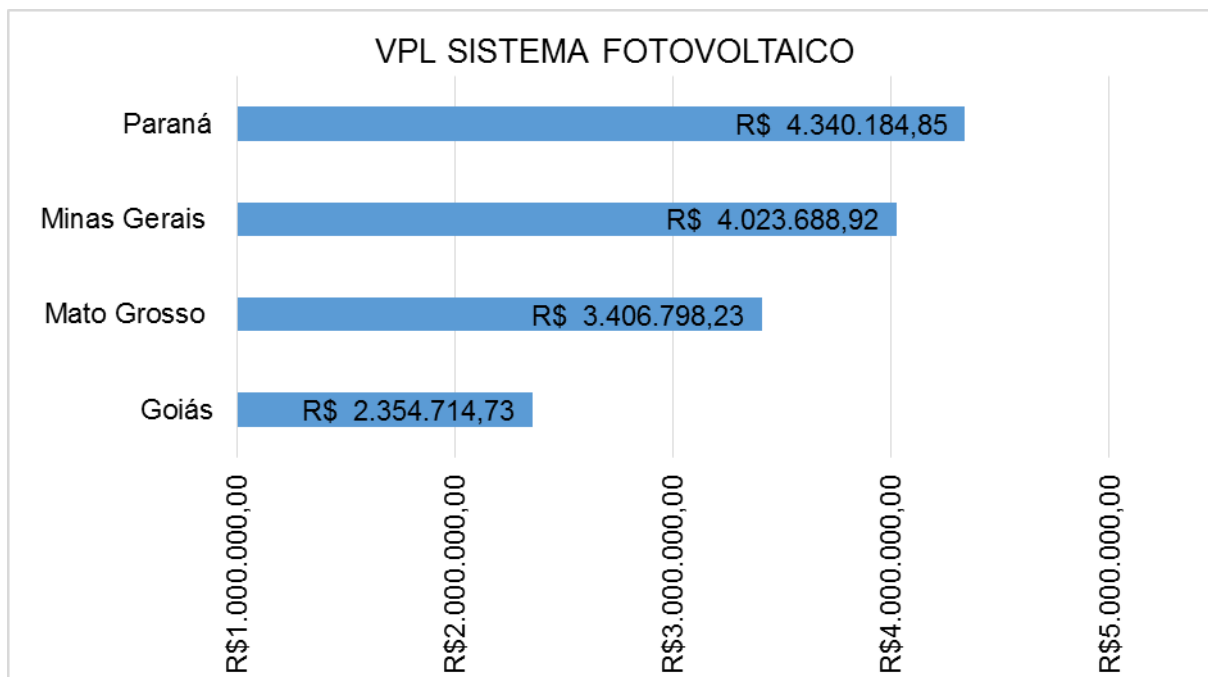


Figura 9 : Gráfico Valor Presente Líquido Sistemas Fotovoltaicos

Em contrapartida, em relação ao VPL da produção de soja, o Estado que se destacou foi Goiás com R\$75.166,01, o que representa uma diferença de mais de 15% em valor para o menor resultado, sendo o Estado de Minas Gerais com VPL de R\$63.344,60, tal como ilustrado na Figura 9.

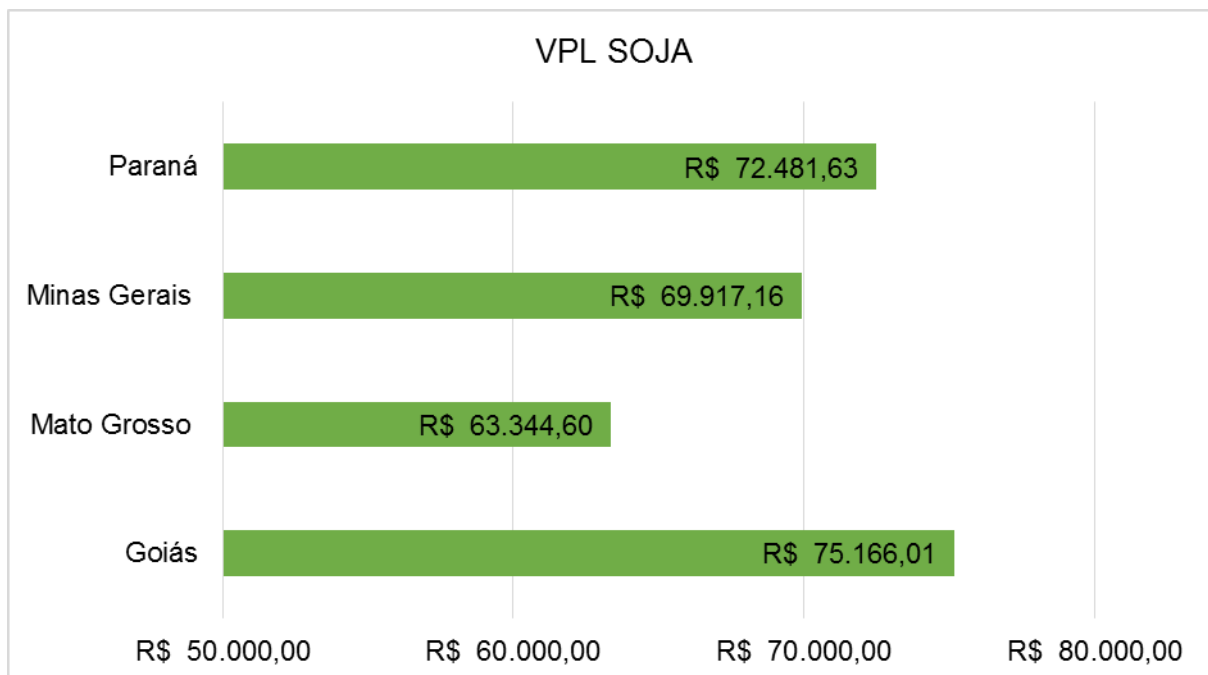


Figura 10 : Gráfico Valor Presente Líquido Soja

O Estado de Goiás também se sobressai no tocante à produção de bovinos de corte, o qual expõe o melhor VPL de R\$12.469,65, sendo Mato Grosso o Estado com o pior resultado com VPL de R\$3.546,10, com uma diferença de mais de 70% do valor, segundo o ilustrado na Figura 10.

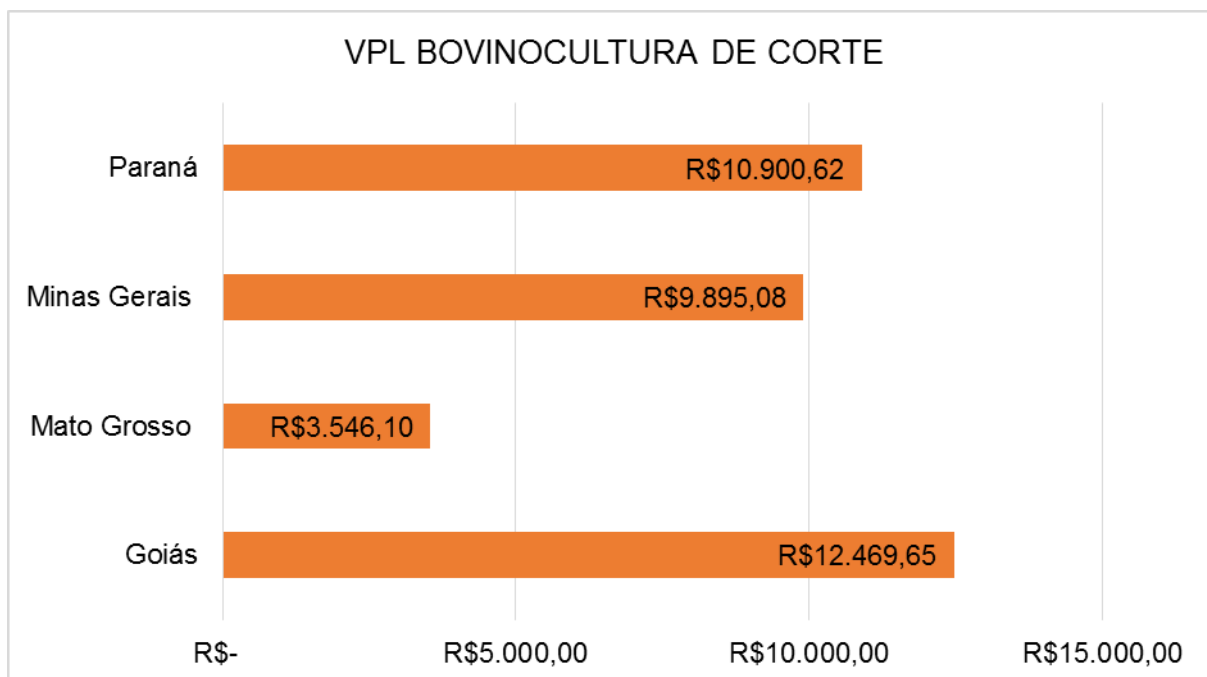


Figura 11 : Gráfico Valor Presente Líquido Bovinocultura de Corte

Observou-se por meio dos dados exibidos que o sistema fotovoltaico foi o que apresentou maior remuneração aos produtores rurais, por possuir um Valor Presente Líquido superior aos outros investimentos. Em seguida, temos a produção de soja que destacou  $VLP > 0$  e, com base nos critérios apresentados, foi um investimento viável, do mesmo modo que a bovinocultura de corte. No entanto, os valores foram bastante baixos para os VPL.

## 5. CONCLUSÕES

As análises econômicas desenvolvidas neste estudo demonstram que é possível destinar uma parcela de área da propriedade rural para geração de energia elétrica. Entretanto, deve-se destacar que, diferentemente da soja ou da bovinocultura de corte, a remuneração do capital investido nos sistemas fotovoltaicos acontece depois de anos, o que pode ocorrer em até 15 anos, como no caso do Estado de Goiás.

Por conta das características ambientais, o arranjo dos sistemas ocorreu de forma diferente. No Estado do Paraná, a quantidade máxima de módulos fotovoltaicos que podem ocupar um hectare é de 2.727, com potencial de geração anual de 1.453.857 Kwh. No Estado de Mato Grosso, para a mesma área, permite uma quantidade de 3.636 módulos fotovoltaicos e um potencial de geração anual de 1.862.716 K.wh.

O Valor presente líquido para os sistemas fotovoltaicos mais alto foi no Estado do Paraná com R\$ 4.340.184,85 e o mais baixo em Goiás com R\$ 2.354.714,73. Entretanto, Goiás foi o Estado que apresentou os melhores resultados de VPL para o cultivo da soja e a criação de bovinos de corte, com R\$ 75.166,01 e R\$ 12.469,65, respectivamente.

Mesmo que todas as atividades se mostrem viáveis financeiramente, a criação de bovinos comparada com as outras atividades apresenta uma baixa remuneração para o produtor rural. Em contrapartida, os SF obtiveram ótimos retornos financeiros em relação às outras atividades em todos os Estados selecionados pela pesquisa.

Recomenda-se para trabalhos futuros analisar alternativas quanto à utilização da energia gerada. Verificando entre os modelos possíveis para utilização dos créditos gerados (autoconsumo remoto, empreendimento com múltiplas unidades consumidores, geração compartilhada), qual se adapta melhor à realidade dos produtores rurais em cada uma das regiões estudadas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIEC. **BEEFREPORT: Perfil da Pecuária no Brasil – Relatório anual 2019. p.49, 2019.** Disponível em:

<http://www.abiec.com.br/controle/uploads/arquivos/sumario2019portugues.pdf>.

Acesso em: 16 de junho de 2019.

\_\_\_\_\_. **BEEFREPORT: Perfil da Pecuária no Brasil – Relatório anual 2020.**

**p.49, 2020.** Disponível em: <http://abiec.com.br/en/publicacoes/beef-report-2020-2/>.

Acesso em: 27 de agosto de 2020.

ANEEL. **Resolução Normativa Nº 482, de 2012 da ANEEL.** p. 9, 2012. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências. Disponível em:

<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/bren2012482.pdf>. Acesso em: 05 de agosto de 2019.

\_\_\_\_\_. **Resolução Normativa Nº 687 de 2015 da ANEEL.** Altera a Resolução

Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, e os Módulos 1 e 3 dos Procedimentos de Distribuição – PRODIST. Aneel, p. 24, 2015. Disponível em:

<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>. Acesso em: 02 de agosto de 2019.

BATISTA, G. de F. Competitividade internacional da soja brasileira: uma avaliação sistêmica. In: **XLII Congresso da SOBER - Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural** – Cuiabá, 2004. Disponível em:

<http://www.sober.org.br/palestra/12/03O191.pdf>. Acesso em: 09 agosto de 2019.

BELYAKOV, N. Chapter Two - Evaluation of energy resources. In: BELYAKOV, N.

**Sustainable Power Generation.** Academic Press, Amsterdam, 2019. Cap.2, p. 23-

61. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817012-0.00011-6>. Acesso em: 14 de agosto de 2019.

BRASIL. **Decreto Nº 4.873, de 11 de novembro de 2003.** Institui o Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso da Energia Elétrica - "LUZ PARA TODOS" e dá outras providências. Presidência da República – Casa Civil: Brasília, 2003. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/2003/D4873.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2003/D4873.htm). Acesso em: 16 de agosto de 2019.

\_\_\_\_\_. **Decreto Nº 9.357, de 27 de abril de 2018.** Altera o Decreto nº 7.520, de 8 de julho de 2011, que institui o Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso da Energia Elétrica - "LUZ PARA TODOS". Presidência da República – Casa Civil: Brasília, 2018. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2015-2018/2018/Decreto/D9357.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2018/Decreto/D9357.htm). Acesso em: 16 de agosto de 2019.

\_\_\_\_\_. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Com tecnologia e inovação, produção agropecuária dobrou no Brasil em 22 anos.** 2020.

Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/agricultura-e-pecuaria/2020/12/com-tecnologia-e-inovacao-producao-agropecuaria-dobrou-no-brasil-em-22-anos>. Acesso em: 24 de março de 2021.

BREEZE, P. Chapter 13 - Solar Power. IN: BREEZE, P. **Power Generation Technologies.** ed.3, Newnes, Amsterdam, 2019. Cap.13, p. 293-321. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102631-1.00013-4>. Acesso em: 15 de agosto de 2019.

BP. **Statistical Review of World Energy – all data, 1965-2018.** 2018. Disponível em: <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>. Acesso em: 30 de julho de 2019.

BYD. **Módulo Fotovoltaico: PHK - 36-5BB Policristalino Half-Cell 325-340W.** Disponível em: [https://www.byd.ind.br/2020/wp-content/uploads/2020/09/PHK\\_36\\_SERIES\\_5BB\\_pnl\\_solar\\_byd\\_01\\_020320.pdf](https://www.byd.ind.br/2020/wp-content/uploads/2020/09/PHK_36_SERIES_5BB_pnl_solar_byd_01_020320.pdf). Acesso em: 07 de fevereiro de 2021.

CABRAL, L. da S. et al. Oportunidades e Entraves para a Pecuária de Corte Brasileira. In: I SIMBOV – I **Simpósio Matogrossense de bovinocultura de corte.** p. 1–35, Cuiabá, agosto de 2011. Disponível em: <https://www1.ufmt.br/ufmt/unidade/userfiles/publicacoes/3d0ae5a9a195c48015810ba948090fd2.pdf>. Acesso em: 10 de agosto de 2019.

CASTRO, S. H. de; REIS, R. P.; LIMA, A. L. R. Custos de produção da soja cultivada sob sistema de plantio direto: estudo de multicaseiros 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=S1413-70542006000600017&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542006000600017&nrm=iso). Acesso em: 30 de julho de 2019.

CARREIRA, M. L.; SANTOS, R. C. R. dos. **Decisões de Investimento com o Auxílio dos Métodos Determinísticos.** Revista de Ciências Gerenciais, Londrina, v. 21, n. 34, p. 142-144, 30 dez. 2018. Disponível em: <https://revista.pgsskroton.com/index.php/rcger/article/view/4254/3761>. Acesso em: 07 de fevereiro de 2021.

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA – CEPEA. **PIB do agronegócio cresce 3,81% em 2019.** 2020. Disponível em: [https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/Cepea\\_PIB\\_CNA\\_2019\(1\).pdf](https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/Cepea_PIB_CNA_2019(1).pdf). Acesso em: 04 de maio de 2020.

\_\_\_\_\_. **PIB do agronegócio alcança participação de 26,6% no PIB brasileiro em 2020.** 2020. Disponível em: [https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/Cepea\\_CNA\\_relatorio\\_2020.pdf](https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/Cepea_CNA_relatorio_2020.pdf). Acesso em: 25 de março de 2021.

CONAB. **Custos de produção agrícola: a metodologia da Conab**. 60 p. Brasília: Conab, 2010. Disponível em: [https://www.conab.gov.br/images/arquivos/informacoes\\_agricolas/metodologia\\_custo\\_producao.pdf](https://www.conab.gov.br/images/arquivos/informacoes_agricolas/metodologia_custo_producao.pdf). Acesso em: 01 de agosto de 2019.

\_\_\_\_\_. **Acompanhamento safra brasileira grãos**. V. 7 - Safra 2019/2020 - Nono levantamento, Brasília, p. 1-113, junho, 2020a. Disponível em: [https://www.conab.gov.br/component/k2/item/download/32083\\_394e261c476ea1d66359bed03d095ecb](https://www.conab.gov.br/component/k2/item/download/32083_394e261c476ea1d66359bed03d095ecb). Acesso em: 04 de julho de 2020.

\_\_\_\_\_. **Custos de produção: Série histórica - Soja**. 2020b. Disponível em: [https://www.conab.gov.br/info-agro/custos-de-producao/planilhas-de-custo-de-producao/item/download/32131\\_168f5e803c96abf629cf5a9fb3991051](https://www.conab.gov.br/info-agro/custos-de-producao/planilhas-de-custo-de-producao/item/download/32131_168f5e803c96abf629cf5a9fb3991051). Acesso em: 04 de novembro de 2020.

\_\_\_\_\_. **Preços Agropecuários: preços médios mensais**. 2021. Disponível em: <http://sisdep.conab.gov.br/precosiagroweb/>. Acesso em: 06 de fevereiro de 2021.

\_\_\_\_\_. **Perspectivas para a agropecuária: Volume 7 – Safra 2019/2020**. Brasília, 2019. Disponível em: [https://www.conab.gov.br/institucional/publicacoes/perspectivas-para-a-agropecuaria/item/download/28825\\_2ed3fc3b5b25a350206d276620cf1c85](https://www.conab.gov.br/institucional/publicacoes/perspectivas-para-a-agropecuaria/item/download/28825_2ed3fc3b5b25a350206d276620cf1c85). Acesso em: 20 de abril de 2020.

CRESESB – Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito. **Potencial Solar - SunData v 3.0**. 2018. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata&>. Acesso em: 07 de fevereiro de 2021

DALL'AGNOL, A. A soja no Brasil: evolução, causas, impactos e perspectivas. In: **CONGRESO DE LA SOJA DEL MERCOSUR, 5.; FORO DE LA SOJA ASIA, 1.**, 2011, Rosário. Un grano: un universo. [Rosário: Asociación de la Cadena de la Soja Argentina], 2011. 4 p. 1 CD-ROM. MERCOSOJA 2011. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/906861>. Acesso em: 09 de agosto de 2019.

\_\_\_\_\_. **A Embrapa Soja no contexto do desenvolvimento da soja no Brasil: histórico e contribuições**. 1.ed. 72 p. Brasília, DF: Embrapa, 2016. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/142568/1/Livro-EmbrapaSoja-desenvolvimento-BR-OL.pdf>. Acesso em: 12 de agosto de 2019.

DEBASTIANI, G. **Avaliação da eficiência energética de um sistema híbrido eólico-fotovoltaico para Cascavel-Paraná**. 2013.64p. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2013. Disponível em: Acesso em: 11 de agosto de 2019.

DENHOLM, P.; DRURY, E.; MARGOLIS, R.; MEHOS, M. Chapter 10 - Solar Energy: The Largest Energy Resource. In: SIOSHANSI, F. P. **Generating Electricity in a Carbon-Constrained World**. Academic Press, Amsterdam, 2010. Cap.10, p. 271-302. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-1-85617-655-2.00010-9>. Acesso em: 08 de agosto de 2019.

DUBREUIL, V. et al. **Os tipos de climas anuais no Brasil: uma aplicação da classificação de köppen de 1961 a 2015**. Confins [online], n. 37. Disponível em: <https://journals.openedition.org/confins/15738#authors>. Acesso em: 25 de março de 2021.

FORTUNATO, E. et al. Chapter 11 - Optoelectronic Devices from Bacterial NanoCellulose. IN: GAMA, M. et al. **Bacterial Nanocellulose**. Elsevier, Amsterdam, 2016. Cap.11, p. 179-197. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63458-0.00011-1>. Acesso em: 03 de agosto de 2019.

FUZARO, A. M. **Viabilidade financeira do pivô central no cultivo da cana-de-açúcar no sudoeste goiano**. 2017. 31 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/484>. Acesso em: 07 de fevereiro de 2021.

GALDINO, M. A., LIMA, J. H. G., PRODEEM – The Brazilian Programme for Rural Electrification using hotovoltaics. In: **Proceedings of RIO 02 – WORLD CLIMATE AND ENERGY EVENT**, Rio de Janeiro - Brazil, 2002, p. 77. Disponível em: Acesso em: agosto de 2019. Disponível em: <http://pubdocs.worldbank.org/en/143561475093739715/Brazil-PRODEEM-World-Bank-IADB-Summary-aspects-2002.pdf>. Acesso em: 25 de julho de 2019.

GOMES, P. V. et al. Technical-economic analysis for the integration of PV systems in Brazil considering policy and regulatory issues. **Energy Policy**, Amsterdam, v. 115, n. October 2017, p. 199–206, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.01.014>. Acesso em: 02 de agosto de 2019.

GOMES, R. C; FEIJÓ, G. L. D; CHIARI, L. **Evolução e qualidade da pecuária brasileira. Nota Técnica**. Campo Grande: Embrapa, 2017. 4 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/10180/21470602/EvolucaoQualidadePecuaria.pdf/64e8985a-5c7c-b83e-ba2d-168ffaa762ad>. Acesso em: 06 de abril de 2020.

GOOGLE EARTH. **Google Earth website**. Disponível em: <https://earth.google.com/web/>. Acesso em: 19 de agosto de 2019.

GROWATT. **Inversor Solar Growatt MAX 50~80KTL3 LV**. 2020. Disponível em: <https://www.ginverter.com/upload/file/contents/2020/09/5f71ba3d1e96a.pdf>. Acesso em: 07 de fevereiro de 2021.



GUANZIROLI, C. E. Agronegócio no Brasil: perspectivas e limitações. Universidade Federal Fluminense/Faculdade de Economia, 2016. Disponível em: [https://www.academia.edu/4316266/Agronegocio\\_no\\_Brasil\\_Perspectivas\\_e\\_limitacoes](https://www.academia.edu/4316266/Agronegocio_no_Brasil_Perspectivas_e_limitacoes). Acesso em: 24 de março de 2021.

IBGE. **Dados Censo Agropecuário**. 2017. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/21814-2017-censo-agropecuario.html?=&t=downloads>. Acesso em: 16 de julho de 2019.

PEREIRA, E. B. et al. **Atlas brasileiro de energia solar**. 2. ed. São José dos Campos: IMPE, 2017. 88 p. Disponível em: <http://urlib.net/rep/8JMKD3MGP3W34P/3PERDJE>. Acesso em: 07 mar. 2021.

JASSEN, R. Renewable Energy Policy... into the Mainstream. Paris: International Energy Agency, 2002. Disponível em: <https://library.um.edu.mo/ebooks/b1362376x.pdf>. Acesso em: 17 de agosto de 2020.

KICHEL, A.; ALMEIDA, R. G. de; GOMES, R. da C. Tecnologias para aumentar a produtividade e o retorno econômico da pecuária de corte. **In: 8º Simpósio Internacional de Reprodução Animal Aplicada**. p. 17- 41, São Paulo, 2018.

LACCHINI, C. **Análise econômica de sistemas fotovoltaicos residenciais no contexto brasileiro, com foco nos indicadores financeiros e nas Tarifas locais de energia elétrica**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/181239>. Acesso em: 27 de junho de 2019.

LOPES, M. A.; CARVALHO, F. de M. Custo de produção do gado de corte. **Boletim Agropecuário**, p. 47, Lavras: UFLA, 2002. Disponível em: <http://livraria.editora.ufla.br/upload/boletim/tecnico/boletim-tecnico-47.pdf>. Acesso em: 31 de julho de 2019.

MALAFAIA, G. C. et al. A sustentabilidade na cadeia produtiva da pecuária de corte brasileira. In: BUNGENSTAB, D. J.; ALMEIDA, R. G. de; LAURA, V. A.; BALBINO, L. C.; FERREIRA, A. D. (Ed.). ILPF: inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta. Brasília, DF: **Embrapa**, 2019. 835 p. Cap. 8, p. 117-130. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/202688/1/A-sustentabilidade-na-cadeia-produtiva.pdf>. Acessado em: 21 de Abril de 2020.

MARTÍN-CHIVELET, N. Photovoltaic potential and land-use estimation methodology. **Energy**, Amsterdam, v. 94, p. 233–242, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2015.10.108>. Acesso em: 22 de junho de 2019.

MAKAROV, Y. V.; ETINGOV, P. V.; MA, J. Chapter 11 - Incorporating Forecast Uncertainty in Utility Control Center. IN: JONES, L. E. **Renewable Energy Integration**. ed.2, Academic Press, Amsterdam, 2017. Cap.11, p. 145-157. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809592-8.00011-1>. Acesso em: 31 de julho de 2019.

MENEZES, L. G. Campo sustentável: a importância das energias renováveis em propriedades rurais. **SEBRAE/RS**, 2017. Disponível em: <https://sebraers.com.br/energia/importancia-das-energias-renovaveis-em-propriedades-rurais/>. Acesso em: 13 de agosto de 2019.

MITSCHER, M.; RÜTHER, R. Economic performance and policies for grid-connected residential solar photovoltaic systems in Brazil. **Energy Policy**, Amsterdam, v. 49, p. 688–694, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.07.009>. Acesso em: 27 de agosto de 2020.

MORAES FILHO, J. R. S. **Análise de viabilidade econômica do mercado de microgeração fotovoltaica on grid no Estado do Maranhão**. 2017. 121 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós Graduação em Energia e Ambiente, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2017. Disponível em: <https://tedebc.ufma.br/jspui/handle/tede/tede/1913>. Acesso em: 07 de fevereiro 2021.

MUNDO-HERNÁNDEZ, J. et al. An overview of solar photovoltaic energy in Mexico and Germany. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Amsterdam, v. 31, p. 639–649, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2013.12.029>. Acesso em: 24 de junho de 2019.

NASCIMENTO, M. E. C. do. **Avaliação econômica de sistemas fotovoltaicos conectados à rede para empreendimentos do agronegócio**. 2019. 104 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2019.

NETO, P. B. L. **Otimização da geração de eletricidade a partir de fonte maremotriz**. 2012. 123p. Dissertação (Mestrado de Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2012. Disponível em: <http://tedebc.ufma.br:8080/jspui/handle/tede/1869>. Acesso em: 12 de agosto de 2019.

OLIVEIRA, M. H. da F. **A avaliação econômico-financeira de investimentos sob condição de incerteza: uma comparação entre o método de Monte Carlo e o VPL fuzzy**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18140/tde-03122009-090723/publico/MarioHenriquedaFonsecaOliveira.PDF>. Acesso em: 07 de fevereiro de 2021.

OLIVEIRA, P. A.; CERVI, R. G.; RODRIGUES, S. A.; DE CAMPOS, B. C. Análise dos custos de produção para o cultivo da soja em cenários distintos de produtividade e preço no interior paulista. **Revista do Agronegócio**, v. 5, p. 58–66, 2016.

Disponível em: <http://www.fatecjales.edu.br/sintagro/images/anais/tematica5/analise-dos-custos-de-producao-para-o-cultivo-da-soja-em-cenarios-distintos-de-produtividade-e-preco-no-interior-paulista.pdf>. Acesso em: 23 de julho de 2019.

PINHO, J. T et al. **Sistemas Híbridos**: soluções energéticas para a Amazônia.

Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2008. 396 p. Disponível em:

[https://www.mme.gov.br/luzparatodos/downloads/Solucoes\\_Energeticas\\_para\\_a\\_Amazonia\\_Hibrido.pdf](https://www.mme.gov.br/luzparatodos/downloads/Solucoes_Energeticas_para_a_Amazonia_Hibrido.pdf). Acesso em: 07 de fevereiro de 2021.

PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. **Manual de Engenharia para Sistemas**

**Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: Cepel-Cresesb, 2014. Disponível em:

[http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual\\_de\\_Engenharia\\_FV\\_2014.pdf](http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf). Acesso em: 23 de agosto de 2019.

REFUSOL. **Inversor REFUsol 20K-2T ... 33K-2T**. 2019. Disponível em:

[https://www.refu.com/fileadmin/user\\_upload/02\\_Solarloesungen/Produkte/REFUsol\\_20...50K/REFUsol\\_20K-2T...33K-2T\\_2019-12-06\\_PT.pdf](https://www.refu.com/fileadmin/user_upload/02_Solarloesungen/Produkte/REFUsol_20...50K/REFUsol_20K-2T...33K-2T_2019-12-06_PT.pdf). Acesso em: 03 de julho de 2020.

SALARI, A.; HAKKAKI-FARD, A. A numerical study of dust deposition effects on photovoltaic modules and photovoltaic-thermal systems. **Renewable Energy**,

Amsterdam, v. 135, p. 437–449, 2019. Disponível em:

<https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.12.018>. Acesso em: 24 de junho de 2019.

SARTORELLO, G. L. **Desenvolvimento de modelo de cálculo e de indicador de custos de produção para bovinos de corte em confinamento**. 2016. Dissertação

(Mestrado em Nutrição e Produção Animal) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2016. Disponível em:

[https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/10/10135/tde-13092016-154550/publico/GUSTAVO\\_LINEU\\_SARTORELLO\\_original.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/10/10135/tde-13092016-154550/publico/GUSTAVO_LINEU_SARTORELLO_original.pdf). Acesso em: 27 de agosto de 2020.

SCHLESINGER, S. **O gado bovino no Brasil**. 2009. Disponível em:

[https://br.boell.org/sites/default/files/downloads/Texto\\_Gado\\_Boll\\_2009-4.pdf](https://br.boell.org/sites/default/files/downloads/Texto_Gado_Boll_2009-4.pdf).

Acesso em: 02 de agosto de 2019.

SYLVESTRIN, G. R. et al. Projeto e dimensionamento de um sistema fotovoltaico conectado à rede: Estudo de caso empresa de fertilizantes. **Acta Iguazu**, Cascavel, v. 7, n.4, p. 94-127, 2018. Disponível em:

<http://saber.unioeste.br/index.php/actaiguazu/article/view/18754/13834>. Acesso em: 27 de agosto de 2020.

TEIXEIRA, J. C.; HESPANHOL, A. N. A trajetória da pecuária bovina brasileira. **Caderno Prudentino de Geografia**, v. 36, n. 1, p. 26–38, Presidente Prudente, 2014. Disponível em: <http://revista.fct.unesp.br/index.php/cpg/article/view/2672>. Acesso em: 10 de agosto de 2019.

TONIN, F. S. **Caracterização de Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica na Cidade de Curitiba**. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Energia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2017. Disponível em: [http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/2876/1/CT\\_PPGSE\\_M\\_Tonin%2C%20Fabianna%20Stumpf\\_2017.pdf](http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/2876/1/CT_PPGSE_M_Tonin%2C%20Fabianna%20Stumpf_2017.pdf). Acesso em: 02 de agosto de 2019.

TYAGI, V. V. et al. Progress in solar PV technology: Research and achievement. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Amsterdam, v. 20, p. 443–461, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2012.09.028>. Acesso em: 27 de julho de 2019.

VALER, L. R. et al. Issues in PV systems applied to rural electrification in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Amsterdam, v. 78, n. December 2016, p. 1033–1043, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.016>. Acesso em: 22 de junho de 2019.

VIANNA, R. de M. I. **Matemática financeira**. Salvador: UFBA, Faculdade de Ciências Contábeis; Superintendência de Educação a Distância, 2018. 131 p. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/ri/bitstream/ri/28123/1/Matem%c3%a1tica%20Financeira.pdf>. Acesso em: 07 de fevereiro de 2021.

VIEIRA FILHO, J. E. R.; GASQUES, J. G. **Uma jornada pelos contrastes do Brasil: cem anos do censo agropecuário**. Brasília: IPEA, 2020. 410 p. Disponível em: [https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/201201\\_livro\\_uma\\_jornada\\_pelos\\_contrastes\\_do\\_brasil.pdf](https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/201201_livro_uma_jornada_pelos_contrastes_do_brasil.pdf). Acesso em: 24 de março de 2021.